Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nachhaltige Agrarsysteme
Institut für Nutztierwissenschaften

Untersuchungen zur Effizienz bei Milchkühen in Österreich

Masterarbeit
am Institut für Nutztierwissenschaften

vorgelegt von

Lukas Huber (1040302)

BetreuerInnen

PD Dr. Birgit Fürst-Waltl
Ao.Univ.Prof. Dr. Werner Zollitsch

Wien, im März 2016

Danksagung

Ein herzliches Dankeschön gilt Dr. Christa Egger-Danner (ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH) für die Überlassung des Themas und die wertvollen Inputs, die zur Verfügung gestellte Literatur und die Bereitstellung der Datensätze. Ich danke auch Dr. Christian Fürst (ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH) für die Informationen zu den Wood-Kurven aus der Zuchtwertschätzung.

Besonders bedanken möchte ich mich bei Dr. Birgit Fürst-Waltl und Ao.Univ.Prof. Dr. Werner Zollitsch, für die ausgezeichnete Betreuung bei der Erstellung der Arbeit, die freundliche Unterstützung und lehrreiche Diskussionen.

Danken möchte auch meinen Freunden und Allen, die meine Studienzeit begleitet haben. Besonders denke ich hierbei an jene, die mit mir gelacht und gefeiert, aber mich auch wieder aufgebaut haben, wenn ich einmal die Zuversicht verloren habe. Danke für Alles!

Abschließend möchte ich meiner Familie danken, die mir diese wunderbare Zeit in Wien erst ermöglicht hat. Hier denke ich an meine Eltern und Geschwister, Großeltern, Onkel und Tanten, die mich in jeder nur erdenklichen Weise unterstützt und gefördert haben. Euch gilt mein größter Dank!

Abstract

Global demand for animal products is expected to increase over the next decades. As a consequence, a more efficient production is necessary and efficiency traits could become more important in future dairy cattle breeding goals. This thesis investigates the differences in production, fertility and health status as well as change in body weight and body condition in early lactation of dairy cattle differing in efficiency. Furthermore, the share of production aspects like calves born alive and diseases on milk production when transformed to kg of energy corrected milk (ECM) were of interest. Data was obtained from 167 farms in Austria participating in the “Efficient Cow” project. Efficiency traits have been defined as kg ECM/kg $BW^{0.75}$/day (EFF1) and kg ECM_{erw}/kg $BW^{0.75}$/day (EFF2). ECM_{erw} is the lactation ECM yield including addition of kg ECM for calves born alive and loss of ECM yield due to costs for treatments and missed yield in case of veterinarian treatment. Cows of Fleckvieh, Brown Swiss and Holstein Friesian breeds were grouped according to their efficiency for both parameters. Animals with highest efficiency were in group H whereas animals relatively lower in efficiency formed groups M and N. Differences of cows in the three different groups in each parameter for energy corrected milk yield (ECM), body weight (LM), metabolic body weight ($LM^{0.75}$), calving interval (ZKZ), change of body weight (ΔLM) and change of body condition (ΔBCS) in early lactation were investigated for each breed separately. A linear model with the effects of group, lactation number, farm and their interaction was tested. For disease traits, differences in share of cows showing the disease were analyzed with Chi-square test. Cows with highest efficiency (H) had the highest milk yield (with EFF1 as well as with EFF2) and mostly showed lower body weight as well as metabolic body weight when compared to animals in efficiency groups M and N. This was not the case in Brown Swiss cows. More efficient cows also had a shorter calving interval and lower number of inseminations to establish a gestation when compared with animals of group N. When compared with animals of other efficiency groups, cows in group H mostly did not differ significantly in change of body weight or change of body condition score. Animals in group H did not have a higher share of cows showing a disease compared to the other groups, as differences were rather numeric than statistically significant in most of the cases. For some traits, a significant interaction between efficiency group and farm effect made the estimation of least squares means impossible for the main effects of group, lactation number and farm, therefore this interaction was removed from the model even if significant. This was not the case when other interactions, e.g. group x lactation number occurred. In consequence, the interpretation of calculated least squares means in some traits needs to be done with caution. Share of additions and discounts to ECM yield was rather low in most cases, although for single animals these inclusions had a relatively high share and the correlation of the two efficiency parameters was rather high ($r = 0.98$). It is concluded that energy corrected milk yield had the highest influence on efficiency when compared to metabolic body weight or calving interval. Fertility management as well as nutrition management on farm may have influenced the results obtained in this study. Since there were no data concerning these aspects, they were not included in the analysis and more detailed distinctions are not possible.

Kurzfassung

Die weltweit steigende Nachfrage nach tierischen Produkten macht eine effizientere Produktion notwendig. Auch in der Milchviehzucht dürften in Zukunft Effizienzmerkmale stärkere Berücksichtigung in den Zuchtzielen finden. Die vorliegende Masterarbeit beschäftigt sich mit der Effizienz von Milchkühen unter österreichischen Produktionsbedingungen und geht der Frage nach, inwiefern sich effizientere oder weniger effiziente Milchkühe hinsichtlich Produktions-, Fruchtbarkeits-, und Krankheitskenngrößen sowie metabolischen Größen unterscheiden. Daneben soll auch untersucht werden, wie groß die Anteile von Kälbererlösen und Krankheiten sind, welche in Form von Zu- und Abschlägen bei der Laktationsleistung berücksichtigt werden. Die Daten dieser Arbeit stammen aus dem „Efficient Cow“ Projekt. Als Effizienzparameter wurden die energiekorrigierte Milchmenge pro kg metabolische Lebendmasse und pro Tag (EFF1 = kg ECM/kg $LM^{0,75}$/Tag) bzw. die erweiterte Milchmenge pro kg metabolische Lebendmasse und pro Tag (EFF2 = kg ECM_{erw}/kg $LM^{0,75}$/Tag) definiert. Die erweiterte Milchmenge entspricht dabei der energiekorrigierten Milchmenge unter Berücksichtigung von Kälbererlösen, Krankheitskosten und entgangener Milch in Form von kg ECM. Um effizientere und weniger effiziente Kühe zu unterscheiden, wurden die Kühe auf Grund ihrer Bewertung mit EFF1 bzw. EFF2 in drei Gruppen (H, M, N) eingeteilt. Die Auswertung der Datensätze erfolgte für die Rassen Fleckvieh, Brown Swiss und Holstein Friesian getrennt. Geprüft wurden die Unterschiede der Effizienzgruppen beim jeweiligen Effizienzparameter hinsichtlich der ECM-Laktationsleitung (ECM), der Lebendmasse (LM), metabolischer Lebendmasse ($LM^{0,75}$), Zwischenkalbezeit (ZKZ), Besamungsindex (BSI) sowie Veränderung der Lebendmasse zu Laktationsbeginn (ΔLM) und Veränderung der Körperkondition zu Laktationsbeginn (ΔBCS). Daneben wurden auch die Unterschiede im Anteil kranker Tiere der Effizienzgruppen untersucht. Tiere der Effizienzgruppe H weisen eine höhere ECM Leistung auf (bei EFF1 und EFF2) und sind meist leichter oder gleich schwer wie Kühe der anderen Effizienzgruppen. Die Zwischenkalbezeit von Tieren in Effizienzgruppe H ist in vielen Fällen kürzer oder gleich lang wie die in den Gruppen M bzw. N. Effizientere Kühe weisen meist auch einen geringeren Besamungsindex als die weniger effizienten Tiere auf. Die Unterschiede der Effizienzgruppen hinsichtlich der Veränderung der Lebendmasse bzw. der Körperkondition sind meist nur numerisch. Bei der Interpretation der Ergebnisse sollte berücksichtigt werden, dass bei mehreren Merkmalen signifikante Wechselwirkungen zwischen Effizienzgruppe und Betrieb aufgetreten sind. War eine solche Wechselwirkung im Modell signifikant, so konnten die Least Squares Means der Effizienzgruppen nicht mehr berechnet und mussten aus dem Modell genommen werden. Unterschiede in der Effizienz der Tiere dürften in einem relativ hohen Ausmaß aus einer unterschiedlich hohen Milchleistung resultieren, während die Einflüsse von Lebendmasse und Zwischenkalbezeit weniger ausgeprägt erscheinen. Die Anteile von Kosten von Krankheiten, entgangener ECM Menge und Zuschlägen für lebendgeboren Kälber an der ECM-Laktationsleistung sind meist gering, bei Einzeltieren können sie jedoch relativ hohe Werte annehmen. Auch die Korrelation der beiden Effizienzparameter war mit r = 0,98 relativ hoch. Somit dürften

die berücksichtigten Aspekte von Krankheiten und lebend geborenen Kälbern keinen allzu großen Einfluss auf die Effizienz genommen haben. Effizientere Kühe weisen bei einer hohen Milchleistung eine durchwegs gute Fruchtbarkeit auf. Dies könnte direkt mit der Brunstbeobachtung und dem Besamungsmanagement zusammenhängen. Zwischen den Effizienzgruppen bestehen hinsichtlich der Veränderung der Lebendmasse und der Körperkondition zu Laktationsbeginn keine großen Unterschiede, obwohl Tiere der Effizienzgruppe H die höchste Milchleistung aufweisen. Hierbei könnte ein Einfluss von Rationstyp und Fütterungsmanagement auf den jeweiligen Betrieben bestehen. Allerdings lassen sich hierzu keine weiteren Aussagen treffen, da diesbezüglich keine Daten vorhanden sind.

Inhalt

Abstract III
Kurzfassung IV
1 Einleitung 1
2 Literaturübersicht 2
2.1 Nährstoff- und Energieumwandlung bei der Milchkuh 2
2.2 Übersicht über Effizienzparameter in der Literatur 4
2.3 Einflussgrößen auf die Effizienz 6
2.3.1 Beziehungen zwischen Milchleistung, Lebendmasse und Futteraufnahme 8
2.3.2 Beziehungen zwischen der Effizienz und der Futteraufnahme bzw. Energieaufnahme 9
2.3.3 Beziehungen zwischen Effizienz und Lebendmasse 10
2.3.4 Beziehungen zwischen Effizienz und Milchleistung 10
2.3.5 Aufzucht 11
2.4 Krankheiten und Stoffwechselstörungen 11
2.4.1 Mastitis 12
2.4.2 Lahmheiten 13
2.4.3 Ketose 13
2.4.4 Gebärparese 14
2.5 Weitere zu berücksichtigende Aspekte bei der Berechnung von Effizienzparametern 15
2.6 Effizienzparameter aus Regressionsrechnungen: RFI und RSP 16
3 Tiere, Material und Methoden 18
3.1 Aufbereitung und Verknüpfung der Datensätze 18
3.2 Definition der Effizienzparameter 19
3.3 Modellierung der Laktationskurven 20
3.4 Kosten für Krankheiten und Kälbererlöse 22
3.5 Berechnung der Zwischenkalbezeit 24
3.6 Berechnung der Lebendmasse 24
3.7 Verlaufskurven für die Körperkondition 25
3.8 Datensatz für weitere Berechnungen und Gruppeneinteilung 25
3.9 Statistisches Modell 27
4 Ergebnisse 29
4.1 Datensatz mit allen Beobachtungen 29
4.2 Datensatz für Fleckvieh 30
4.2.1 Effizienzparameter EFF1 30
4.2.2 Effizienzparameter EFF2 35
4.3 Ergebnisse für Brown Swiss 39
4.3.1 Effizienzparameter EFF1 39
4.3.2 Effizienzparameter EFF2 42
4.4 Datensatz für Holstein Friesian 45
4.4.1 Effizienzparameter EFF1 45
4.4.2 Effizienzparameter EFF2 48
5 Diskussion 51
6 Schlussfolgerungen 63
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis 65
Literaturverzeichnis 66

Abkürzungsverzeichnis

ADG	average daily gain, Tageszunahmen
BCS	body condition score
BTC	body tissue change, Veränderung in den Körpergeweben
BW	body weight, Lebendmasse
DMI	Dry Matter Intake, Trockenmasseaufnahme
ECM	energy corrected milk, energiekorrigierte Milch
FCM	fat corrected milk, fettkorrigierte Milch
FI	feed intake, Futteraufnahme
LM	Lebendmasse
RFI	Residual Feed Intake, Residualfutteraufnahme
RMSE	Root Mean Square Error, Residualstandardabweichung
RSP	Residual Solids Production, residuale Produktion von Milchfett- und Milcheiweiß
SE	Standard Error, Standardfehler

1 Einleitung

Mehrere Faktoren werden in Zukunft die Nachfrage nach tierischen Produkten, vor allem in sogenannten Schwellenländern, steigen lassen. Diese sind 1) eine wachsende Bevölkerung, 2) steigende Einkommen, 3) fortschreitende Urbanisierung und 4) der Trend zu einem höheren Fleischkonsum (FAO 2009). Es wird prognostiziert, dass sich die weltweite Produktion von Milch von 580 Millionen Tonnen im Jahr 1999 auf über 1043 Millionen Tonnen im Jahr 2050 erhöhen wird (FAO 2006).

Um die steigende Nachfrage nach tierischen Produkten zu decken, ist eine effiziente Produktion notwendig. Beim Wiederkäuer werden auch die Umweltwirkungen durch die Methanemissionen ein zusätzlicher Anreiz für eine Verbesserung der Effizienz sein (Hayes et al. 2013).

Die Milchproduktion hat ohne Zweifel Auswirkungen auf die Umwelt, sei es durch die Emissionen von NH_3, Treibhausgasen oder den Nährstoffeintrag in Wasser (Misselbrook et al. 2013). Allerdings sind die Sachverhalte in der Milchviehhaltung relativ komplex, da Milchkühe sowohl Milch als auch Fleisch produzieren und deshalb die emittierten Treibhausgase auf die Produkte Milch und Fleisch aufzuteilen sind (Heissenhuber & Zehetmeier 2010).

Managementpraktiken, die das Tierwohl und die Tiergesundheit verbessern, eine Verringerung des Inputs für die Produktion, die Reduktion von Emissionen durch eine optimierte Funktionsweise von Produktionssystemen, eine größere Vielfalt innerhalb der tierischen Produktionssysteme um die Resilienz dieser sicherzustellen und der Schutz der biologischen Diversität von Agroökosystemen sind die fünf Prinzipien einer nachhaltigen Produktion (Dumont et al. 2013).

Wurden in den vergangenen Jahrzehnten Selektionsentscheidungen in der Rinderzucht vor allem in Hinblick auf Produktionsmerkmale getroffen (Boichard & Brochard 2012), so werden in Zukunft Merkmale in Bezug zu Tiergesundheit, Tierwohl, Nahrungssicherheit und Effizienz steigende Aufmerksamkeit erfahren (Egger-Danner et al. 2014).

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Effizienz von Milchkühen unter österreichischen Produktionsbedingungen zu erfassen. Dazu ist es notwendig, einen geeigneten Parameter zu finden, mit Hilfe dessen die Produktionseffizienz abgebildet werden kann. Zur Beurteilung der Produktionseffizienz werden verschiedene Aspekte der Produktion, Fitness und Fruchtbarkeit berücksichtigt. Von Interesse ist daher, inwiefern sich jene Tiere, die eine höhere Effizienz aufweisen, von jenen Kühen unterscheiden, welche als weniger effizient einzustufen sind. Daraus ergeben sich folgende Forschungsfragen, welche die vorliegende Arbeit zu beantworten versucht:

Wie unterscheiden sich Kühe, die als effizienter oder weniger effizient identifiziert wurden, hinsichtlich wichtiger ausgewählter Produktions-, Fruchtbarkeits-, und Krankheitskenngrößen sowie metabolischen Größen?

Wie groß ist der Anteil ausgewählter Zu- und Abschläge zur Laktationsleistung, wenn diese bei der Effizienzberechnung berücksichtigt werden?

2 Literaturübersicht

2.1 Nährstoff- und Energieumwandlung bei der Milchkuh

Die Umwandlung der Futterenergie in Nahrungsmittel tierischer Herkunft ist mit Energie- und Stoffverlusten verbunden. Neben den tierischen Produkten wird die aufgenommene chemische Energie auch in Stoffwechselprodukte, Syntheseaufwendungen und Muskelarbeit transformiert, eine vollständige Energieumsetzung ist nicht möglich. Neben Energieverlusten treten beim Nutztier auch stoffliche Verluste auf. So geht beispielsweise Stickstoff über die Ausscheidungen in Kot und Harn verloren (Jeroch et al. 2008). Nur ein gewisser Anteil der über das Futter aufgenommen Energie und Nährstoffe wird in das jeweilige Produkt umgesetzt. Die Effizienz in der Umwandlung hängt dabei unter anderem von der Tierart und dem Leistungsniveau des Einzeltiers ab (Niemann et al. 2011).

Die Quantifizierung des Energietransfers erfolgt mit Hilfe eines Bilanzschemas, das sich an den mit der Umwandlung der Nahrungsenergie verbundenen Verlusten orientiert (Jeroch et al. 2008). Bei der Milchkuh hat die Effizienz der Konversion von Futterenergie zu Energie in der Milch entscheidende Bedeutung. Die Bruttoenergie eines Futtermittels entspricht der freigesetzten Wärmeenergie bei einer vollständigen Verbrennung eines Stoffes im Bombenkalorimeter. Nur ein Teil der Bruttoenergie ist auch nutzbar, ein Teil geht über unvermeidliche Exkretionsverluste verloren. Wird nun von der Bruttoenergie die Energie im Kot abgezogen, so erhält man die verdauliche Energie. Ein Teil der verdaulichen Energie geht wiederum durch Gär- und Fermentationsvorgänge im Pansen über die Energie im Methan und weitere Exkretionsverluste über die Energie im Harn verloren (VandeHaar & St-Pierre 2006). Nach Abzug dieser Verluste erhält man die umsetzbare Energie. Diese umsetzbare Energie oder metabolisierbare Energie steht dem Tier nicht vollständig zur Verfügung, die Differenz zwischen aufgenommener umsetzbarer Energie und der durch die Nahrungszufuhr bedingten Wärmebildung wird als Nettoenergie bezeichnet (Jeroch et al. 2008). Die Nettoenergie dient der Milchbildung, wird in Körpergeweben angesetzt oder für das Konzeptionsprodukt genutzt (VandeHaar & St-Pierre 2006).

Beim nichtproduktiven Tier entspricht die Nettoenergie dem Grundumsatz, also der Nettoenergieerhaltung. Der Grundumsatz ist der niedrigste Energieumsatz eines Tieres und ist dann gegeben, wenn das Tier im thermoneutralen Bereich in absoluter Ruhe verharrt. Unter den tierartspezifischen Haltungs- und Fütterungsbedingungen wird die für die Erhaltung der Funktion lebenswichtiger Organe, für die Verdauung, Resorption und den Umsatz der Nährstoffe und Aufrechterhaltung der Wärmeregulation notwendige Energie als energetischer Erhaltungsbedarf definiert.

Energie, welche über den Erhaltungsbedarf hinaus dem Tier zugeführt bzw. vom Tier aufgenommen wird, steht für die Produktion zur Verfügung. Die bei den unterschiedlichen Leistungen wie Protein- und Fettansatz, Milchbildung und Erhaltung anfallenden thermischen Verluste können mit Hilfe der Teilwirkungsgrade quantifiziert werden. Die für die Leistung verfügbare umsetzbare Energie lässt sich berechnen, indem von der gesamten aufgenommenen umsetzbaren Energie die benötigte Energie für den Erhaltungsbedarf abgezogen wird. Bei den Teilwirkungsgraden wird die jeweilige Nettoenergie in den Produkten und die zu verrichtende Arbeit dabei in

Verhältnis zu der für die Leistung verfügbaren umsetzbaren Energie gesetzt (Jeroch et al. 2008).
Wilkinson (2011) zeigte anhand von Modellrechnungen und Beispielssystemen für tierische Produktionssysteme, dass die Erzeugung von Kuhmilch nicht nur die größte Futterkonvertierungseffizienz, sondern auch die höchste Effizienz in der Umwandlung von potenziell durch den Menschen direkt essbaren Stoffen in tierisches Produkt aufweist. Der Autor begründet dies damit, dass ein relativ hoher Anteil der Milchkuhrationen aus Grün- bzw. Raufutter besteht und die eingesetzten Futtermittel einen relativ hohen Anteil an menschlich nicht nutzbaren Inhaltsstoffen besitzen. Wilkinson (2011) empfiehlt, die Anteile von direkt vom Menschen verzehrbaren Futtermitteln bei der Bewertung der Effizienz von Produktionssystemen zu berücksichtigen, da damit realistischere Vergleiche getroffen werden können.

Im nachfolgenden Abschnitt soll ein Überblick über Effizienzparameter gegeben werden, welche in verschiedenen Untersuchungen zur Quantifizierung der Effizienz von Milchkühen genutzt werden. Allerdings erhebt die Tabelle 1 mit den dort angeführten Effizienzparametern keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

2.2 Übersicht über Effizienzparameter in der Literatur

In der Literatur finden sich eine Vielzahl von unterschiedlichen Definitionen, Bezeichnungen bzw. Berechnungsverfahren von Effizienzparametern. Einige davon sind in der untenstehenden Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Übersicht über verschiedene Effizienzparameter.

Bezeichnung	Parameter	Quelle
Bruttofuttereffizienz (gross feed efficiency) bzw. Milcheffizienz (Dairy efficiency)	$\frac{\text{Milchleistung}}{\text{aufgenommene Trockenmasse}}$	Spurlock et al. (2012), bzw. Britt et al. (2003)
Trockenmasseaufnahmeeffizienz	$\frac{\text{305 d-FCM}}{\text{305 d-DMI}}$	Vallimont et al. (2011)
Bruttoenergieeffizienz	$\frac{\text{Milchenergie}}{\text{aufgenommene Energie}}$	Brody (1945), zitiert in Veerkamp & Emmans (1995)
Nettoenergieeffizienz	$\frac{\text{Milchenergie}}{\text{totale Nettoenergieaufnahme} - 0{,}293 * LM^{0,75} - x * BTc}$	Schwager-Suter (1999)
Milchproduktion pro kg LM	$\frac{\text{FE kg} + \text{EW kg}}{\text{kg LM}}$	Coleman et al. (2010)
Milchproduktionseffizienz	$\frac{\text{ECM kg}}{\text{kg } LM^{0,75}}$	Piccand et al. (2013)
Futterkonvertierungseffizienz$_{adj}$	$\frac{\text{ECM} + b1_a \Delta WT}{\text{FI} - b1_b \Delta WT}$	Berry & Pryce (2014)

Teileffizienz Milchproduktion	$\frac{\text{ECM kg}}{\text{FI} - b_1 \Delta WT^{0,75}}$	Berry & Pryce (2014)
Residualfutteraufnahme (Residual Feed Intake, RFI)	RFI = tatsächliche Futteraufnahme – geschätzte Futteraufnahme	Connor et al. (2012)
RFI	Regression der Energieaufnahme: $Y = \beta 0 + \beta 1\ (SCM) + \beta 2\ (LM^{0,75}) + \beta 3\ (ADG) + \beta 4\ (BCS) +$ RFI	Prendiville et al. (2009)
Residuale Produktion von Milchfett und Milcheiweiß (Residual Solids Production, RSP)	$RSP_t = \text{milk solids yield}_t - (\text{year}_y + \text{total DMI}_t + BW_t^{0,75} + \Delta BW_t + BCS_t)$	Coleman et al. (2010)

BTC = body tissue change, BW = body weight, BCS = body condition score, DMI = dry matter intake, FCM = fat corrected milk, FI = feed intake, SCM = solids corrected milk, ΔWT = change of body weight

.

2.3 Einflussgrößen auf die Effizienz

VandeHaar (1998) nennt als Faktoren, welche die Effizienz der Energie- und Proteinnutzung beeinflussen, unter anderem das Leistungsniveau, Rationstyp, Körpergröße, Veränderungen im Körpergewebe während der Laktation, Erstkalbealter, Nutzungsdauer, die Wachstumsrate während der Kalbinnenaufzucht sowie genetische Faktoren.
Laut Schwager-Suter (1999) kann eine höhere Effizienz über mehrere Faktoren erreicht werden: Höhere Milchleistung bzw. Milchfett- und Eiweißmengen, eine geringere Nettoenergieaufnahme, geringerer Erhaltungsbedarf und eine niedrigere Lebendmasse. In Bezug auf die Nettoenergieaufnahme gilt es dabei die Futteraufnahme und den Energiegehalt der Ration zu berücksichtigen, da ökonomisch gesehen eine hohe Futteraufnahme anzustreben ist. Kraftfuttermittel können bei einem hohen Futteraufnahmevermögen eher durch Raufuttermittel ersetzt werden.

Niemann et al. (2011) benennen mehrere Strategien für eine effizientere Umwandlung und Nutzung von Futtermitteln in tierische Produkte. Dazu zählt unter anderem eine höhere Futteraufnahme, um das Verhältnis von aufgenommener Energie bzw. Nährstoffen zum Bedarf für Erhaltung und Leistung zu verbessern. Die bei Niemann et al. (2011) angeführten Modellrechnungen zeigen, dass mit steigender Futteraufnahme der Anteil des Erhaltungsbedarfs an der gesamten aufgenommenen Energie sinkt. Bei einer Milchkuh (LM 650 kg) wird bei einer Futteraufnahme von 10 kg ca. 54 % der Energie für den Erhaltungsbedarf benötigt. Bei einer Futteraufnahme von 20 kg beträgt dieser Wert noch ca. 36 %. Als weitere Ansatzpunkte zur Verbesserung nennen Niemann et al. (2011) eine Erhöhung der Verdaulichkeit des Futters, eine verbesserte Absorbierbarkeit der Nährstoffe, geringere Fettgehalte in den tierischen Produkten und eine verbesserte Tiergesundheit, insbesondere eine höhere Krankheitsresistenz.

Wenn eine Kuh mehr Futter aufnimmt, um eine höhere Milchleistung erzielen zu können, wird ein relativ geringerer Anteil der Energie für den Erhaltungsbedarf benötigt, ein größerer Anteil wird direkt zur Milchbildung genützt. Dieses Phänomen wird als Verdünnung des Erhaltungsbedarfs („dilution of maintenance“) bezeichnet (VandeHaar & St-Pierre 2006).
Laut Steinwidder (2009) gilt es dabei zu beachten, dass Steigerungen in der Milchleistung der Milchkühe durch züchterische Verbesserungen und Veränderungen in der Fütterung der Tiere auch zu im Durchschnitt größeren und schwereren Tieren geführt haben. In seiner Modellkalkulation zeigt sich, dass bei je 100 kg steigender Lebendmasse die Milchleistung einer Kuh um 12-13 % ansteigen muss, damit das Tier dieselbe Futterkonvertierungseffizienz wie ein Tier mit geringerer Lebendmasse aufweist. Eine steigende Milchleistung führt auch zu einer erhöhten Trockenmasseaufnahme, pro 1 kg Milchleistung sind dies im Durchschnitt 0,22 kg TM. Laut Steinwidder (2009) reicht dieser Anstieg jedoch nicht aus, um den erhöhten Energie- und Nährstoffbedarf schwererer Tiere zu decken, sodass die Tiere eine konzentriertere Ration erhalten müssen. Eine Kuh mit einer Lebendmasse von 850 kg benötigt dabei im Schnitt einen Kraftfutteranteil von 27 % in der Ration, während einem

Tier mit einer Lebendmasse von 550 kg eine Ration mit 18 % Kraftfutteranteil genügen würde. Bei konstant bleibenden Rationsbedingungen ist daher damit zu rechnen, dass schwerere Tiere in der Futtereffizienz abfallen oder aber mehr Körperreserven mobilisieren.

Thomet & Durgiai (2008) betrachten den Parameter Raufutterkonvertierungseffizienz $\frac{\text{kg ECM}}{\text{kg TM}_{\text{Raufutter}}}$ als Schlüsselgröße für produktionstechnische Überlegungen in der Grünlandbewirtschaftung und nennen als Ziel die Optimierung der Umwandlung von Raufutter zu Milch. Als Hilfsgröße für die Futterkonvertierungseffizienz berechnen Thomet et al. (2014) die Flächenleistung Milch und definieren diese als $\frac{\text{kg ECM}}{\text{ha totale Futterfläche}}$. Bei diesem Parameter wird die komplett produzierte Milchmenge der Fläche gegenübergestellt, welche für die Produktion der gesamten benötigten Futtermenge gebraucht wird. Dieses Flächenmaß berücksichtigt unter anderem den Flächenbedarf zur Produktion des zugekauften Kraftfutters sowie die Fläche für die Bilanz von zu- und verkauftem Grundfutter. Thomet & Durgiai (2008) stellen weiters fest, dass die Futterkonvertierungseffizienz nicht nur auf die Laktationsdauer, sondern auch auf die Aufzuchtphase angewendet werden muss. Sie schlagen daher den Parameter kg ECM/100 kg LM/Lebenstag vor, um den Einfluss von Lebendmasse und Aufzuchtphase zu berücksichtigen. Die Lebendmasse des Tieres ist bei der Berechnung der Effizienz von Bedeutung, da mit steigender Lebendmasse der Erhaltungsbedarf ansteigt. Eine längere Nutzungsdauer wirkt sich positiv auf die Effizienz einer Kuh aus, daher gilt es diese bei Effizienzüberlegungen zu berücksichtigen, wie aus Tabelle 2 ersichtlich wird.

Tabelle 2: Einfluss der Nutzungsdauer auf die Futtereffizienz inklusive Aufzucht, nach Thomet & Piccand (2011).

	Lebensalter in Jahren				
Merkmal	1	2	3	5	7
Milch (kg ECM)			6500	22000	38000
Kumulierte Futteraufnahme (kg TM)	1300	4560	10810	23530	36500
FKE (kg ECM/kg TM verzehrt)	0	0	0,60	0,93	1,04

Annahmen: Holstein Friesian Rind, Erstkalbealter 26 Monate, Lebendmasse 580 kg bei Abkalbung, ausgewachsen mit 650 kg LM, produziert in der 1. Laktation 6500 kg ECM, nachher 7500 bis 8000 kg ECM/Jahr, Gegenüberstellung der Lebensleistung Milch mit der kumulativen Futteraufnahme.

Die Einflussfaktoren auf die Nutzungsdauer einer Milchkuh sind vielfältig.
Das Auftreten von Krankheiten wie Mastitis, Ketose, Milchfieber oder auch schlechte Fruchtbarkeitsleistungen sind bestimmende Faktoren für den unfreiwilligen Abgang von Milchkühen (Essl 1998). Daneben ist auch die Milchleistung ein entscheidender

Faktor für die tatsächliche Nutzungsdauer einer Kuh. Während Tiere mit einer geringen Milchleistung eher früher gemerzt werden, so erhalten Kühe mit einer besonders hohen Milchleistung eher eine „Sonderbehandlung“ durch den Landwirt, die sich beispielsweise im Zulassen einer höheren Anzahl an Besamungen für das Eintreten einer Trächtigkeit äußern kann. Geht eine produktive Kuh auf Grund von Unfruchtbarkeit ab, spricht man von der leistungsunabhängigen Merzung. Tierzüchterisch interessant ist die leistungsunabhängige Nutzungsdauer, bei welcher der Effekt der leistungsbedingten Merzung bei der Zuchtwertschätzung herauskorrigiert wird (Fürst & Fürst-Waltl 2006).
Die wichtigsten Abgangsursachen für Milchvieh aller Rassen in Österreich sind in Tabelle 3 dargestellt. Hier zeigt sich, dass Unfruchtbarkeit mit über 23 % die häufigste Abgangsursache ist. Berücksichtigt man sonstige Abgangsursachen und die Abgänge zur Zucht nicht, so folgen an zweiter Stelle die Euterkrankheiten, am dritthäufigsten gingen Tiere auf Grund von Klauenkrankheiten ab.

Tabelle 3: Abgangsursachen bei Milchvieh in Österreich über alle Rassen und alle Laktationen für das Jahr 2014 (ZuchtData 2014).

	Abgangsursache										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	X
Anteil (%)	7,6	6,5	23,4	1,1	2,9	13,2	1,1	7,6	19,0	15,9	1,7

0 = Alter, 1 = Leistung, 2 = Fruchtbarkeit/Unfruchtbarkeit, 3 = Seuchen, 4 = Stoffwechsel, 5 = Euterkrankheiten, 6 = schlechte Melkbarkeit, 7 = Klauen- und Gliedmaßenerkrankungen, 8 = Abgang zur Zucht, 9 = sonstige Gründe, X = nicht erfasst.

Im Abschnitt 2.4 werden einige wichtige Krankheiten und Stoffwechselstörungen und ihre Auswirkungen auf die Nutzungsdauer, die Milchproduktion und die Wirtschaftlichkeit näher erläutert.

2.3.1 Beziehungen zwischen Milchleistung, Lebendmasse und Futteraufnahme

Custodio et al. (1983) errechneten eine positive phänotypische Korrelation von Trockenmasseaufnahme und Milchleistung (4 % fettkorrigierte Milch, FCM) von r = 0,42. In einer Untersuchung von Spurlock et al. (2012) zeigte sich eine positive genetische Korrelation zwischen der 305-Tage Milchleistung (305d-ECM) und Trockenmasseaufnahme (DMI) in der Höhe von r_g = 0,75 (SE 0,23) im 1. Monat bis r_g = 0,78 (SE 0,18) im 5. Laktationsmonat. Die höchste Korrelation ergab sich im 4. Laktationsmonat mit r_g = 0,87 (SE 0,14). In derselben Untersuchung war die 305-Tage Milchleistung auch mit der Lebendmasse positiv korreliert. Die entsprechenden Werte reichen von r_g = 0,29 (SE 0,25) im 1. Laktationsmonat bis zu r_g = 0,26 (SE 0,25) im 5. Laktationsmonat, die höchste genetische Korrelation wurde mit r_g = 0,14 (SE 0,25) im 2. Laktationsmonat erreicht. Allerdings waren diese Werte mit hohen Standardfehlern behaftet. Im Review von Veerkamp (1998) finden sich genetische Korrelationen zwischen Trockenmasseaufnahme und Milchleistung von r_g = 0,44 bis zu r_g = 0,95.

Søndergaard et al. (2002) errechneten eine positive genetische Korrelation zwischen der Milchleistung und dem Futteraufnahmevermögen von r_g = 0,43 (SE 1,14). Prendiville et al. (2009) ermittelten eine positive phänotypische Korrelation zwischen der Milchleistung und der Lebendmasse (r = 0,54) sowie zwischen Milchleistung und Trockenmasseaufnahme (r = 0,55). Lebendmasse und Trockenmasseaufnahme zeigten eine phänotypische Korrelation von r = 0,51. Vallimont et al. (2010) fanden eine genetische Korrelation von Trockenmasseaufnahme mit der Milchleistung von r_g = 0,51 (SE 0,32) bzw. von Trockenmasseaufnahme und Lebendmasse von r_g = 0,52 (SE 0,35). Allerdings waren die geschätzten Werte in dieser Untersuchung auf Grund der hohen Standardfehler nicht signifikant von Null verschieden.

2.3.2 Beziehungen zwischen der Effizienz und der Futteraufnahme bzw. Energieaufnahme

Britt et al. (2003) untersuchten die sogenannte Milcheffizienz (dairy efficiency). Diese wird definiert als Milchleistung pro Kuh und Tag (milk yield per cow and day, kg) dividiert durch die Futteraufnahme pro Kuh und Tag (dry matter intake per cow and day, kg), siehe Tabelle 1. Die mittlere Milcheffizienz betrug dabei 1,36. Während die Milchleistung positiv mit der Futteraufnahme korreliert war (r = 0,445), so zeigte sich eine negative Korrelation zwischen der Milcheffizienz und der Futteraufnahme von r = –0,316, welche allerdings nicht signifikant von Null verschieden war.

Vallimont et al. (2011) berechneten eine Trockenmasseaufnahme-Effizienz (DMIE), siehe Tabelle 1. Dabei setzten sie die 305-Tage fettkorrigierte Milchmenge (305-d FCM) in ein Verhältnis zur 305-Tage Trockenmasseaufnahme (305-d DMI). Die mittlere Trockenmasseaufnahme-Effizienz betrug 1,61 (SD 0,26), die Heritabilität für dieses Merkmal wurde mit h^2 = 0,14 ± 0,06 geschätzt und war geringer als die Heritabilität der Milchleistung (h^2 = 0,23 ± 0,04). Die genetische Korrelation von Trockenmasseaufnahme-Effizienz und der Futteraufnahme betrug r_g = 0,11 ± 0,32. Neben der Trockenmasseaufnahme-Effizienz berechneten Vallimont et al. (2011) auch eine Energieeffizienz für die Laktation (net energy for lactation efficiency, NE_LE), bei der sie die 305-Tage fettkorrigierte Milchmenge der 305-Tage NEL-Aufnahme (305-d NEL intake) gegenüberstellten. Die NE_LE betrug im Mittel 0,98 kg/Mcal (SD 0,24), was ca. 0,23 kg/MJ entspricht. Die genetische Korrelation von NE_LE und Futteraufnahme betrug r_g = 0,07 ± 0,30. Zu beachten sind hier die relativ hohen Standardfehler der Parameterschätzwerte. Phänotypische Korrelationen zwischen DMIE und Futteraufnahme waren r = -0,28 ± 0,03, zwischen NE_LE und Futteraufnahme war die Korrelation ebenfalls r = -0,28 ± 0,03.

Prendiville et al. (2009) untersuchten mehrere Effizienzparameter. Es waren dies die Fett- und Eiweißmenge pro kg an aufgenommenem Futter (MLKS/TDMI), die Residualfutteraufnahme (RFI), die benötigte aufgenommene Energie um ein kg an Fett- und Eiweißmenge zu produzieren (NEI/MLKS), und die Energie, die benötigt wird, um ein kg an Fett- Eiweißmenge zu erhalten abzüglich eines Betrages für die Nettoenergie, welche für den Erhaltungsbedarf benötigt wird ((NEI- NEM)/MLKS)). Die phänotypische Korrelation von MLKS/TDMI mit der Trockenmasseaufnahme (TDMI) betrug r = -0,38, mit RFI r = 0,30, mit NEI/MLKS r = 0,11 und mit ((NEI- NE_m)/MLKS)) r = 0,23. Es wurden keine Standardabweichungen angegeben.

Spurlock et al. (2012) berechneten die Bruttofuttereffizienz und kamen zum Ergebnis, dass diese genetisch negativ mit der Futteraufnahme korreliert ist. Es zeigte sich aber auch, dass diese Korrelation zu Laktationsbeginn stärker ausgeprägt war (1. Laktationsmonat, r_g = -0,22, SE 0,28) als gegen Ende des 1. Laktationsdrittels (3. Laktationsmonat r_g = -0,07, SE 0,25) bzw. zur Laktationsmitte hin (5. Laktationsmonat r_g = -0,06, SE 0,34). Ersichtlich sind jedoch auch die großen Standardfehler (SE).

2.3.3 Beziehungen zwischen Effizienz und Lebendmasse

Piccand et al. (2013) untersuchten die Effizienz von Schweizer Braunvieh (CH BV), Schweizer Fleckvieh (CH FV), Schweizer Holstein Friesian (CH HF) und Holstein Kühen neuseeländischer Herkunft (NZ HF) unter Weidebedingungen. Die NZ HF (514 kg) Tiere waren signifikant leichter als die CH FV (605 kg) und CH HF (592 kg) Tiere, während die Unterschiede zu CH BV (523 kg) nur numerisch waren. Im Hinblick auf die Effizienz, welche Piccand et al. (2013) als kg ECM/kg $LM^{0,75}$ berechneten, zeigten die NZ HF (52,1 kg/kg) und die CH HF (50,2 kg/kg) Tiere die höchste Effizienz über 270 Tage. Diese beiden Gruppen unterschieden sich statistisch signifikant von CH BV und CH FV. Spurlock et al. (2012) berechneten eine negative genetische Korrelation von Bruttofuttereffizienz mit der Lebendmasse zwischen r_g = -0,11 (SE 0,22, 1. Laktationsmonat) und r_g = -0,38 (SE 0,21, 3. Laktationsmonat).
Vallimont et al. (2011) berichten ebenso von einer negativen genetischen Korrelation zwischen den untersuchten Effizienzparametern und der Lebendmasse. Die genetischen Korrelation von DMIE und Lebendmasse beträgt demnach r_g = -0,66 ± 0,13, zwischen NE_LE und der LM beträgt die genetische Korrelation r_g = -0,64 ± 0,14. Manafiazar et al. (2012) geben an, dass es eine optimale Lebendmasse in Bezug auf die Effizienz geben könnte und dass die Beziehung der Lebendmasse zur energetischen Effizienz nicht linear ist.

2.3.4 Beziehungen zwischen Effizienz und Milchleistung

Die Milcheffizienz welche Britt et al. (2003) berechnen, war mit r = 0,707 phänotypisch hoch positiv mit der Milchleistung korreliert. Prendiville et al. (2009) geben eine phänotypische Korrelation zwischen Milchleistung und der Fett- und Eiweißmenge pro kg an aufgenommenem Futter (MLKS/TDMI) von r = 0,32 an. Die phänotypische Korrelation zwischen Milchleistung und Residualfutteraufnahme in derselben Untersuchung betrug r = -0,09. Der Parameter aufgenommene Energie pro kg produzierter Fett- und Eiweißmenge (NEI/MLKS) zeigte eine signifikante phänotypische Korrelation mit der Milchleistung im Ausmaß von r = -0,36.
Vallimont et al. (2011) kamen zu dem Ergebnis, dass die Milchleistung positiv mit ihren Effizienzparametern korreliert ist. Für die Trockenmasseaufnahme-Effizienz konnten sie eine genetische Korrelation mit der Milchleistung von r_g = 0,87 ± 0,08 schätzen.
Auch bei Spurlock et al. (2012) findet sich eine positive genetische Korrelation zwischen der Bruttofuttereffizienz und der ECM-Leistung. Ist diese zu Beginn der Laktation r_g = 0,42 (SE 0,34), so beträgt sie im 5. Laktationsmonat r_g = 0,56 (SE 0,27). Spurlock et al. (2012) untersuchten weiters auch die Beziehungen von Bruttofuttereffizienz und Energiebilanz. Die Energiebilanz ist dabei die Differenz aus der aufgenommenen Energie und der Energie, welche für Laktation, Wachstum,

Reproduktionsaktivität und Erhaltung benötigt wird. Die Autoren berücksichtigten den Energiebedarf für Leistung und Erhaltung. Es zeigte sich dabei, dass die Bruttofuttereffizienz genetisch negativ mit der Energiebilanz korreliert ist. Sie betrug am Anfang der Laktation r_g = -0,73 (SE 0,27), im 5. Laktationsmonat r_g = -0,87 (SE 0,21). Eine höhere Effizienz geht somit mit einer schlechteren Energiebilanz, zumindest während der ersten Hälfte der Laktation, einher.

2.3.5 Aufzucht

Rund die Hälfte des Energie- und Futterbedarfs einer Milchkuh bis zum Ende der 3. Laktation wird für die Aufzucht, die Trockenstehzeit und für den Erhaltungsbedarf benötigt (Thomet et al. 2014). Daher erscheint es durchaus sinnvoll, die Aufzuchtphase bei der Berechnung der Effizienz mit zu berücksichtigen.

Pirlo et al. (2000) beschreiben, dass eine Reduktion des Erstkalbealters auf unter 26 Monate bei italienischen Holstein Rindern die Differenz aus den Milcherlösen abzüglich der Aufzuchtkosten erhöht. Zu beachten ist aber auch, dass ein geringeres Erstkalbealter einen geringeren Milchfettgehalt und eine geringere Milchleistung zur Folge hatte, der Proteingehalt der Milch lag jedoch höher. Pirlo et al. (2000) geben aber auch zu bedenken, dass biologische Beschränkungen bei der Reduktion des Erstkalbealters bestehen und diese beachtet werden müssen. Hultgren et al. (2011) kommen bei ihrer Untersuchung zu dem Schluss, dass ein hohes Erstkalbealter zu geringeren Nettoeinnahmen führt und empfehlen ein Erstkalbealter von 24 Monaten. Essl (1998) gibt an, dass eine antagonistische Beziehung zwischen Frühreife und der Nutzungsdauer besteht.

Wangler et al. (2009) berechneten verschiedene Parameter für die Effizienz des Tiereinsatzes. Die Leistung je Melktag wird dabei berechnet, indem die Lebensleistung in Verhältnis zur Gesamtanzahl an Melktagen im Leben der Kuh gesetzt wird. Die Leistung je Nutzungstag wird definiert als Lebensleistung dividiert durch die Nutzungsdauer, die Leistung je Lebenstag errechnet sich als Lebensleistung im Verhältnis zur Anzahl an Lebenstagen. Diese Merkmale wurden nur für abgegangene Kühe errechnet. Als signifikante Einflussfaktoren auf die Lebensleistung Milch zeigten sich unter anderem das Erstkalbealter und die Nutzungsdauer. Für Tiere mit einer hohen Lebenseffektivität wurde ein im Vergleich niedrigeres Abkalbealter ermittelt. Tiere mit der geringsten Milchleistung je Lebenstag wiesen ein Erstkalbealter von 28,9 Monaten auf, bei Tieren mit der höchsten Lebenseffektivität betrug das Erstkalbealter 27,2 Monate.

Das durchschnittliche Erstkalbealter in Österreich betrug im Vergleich dazu im Jahr 2014 29,8 Monate. Tiere der Rasse Fleckvieh kalbten im Durchschnitt mit 29,5 Monaten ab, beim Braunvieh waren es 31,3 Monate, bei Holstein Friesian 28,8 Monate (ZuchtData 2014).

2.4 Krankheiten und Stoffwechselstörungen

Kossaibati & Esslemont (1997) berücksichtigen bei ihrer Berechnung der Kosten von Krankheiten sowohl direkte Kosten als auch indirekte Kosten. Als direkte Kosten flossen die Arbeitszeit des Tierarztes sowie des Landwirts, die Kosten für Arzneimittel, der Rückgang im Milchertrag sowie die nicht lieferbare Milch ein. Die indirekten Kosten

ergeben sich aus dem erhöhten Risiko für die Erkrankung an anderen Krankheiten, einer verlängerten Zwischenkalbezeit, einer höheren Anzahl an Besamungen und dem erhöhten Abgangsrisiko. Ähnliche Faktoren beschreiben auch Halasa et al. (2007) in ihrer Untersuchung.

2.4.1 Mastitis

Laut Seegers et al. (2003) resultiert die ökonomische Bedeutung von Mastitis daraus, dass beim Auftreten der Krankheit erhöhte Kosten entstehen und die Einnahmen zurückgehen, da die Erkrankung eine verringerte Milchleistung bewirkt. Eine Mastitiserkrankung kann auch das Risiko eines vorzeitigen Abgangs der Kuh erhöhen.

Hinsichtlich der ökonomischen Auswirkungen einer Mastitiserkrankung gibt es große Unterschiede in den Ergebnissen bei verschiedenen Studien. Dies lässt sich unter anderem auf die verschiedenen Faktoren, welche bei der Berechnung der Kosten berücksichtigt wurden, zurückführen (Halasa et al. 2007).

Die Milchleistungsverluste bedingt durch Mastitis hängen sehr stark vom Zeitpunkt des Auftretens der Infektion ab. So finden sich in der Literatur sehr unterschiedliche Angaben zu Milchmengenverluste bedingt durch eine klinische Mastitis.
Kossaibati & Esslemont (1997) berechneten einen Milchleistungsverlust von 327 l Milch bei einem leichten Fall von klinischer Mastitis unter Berücksichtigung des Rückgangs in der Milchleistung und der nicht verkaufsfähigen Milch. Bei einer schwereren Verlaufsform betrug dieser Wert 570 l Milch. Die höchsten Verluste ergeben sich, wenn die Mastitis früh in der Laktation und in den Folgelaktationen wiederholt auftritt.
Eine Schätzung für den durchschnittlichen entgangenen Milchertrag pro Laktation bei Holstein Friesian geben Hortet & Seegers (1998) mit 300- 400 kg oder 4- 6 % der Laktationsleistung an. Bei primiparen Kühen ist der Verlust meist geringer. Vor allem in der Frühlaktation ist beim Auftreten einer klinischen Mastitis mit höheren Verlusten von 450 bis 500 kg Milch zu rechnen (Hortet & Seegers 1998).
Wilson et al. (2004) errechneten einen entgangenen Milchertrag über eine 305-Tage Laktation bei einer klinischen Mastitiserkrankung von 690 kg bei primiparen Kühen und 598 kg Milch bei Tieren einer höheren Laktationsnummer. Für Tiere in höheren Laktationen zeigte sich, dass jene Kühe, welche an einer Mastitis erkrankten, ohne eine solche Erkrankung 583 kg mehr Milch geben würden als ihre nicht an Mastitis erkrankten Herdengenossinnen. Addiert man diese Ausfälle bzw. nicht realisierten Erträge, so kostete eine Mastitis 1181 kg Milch.
Fleischer et al. (2001) berechneten, dass das Risiko des Auftretens von Mastitis bei einer Standardlaktationsleistung von 6000 kg in der 3. Laktation 17,9 % beträgt. Bei einer Laktationsleistung von 12000 kg beträgt das Risiko des Auftretens einer Mastitis über 44 %. Bei Uribe et al. (1995) zeigte sich eine genetische Korrelation von 305-Tage Milchleistung und dem Auftreten von Mastitis von bei erstlaktierenden Tieren von r_g = 0,37. Bei Pösö & Mäntysaari (1996) betrug die genetische Korrelation von 305-Tage Milchmenge mit der Inzidenz von klinischer Mastitis r_g = 0,46 (SE 0,09, 1. Laktation), nahm in der 2. Laktation auf r_g = 0,35 (SE 0,10) ab und betrug in der 3.

Laktation r_g = 0,61 (SE 0,11). Rupp & Boichard (1999) berechneten eine genetische Korrelation zwischen der 305-Tage Standardlaktationsleistung und der Prävalenz von klinischer Mastitis in der 1. Laktation von r_g = 0,45 ± 0,09.
Bezüglich des Abgangsrisikos wurden in der Untersuchung von Beaudeau et al. (1995) unterschiedliche Werte für Mastitis errechnet. Tritt diese in den ersten 45 Tagen der ersten Laktation auf, so ist das Abgangsrisiko (hazard ratio) 1,3-mal so hoch wie ohne Mastitis. Das Abgangsrisiko erhöht sich auf das Vierfache, wenn die Mastitis in der Trockenstehzeit der ersten Laktation auftritt. Das höchste Abgangsrisiko von 9,4 ergab sich bei einer Mastitis in der Trockenstehzeit in einer höheren Laktation (Laktationsnummer ≥ 2), wenn auch zuvor schon eine Mastitis diagnostiziert wurde.

2.4.2 Lahmheiten

Rouha-Mülleder et al. (2009) untersuchten Lahmheiten auf 80 österreichischen Betrieben bei 2360 Kühen. Es zeigte sich eine große Variation im Auftreten von Lahmheiten von 0- 77 %. Im Median zeigten 36 % der Kühe Lahmheiten, 4 % (Median) der Tiere waren hochgradig lahm. Zu den häufigsten Klauenerkrankungen zählen unter anderem Laminitis, Sohlengeschwüre, Erkrankungen der Weißen Linien, Interdigitale Hyperplasie und Dermatitis Digitalis (Green et al. 2002, Schöpke et al. 2013).
Die Hauptgründe für Verluste auf Grund von Lahmheiten sind eine schlechtere Fruchtbarkeit, eine geringere Milchleistung und vermehrte Abgänge (Kossaibati & Esslemont 1997). So errechneten Kossaibati & Esslemont (1997) für das Auftreten eines Sohlengeschwürs eine geringere Milchleistung von 180 l und einen entgangenen Milchertrag von 70 l Milch. Green et al. (2002) ermittelten einen mittleren Verlust an Milch von 357 kg pro Laktation, nachdem eine Lahmheit diagnostiziert wurde.
Enting et al. (1997) berechneten, dass Kühe, welche wegen einer Lahmheit abgegangen waren, eine um 3,3 kg/Tag niedrigere Milchleistung zeigten als jene Tiere, die wegen einer anderen Ursache als Lahmheit gemerzt wurden. Bei Tieren, die auf Grund einer Lahmheit ausgeschieden wurden, zeigte sich auch um eine ca. 9 Tage verlängerte Zwischenkalbezeit.
Bei den verschiedenen Klauenerkrankungen ist auch der Anteil des Milchleistungsrückgangs an den Gesamtkosten unterschiedlich hoch. Bei einem Sohlengeschwür hat die reduzierte Milchleistung einen Anteil von 38 % an den Gesamtkosten, gefolgt von einer verringerten Fruchtbarkeit (33 %) und den Behandlungskosten (28 %). Bei einer Dermatitis Digitalis zeigt sich hingegen ein anderes Bild, hier haben die Behandlungskosten den größten Anteil an den Gesamtkosten der Erkrankung (42 %), während die schlechtere Fruchtbarkeit (31 %) und die geringere Milchleistung (27 %) geringere Kosten verursachen (Cha et al. 2010).

2.4.3 Ketose

Ketose tritt vor allem in der Frühlaktation häufig auf und steht auch mit anderen Krankheiten im postpartalen Zeitraum wie unter anderem Metritis, Mastitis, Milchfieber und Lahmheiten in Zusammenhang (Berge & Vertenten 2014). Das Auftreten einer Ketose erhöht das Abgangsrisiko, dieses hängt aber auch vom Zeitpunkt des

Auftretens ab (Gröhn et al. 1998). In der Untersuchung von Edwards & Tozer (2004) trat Ketose im Mittel am 10. Laktationstag (± 8,2 Tage) auf, bei Koeck et al. (2013) zeigten sich 87 % der Ketosen in den ersten 30 Tagen nach der Abkalbung.
Simianer et al. (1991) ermittelten eine genetische Korrelation von 305-Tage Milchleistung und Ketose von r_g = 0,65. Uribe et al. (1995) fanden in ihrer Untersuchung von kanadischen Holstein Kühen eine Ketoseinzidenz von 4,1 %. Die Autoren errechneten eine genetische Korrelation zwischen dem Auftreten von Ketose und der Milchleistung von r_g = 0,77, die phänotypische Korrelation betrug r = 0,02. Bei Beaudeau et al. (1995) zeigte sich eine Ketoseinzidenz von 3,1 %. In der Untersuchung von Gröhn et al. (1998) ermittelten die Autoren ein Inzidenzrisiko für Ketose von 5 % über alle Laktationen in der Untersuchung. Bei Tieren in der ersten Laktation lag das Risiko, an einer Ketose zu erkranken bei 4,2 %, der höchste Wert fand sich in der vierten Laktation mit 8,3 %. Die Häufigkeit im Auftreten von Ketose lag in der Untersuchung von Koeck et al. (2013) auf kanadischen Betrieben bei 5,9 % pro Herde und Jahr. Die Milchleistung am ersten Testtag war mit r_g= -0,07 (SE 0,15) mit Ketose korreliert, am zweiten Testtag betrug die genetische Korrelation r_g = 0,16 (SE 0,15)(Koeck et al. 2013).
Detilleux et al. (1994) ermittelten einen Milchentgang von 33,9 kg (1. Laktation) bis hin zu 52,6 kg (4. Laktation) in einem Zeitraum von 17 Tagen nach der Ketosediagnose. Über alle Paritäten ergab sich aber eine im Mittel um ca. 141 kg höhere Milchleistung bei Kühen mit einer Ketose im Vergleich zu Tieren, die nicht an einer Ketose erkrankt waren. Bei Rajala- Schultz et al. (1999) zeigte sich, dass Tiere mit einer Ketose auch mindestens zwei Wochen danach eine signifikant niedrigere Milchleistung aufwiesen. Während erstlaktierende Tiere im Mittel insgesamt 126 kg weniger Milch gaben, betrug der Verlust in höheren Laktationen (4+) im Mittel 535 kg. Beaudeau et al. (1995) geben an, dass beim Auftreten einer Ketose in der ersten Laktation das Abgangsrisiko im Vergleich zu Kühen, die keine solche Diagnose aufweisen, um das 1,9-fache erhöht ist. Tritt eine Ketose in der 2. Laktation auf, so ist das Risiko für einen frühzeitigen Abgang 1,7-mal höher.

2.4.4 Gebärparese

Die niedrige Konzentration von Kalzium im Blut bei der Gebärparese ist eine Folge der zu langsamen Mobilisierung von Kalzium aus den Depots im Körper und hoher Kalziumausscheidungen über die Milch (Hibbs 1950). Üblicherweise werden Tiere mit Milchfieber mit einer Kalziuminfusion behandelt, in schweren Fällen kann es aber auch zum Tod des Tieres kommen (Kossaibati & Esslemont 1997).
Rajala-Schultz et al. (1999) errechneten eine durchschnittliche Milchfieber-Inzidenz von 5,7 %. Allerdings bestehen beträchtliche Unterschiede in der Inzidenz zwischen den Laktationen. Während die Inzidenz bei erstlaktierenden Kühen 0,2 % beträgt, so war diese in höheren Laktationen (4+) 16,7 %. In der Untersuchung von Wilson et al. (2004) hatte die Gebärparese eine Inzidenz von 5,2 % bei Tieren in der 2. Laktation, Tiere in der ersten Laktation waren nicht betroffen. Bei Berge & Vertenten (2014) betrug die Inzidenz von Gebärparese 1,5 %. Pryce et al. (1997) ermittelten für die Heritabilität von Gebärparese einen Wert von h^2 = 0,08 (SE 0,009), die genetische Korrelation von 305-Tage Laktationsleistung mit Gebärparese betrug r_g = 0,19 (SE

0,06), jene von Gebärparese mit klinischer Mastitis r_g = 0,21 (SE 0,06). Heringstad et al. (2005) errechneten für die erste Laktation eine genetische Korrelation von Milchfieber mit klinischer Mastitis von r_g = 0,08 (SD 0,005).
Laut Kossaibati & Esslemont (1997) beträgt der entgangene Milchertrag bei einem leichten Verlauf der Gebärparese 200 l, in einem schweren Fall bis zu 500 l. Rajala-Schultz et al. (1999) errechneten einen Milchentgang von 47,6 kg in der zweiten Laktation bei einer Gebärparese. In der dritten Laktation betrug der Milchentgang ca. 80 kg. Die Autoren geben aber auch an, dass Kühe mit Milchfieber oftmals auch höherleistende Tiere sind. Dies und die Tatsache, dass Gebärparese so früh in der Laktation auftritt, machen eine Quantifizierung des Rückgangs in der Milchleistung schwierig.

2.5 Weitere zu berücksichtigende Aspekte bei der Berechnung von Effizienzparametern

Zu Beginn der Laktation steigen sowohl Milchleistung als auch Futteraufnahme an, der Anstieg in der Milchleistung ist dabei aber meist schneller und größer als jener in der Futteraufnahme. In dieser Situation ist die über das Futter aufgenommene Energie- und Nährstoffmenge oft nicht ausreichend, um den Bedarf der Tiere zu decken, es kommt zur Mobilisierung von Fett- und Proteinreserven aus den Körpergeweben (Tamminga et al. 1997). Die Folge einer länger andauernden negativen Energiebilanz kann ein erhöhtes Auftreten von Gesundheitsstörungen sein (Collard et al. 2000). Neben der Dauer der negativen Energiebilanz kann auch das Ausmaß derselben negative Auswirkungen auf das Tier haben (Grummer et al. 2004). De Vries & Veerkamp (2000) errechneten, dass wenn der Tiefpunkt der Energiebilanz um 10 MJ absinkt, dies den Zeitpunkt der Ovulation um 1,25 Tage verzögert. Laut Buttchereit et al. (2012) besteht eine genetische Korrelation zwischen der Energiebilanz (berechnet als Differenz zwischen aufgenommener Energie und der benötigten Energie für Erhaltungs- und Leistungsbedarf) und der Mastitisprävalenz von r_g = -0,58 (SE 0,39). Die genetische Korrelation zwischen Energiebilanz und dem Auftreten von Klauenkrankheiten betrug r_g = -0,23 (SE 0,32), mit dem Auftreten von Stoffwechselstörungen r_g = 0,16 (SE 0,70). Zu beachten sind hier aber die hohen Standardfehler der Schätzwerte.

Roche et al. (2009) sehen die BCS Bewertung als geeignetes Hilfsmittel zur Bestimmung der Energiereserven der Milchkuh an. Die Aussagekraft der BCS Bewertung wird allerdings bei stark abgemagerten und stark verfetteten Kühen geringer. Die Körperkondition und in weiterer Folge die BCS-Note zum Zeitpunkt der Abkalbung hat dabei die höchste Aussagekraft und steht in enger Beziehung zur Trockenmasseaufnahme in der Frühlaktation, dem Verlust an Körperkondition in der Frühlaktation und der Milchleistung. Tiere mit einer hohen BCS-Note zeigen eine verringerte Trockenmasseaufnahme, produzieren weniger Milch und weisen ein höheres Risiko für peripartale Stoffwechselstörungen auf. Zu stark abgemagerte Tiere zeigen neben einer geringeren Milchleistung meist auch eine herabgesetzte Fruchtbarkeit.

Die Futtereffizienz (feed efficiency) definieren Blake & Custodio (1984) als die Umwandlung von Nährstoffen, die über das Futter aufgenommen werden, in Milch. Dabei muss aber auf die mobilisierten Körperreserven sowie auf die etwaige Retention von Körpersubstanz korrigiert werden.
Mit Hilfe der Brutto-Futtereffizienz (Gross feed efficiency) kann bei der Energie, die für Leistung benötigt wird, nicht zwischen der dafür genutzten Energie aus dem Futter und jener, welche über die Mobilisierung von Körperfettreserven gewonnen wurde, differenziert werden. Tiere, die viel Körperfettreserven mobilisieren, erscheinen bei diesem Parameter effizienter als solche Tiere, welche weniger Körpersubstanz mobilisieren (Connor et al. 2012). Tatsächlich zeigte sich bei Vallimont et al. (2011) eine negative genetische Korrelation von DMIE (dry matter intake efficiency) und BCS von r_g = -0,70 (SE 0,16).
Schwager-Suter (1999) gibt an, dass im Hinblick auf die Effizienz nur geringe Veränderungen in den Körperreserven anzustreben sind, da es effizienter ist, die aufgenommene Energie direkt in das Produkt umzuwandeln als diese Energie zu Ende der Laktation hin zum Aufbau von Körperreserven zu verwenden bzw. diese zu Laktationsbeginn wieder abzubauen.
Custodio et al. (1983) weisen daher darauf hin, dass es zu klären gilt, ob eine hohe Effizienz von hochleistenden Kühen eine Folge des Abbaus von Körpersubstanz ist. Laut Berry & Crowley (2013) ist die Erhebung von Lebendmasse und Body Condition Score eine wichtige Voraussetzung dafür, mobilisierte Körperreserven in der Berechnung von Effizienzparametern zu berücksichtigen.

2.6 Effizienzparameter aus Regressionsrechnungen: RFI und RSP

Die Residualfutteraufnahme berechnet sich aus der Differenz zwischen der tatsächlichen Futteraufnahme und der zu erwartenden Futteraufnahme auf Basis von Erhaltungs- und Leistungsbedarf, Wachstum, Veränderung von Lebendmasse und Körpersubstanz (Connor et al. 2012, Varga & Dechow 2013). Die zu erwartende Futteraufnahme errechnet sich aus einer Regression auf ECM-Leistung, metabolische Lebendmasse, Veränderungen in der Lebendmasse. Tiere mit einer geringen bzw. negativen Residualfutteraufnahme benötigen also weniger Futter bzw. Energie zur Deckung des Erhaltungsbedarfs bei einer gleich hohen Milchleistung wie Herdengenossinnen. Ob die Residualfutteraufnahme Unterschiede in der Effizienz der Verdauung oder metabolischen Umsetzung reflektiert, ist allerdings noch nicht schlüssig geklärt (Varga & Dechow 2013).
Die Definition von Conner et al. (2012) sowie Varga & Dechow (2013) ist jedoch nicht als exklusiv anzusehen, andere Definitionen und Berechnungsweisen für die Residualfutteraufnahme finden sich unter anderem auch bei Prendiville et al. (2009) oder Berry & Pryce (2014). Varga & Dechow (2013) geben an, dass für die Residualfutteraufnahme eine genetische Variabilität existiert und dass sie ein erbliches Merkmal ist. Auch Veerkamp et al. (1995) führen an, dass die residuale Streuung in der Futteraufnahme eine heritable Komponente besitzt.
Eine Selektion auf eine geringe oder negative Residualfutteraufnahme sollte in einer geringeren Futteraufnahme bei gleichbleibender Milchleistung resultieren (Varga &

Dechow 2013). Ein Nebeneffekt der Selektion auf eine verbesserte Residualfutteraufnahme könnten auch geringere Emissionen und Ausscheidungen sein. Knapp et al. (2014) geben an, dass bei Selektion auf die Residualfutteraufnahme geringere Methanemissionen pro kg ECM erwartet werden können.

Veerkamp et al. (1995) schätzten in ihrer Untersuchung eine Heritabilität für die genetische Residualfutteraufnahme von h^2 = 0,05 (kein SE angegeben). In der Untersuchung von Vallimont et al. (2011) zeigte sich eine phänotypische Standardabweichung in der Residualfutteraufnahme von 405 kg pro Laktation, die phänotypische Standardabweichung für die Futteraufnahme betrug 775 kg in der Laktation. Die Heritabilität der Residualfutteraufnahme betrug h^2 = 0,01 ± 0,05, also ein sehr niedriger Wert. Die genetischen Korrelation von RFI mit NE_LE (r_g = -0,73 ± 1,29) und DMIE (r_g = -0,69 ± 0,86) waren relativ hoch, aber mit hohen Standardfehlern behaftet.

Williams et al. (2011) schätzten für die Residualfutteraufnahme eine Heritabilität von h^2 = 0,27 ± 0,12. Allerdings untersuchten die Autoren bei ihrer Studie Kalbinnen. Williams et al. (2011) kommen zum Schluss, dass für Milchviehkalbinnen eine signifikante Variation in der Residualfutteraufnahme besteht, welche auch ökonomisch relevant ist. Die Autoren geben auch an, dass eine Untersuchung der Konsequenzen und Auswirkungen auf Fitness- und Fruchtbarkeitsmerkale erforderlich ist, wenn auf RFI selektiert wird.

Laut Crews (2005) ist die Residualfutteraufnahme, anders als Effizienzparameter, welche als Quotienten von Merkmalen ausgedrückt werden, unabhängig von der Lebendmasse und potentiellen Energiedepots. Mögliche unerwünschte Korrelationen zwischen der Residualfutteraufnahme und anderen Merkmalen sollten allerdings sorgfältig evaluiert werden, bevor Selektionsempfehlungen abgegeben werden.

Für die Berechnung der Residualfutteraufnahme ist es notwendig, die tatsächliche Futteraufnahme zu messen. Berry & Crowley (2013) führen an, dass das Fehlen von routinemäßig und kostengünstig verfügbaren Daten zur tierindividuellen Futteraufnahme der Hauptgrund dafür ist, dass Merkmale der Futteraufnahme und Futtereffizienz nicht stärker berücksichtigt werden.

Coleman et al. (2010) definieren einen weiteren Parameter, welcher die Produktionseffizienz eines Tieres abbilden soll, siehe Tabelle 1. Die von ihnen eingeführte RSP (residual solids production) als alternative Definition für Futtereffizienz identifiziert Tiere mit einer höheren Produktion von Milchfett und Milcheiweiß bei einer bestimmten Futteraufnahme. Formeln zur Berechnung der RSP finden sich bei Coleman et al. (2010) und Berry & Pryce (2014).

3 Tiere, Material und Methoden

Im Rahmen des „Efficient Cow“ Projekts wurden auf 167 Betrieben und an 7562 verschiedenen Tieren Daten erhoben, wobei bei 1098 Tieren allerdings weniger als 4 Beobachtungen vorhanden waren. Im Kalenderjahr 2014 wurde die Erhebung der relevanten Merkmale durchgeführt. Zusätzlich stehen im Rahmen des Projekts auch die Ergebnisse der routinemäßig durchgeführten Milchleistungsprüfung zur Verfügung. Die Testtagesgemelke, der Body Condition Score sowie die Lebendmasse wurden von Mitarbeitern der Landeskontrollverbände erhoben. Für die Ermittlung der Lebendmasse wurden die Tiere gewogen. Der Body Condition Score wurde visuell erhoben, alle Mitarbeiter wurden vor Beginn des Projekts entsprechend geschult.
Die in der vorliegenden Untersuchung berücksichtigten Tiere gehören den in Österreich hauptsächlich zur Milcherzeugung verwendeten Rassen an. Das Fleckvieh (FV) in Österreich ist ein mittel- bis großrahmiges Rind, welches als milch- oder fleischbetonte Zweinutzungsrasse eingesetzt wird. In Österreich zählen rund 1,5 Millionen Tiere zur Rasse Fleckvieh, das sind 76 % aller Rinder. Das Braunvieh oder Brown Swiss (BS) kann als milchbetonte Zweinutzungsrasse angesehen werden. In Österreich gibt es 140.000 Braunviehtiere, das sind 7 % des Rinderbestandes. Holstein Friesian (HF) ist eine Milchrasse, 6,3 % aller Rinder in Österreich oder ca. 125.000 Tiere gehören dieser Rasse an (ZAR 2015).

3.1 Aufbereitung und Verknüpfung der Datensätze

Für die vorliegende Arbeit standen mehrere Datensätze zur Verfügung. Mit dem Programmpaket SAS 9.2 wurden alle Datensätze aufbereitet, ebenso wurden alle weiteren Berechnungen mit diesem Programm durchgeführt. Abbildungen und Diagramme wurden mit Microsoft EXCEL 2013 bzw. R Package 3.2.1 generiert. Wie in Abbildung 1 ersichtlich, wurden die verschiedenen Datensätze miteinander verknüpft, um die benötigten Variablen für die weiteren Berechnungen zu erhalten. So enthielt ein Datensatz die Ergebnisse der Milchleistungskontrolle der Tiere sowie Daten zu Body Condition Score und Lebendmasse, die Voll- und Teilabschlüsse waren ebenso bekannt. In anderen Datensätzen fanden sich Diagnosen und Fruchtbarkeitsaufzeichnungen sowie Belegdaten. Daneben waren auch die Abgangsursachen der Tiere vorhanden, welche im Untersuchungszeitraum von den Betrieben abgingen.

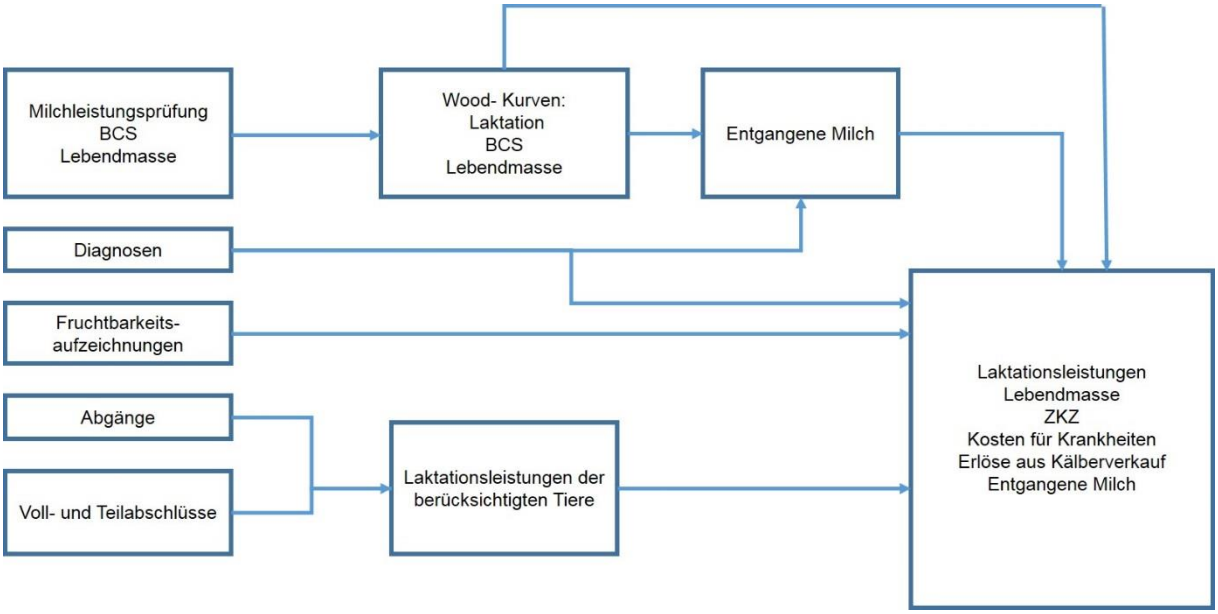

Abbildung 1: Verknüpfung der Datensätze und Aufbereitung der Daten. BCS = Body Condition Score, ZKZ = Zwischenkalbezeit.

Ausgegangen wurde bei der Verknüpfung der Datensätze vom Datensatz mit den Voll- und Teilabschlüssen der Tiere. Als erstes wurde durch Kombination desselben mit den Informationen zu den Abgängen ermittelt, welche Laktationsleistungen die abgegangen Tiere aufwiesen. Kühe, welche während des Erhebungszeitraumes abgingen, mussten mindestens 270 Melktage vor dem 9. März 2015, dem Datum der letzten Diagnose im Datensatz, erreicht haben können, um bei den weiteren Berechnungen berücksichtigt zu werden. Weiters wurden die Daten von Tieren, die als Abgangsursache eine Seuche, Abgang zur Zucht oder eine unbekannte Abgangsursache aufwiesen, nicht verwendet. Insgesamt hatte der Datensatz mit den abgegangenen Tieren 351 Beobachtungen.
Im nächsten Schritt wurden die Laktationsvollabschlüsse mit den Daten jener Tiere, die nicht abgegangen wurden, verknüpft. Für diese mussten mindestens 270 Melktage vorliegen, um bei den weiteren Berechnungen verwendet zu werden. Als frühestes Kalbedatum wurde, wie auch bei den abgegangen Tieren, der 01.12.2013 festgelegt. Der Datensatz mit den verbliebenen Kühen enthielt 2573 Beobachtungen. In Summe ergeben sich somit 2924 Beobachtungen für die ECM-Leistung im Datensatz zur Effizienzberechnung.

3.2 Definition der Effizienzparameter

Aus Abbildung 1 wird ersichtlich, dass keine Effizienzparameter berechnet werden konnten, welche Informationen zur Futter- bzw. Energieaufnahme benötigen. Die in der vorliegenden Arbeit verwendeten Effizienzparameter errechnen sich daher folgendermaßen:

$$\text{Effizienzparameter 1 (EFF1): } \frac{\text{ECM}}{\text{LM}^{0,75}\ \text{Tag}}$$

$$\text{Effizienzparameter 2 (EFF2): } \frac{\text{ECM}_{\text{erw}}}{\text{LM}^{0,75}\ \text{Tag}}$$

Der Zähler ECM entspricht hier der gesamten erbrachten ECM Leistung in einer Laktation, bei abgegangenen Tieren ist es die ermolkene ECM Menge bis zum Abgang. $LM^{0,75}$ ist die mittlere errechnete metabolische Lebendmasse über 305 Tage, Tag repräsentiert die Anzahl der Tage zwischen zwei aufeinanderfolgenden Abkalbungen, also die Zwischenkalbezeit. ECM_{erw} stellt die gesamte erbrachte ECM Leistung einer Laktation bzw. die ermolkene ECM bis Abgang dar, erweitert um Zu- und Abschläge. Diese Zu- und Abschläge ergeben sich aus Zuschlägen für lebendgeborene und nicht innerhalb von 48 h post partum verendete Kälber und Abschlägen für die Behandlungskosten sowie der entgangenen ECM bei Krankheiten zur Laktationsleistung. Die Berechnung der Behandlungskosten in kg ECM und entgangenen ECM-Menge wird in nachfolgenden Abschnitten erläutert.

3.3 Modellierung der Laktationskurven

Da bei Krankheiten wie Mastitis und der damit verbundenen Behandlung durch den Tierarzt die produzierte Milch für einen bestimmten Zeitraum nicht abgeliefert werden darf, wird diese Milchmenge bei den Berechnungen ebenso berücksichtigt. Dabei ist es notwendig, den Verlauf der Laktationskurve für die ECM beim Einzeltier zu kennen. Dazu wird die Funktion nach Wood (1967) genutzt, die Berechnung der energiekorrigierten Milchmenge erfolgte nach der Formel, welche von Weiss (2013) angegeben wird.

Die energiekorrigierte Milch wurde auf einen Fettgehalt von 4,0 % und einen Eiweißgehalt von 3,4 % standardisiert. Die entsprechende Formel zur Umrechnung auf die ECM lautet (Weiss 2013):

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

Um die Verläufe der Milchleistung der Tiere berechnen zu können, eignet sich laut Silvestre et al. (2006) unter anderem eine Gamma-Funktion, welche von Wood (1967) beschrieben wird. Silvestre et al. (2006) berechnen diese wie folgt:

$$Y_t = at^b e^{-ct}$$

In der angegebenen Formel entspricht Y_t der Milchleistung an Laktationstag t, a ist der Parameter für das Niveau der Kurve zu Laktationsbeginn, b jener für den Anstieg der Kurve am Beginn der Laktation und c ist der Parameter für den Abfall der Kurve nach dem Erreichen des Milchleistungsmaximums (Schneeberger 1978, Silvestre et al. 2006). Die Wood-Funktion wurde neben der Berechnung der Laktationskurven auch zur Beschreibung der Verläufe von Lebendmasse und Body Condition Score herangezogen.

Die Ableitung der Parameter für die Wood-Funktion zur Ermittlung der täglichen ECM-Leistung und in weiterer Folge der entgangenen ECM-Menge bei Krankheiten, der Lebendmasse und des Body Condition Score, erfolgte mit Hilfe der Prozedur NLIN in SAS 9.2. Auf die jeweiligen Berechnungen wird in folgenden Abschnitten noch

eingegangen. Diese Prozedur basiert auf einer nichtlinearen Regressionsrechnung und schätzt die Parameter mit Hilfe einer least squares Methode. Die Verteilung der Daten muss dabei nicht spezifiziert werden (SAS 9.2 User Guide).

Für die weiteren Berechnungen zur Modellierung der Laktationskurve wurden jene Werte ausgeschlossen, welche ± 4 Standardabweichungen vom jeweiligen Mittelwert der Milchmenge, des Fettgehaltes und des Eiweißgehaltes abweichen (Tabelle 7). Für jedes Tier in jeder Laktation mussten mindestens vier Testtagsgemelke vorhanden und die erste Probemelkung vor dem 100. Laktationstag erfolgt sein. Nach Ableitung der Koeffizienten a, b und c wurden diejenigen Werte im Datensatz belassen, bei denen die Bedingung $0 < a < 100$ erfüllt war. Mit Hilfe der Parameter der Wood Funktion wurde die ECM-Menge über 305 Tage ermittelt. Betrug dieser Wert bei einem Tier über 16000 kg ECM, so wurden die Parameter für dieses Tier nicht weiter verwendet. Neben der Ableitung der Parameter der Wood-Funktion für Einzeltiere wurden diese auch für die jeweilige Rasse und Laktationsgruppe berechnet, um bei fehlenden Werten oder nicht sinnvollen Parameterschätzwerten für das Einzeltier mit diesen Durchschnittswerten arbeiten zu können. Bei Fleckvieh, Brown Swiss und Holstein Friesian wurden dabei die folgende Laktationsgruppen gebildet: 1. Laktation, 2. Laktation, 3. und 4. Laktation sowie 5. und höhere Laktationen.
Für eine Veranschaulichung der Laktationsverläufe werden diese in den Abbildungen 2 und 3 dargestellt.

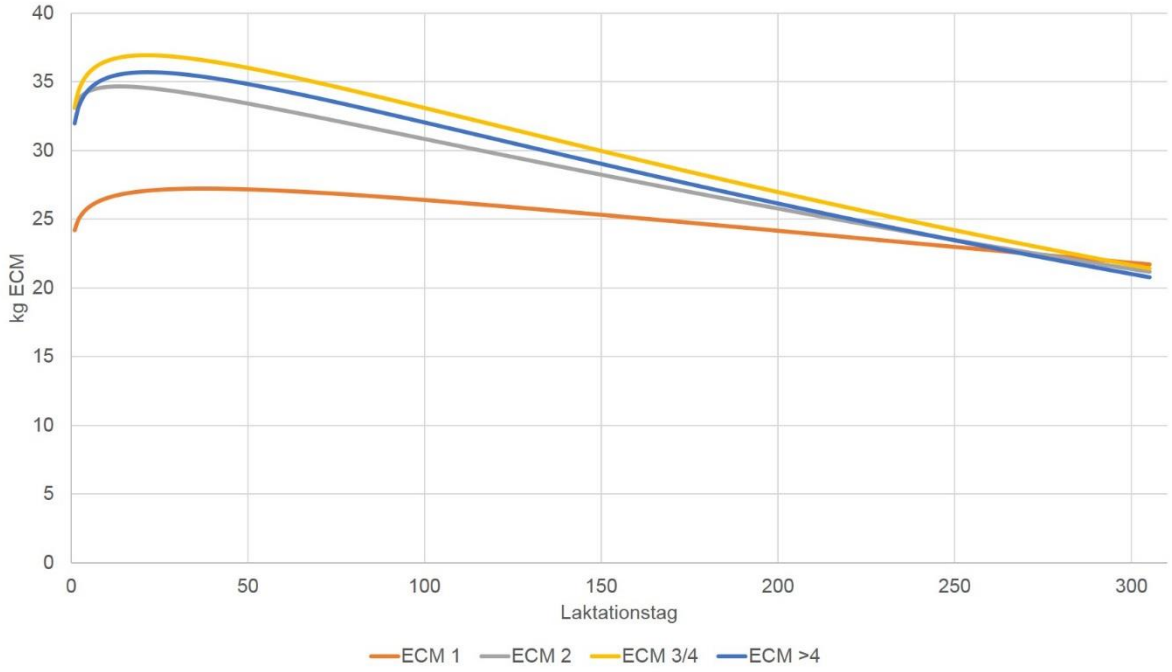

Abbildung 2: Verlauf der energiekorrigierten Milchmenge (ECM) bei Fleckvieh in den verschiedenen Laktationsgruppen.

Wie aus Abbildung 3 ersichtlich wird, zeigten sich bei Brown Swiss durchwegs atypische Laktationskurven. Daher wurden die abgeleiteten Parameter für Brown Swiss mit Daten aus der Zuchtwertschätzung, bei welcher ebenfalls Wood-Funktionen

eingesetzt werden, verglichen. Die Daten dazu wurden von Fürst (2015) bereitgestellt. Diese Daten enthielten alle Laktationen von Brown Swiss Tieren seit dem Jahr 2013.

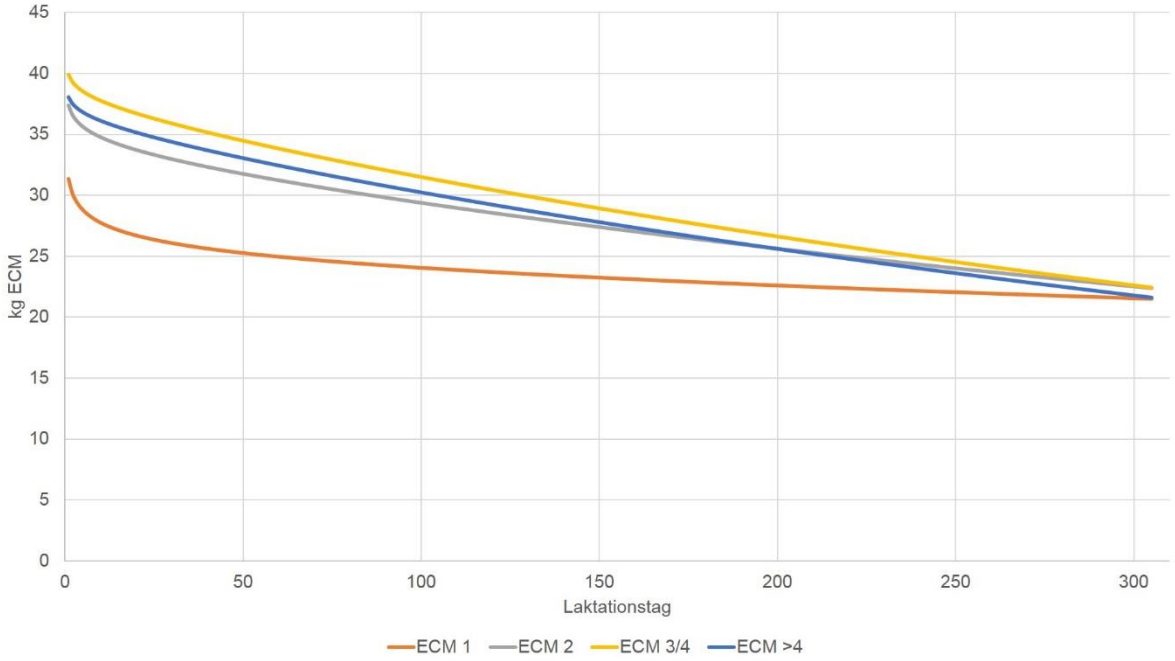

Abbildung 3: Verlauf der energiekorrigierten Milchmenge (ECM) bei Brown Swiss in den verschiedenen Laktationsgruppen.

Nach grafischem Vergleich der Laktationsverläufe von Fürst (2015) und den vorhandenen Laktationskurven für Brown Swiss wurde entschieden, mit den ermittelten Parametern weiterzuarbeiten, da auch bei Fürst (2015) bei BS atypische Kurvenverläufe ermittelt wurden.

Für die Berechnung der entgangenen Milch bei Krankheiten wurde zuerst die ECM-Menge am Tag der Diagnose berechnet. Während bei einer Azetonämie ein zweitägiges Ablieferungsverbot für die Milch besteht, so beträgt diese Zeitdauer bei einer Mastitis zehn Tage. In weiterer Folge wurde so die Milchmenge am letzten Tag des Ablieferungsverbotes ermittelt. Die gesamte entgangene Milch errechnete sich aus dem Durchschnitt der ECM-Menge am 1. Tag des Lieferverbotes und des letzten Tages des Lieferverbotes multipliziert mit der Länge des Ablieferungsverbotes.

3.4 Kosten für Krankheiten und Kälbererlöse

Die Ermittlung der Kosten von Krankheiten bzw. der Kälbererlöse erfolgte auf Basis des Diagnosedatensatzes, welcher mit den Informationen zum Kalbeverlauf und der Kalbeverwendung verknüpft wurde. Für die jeweiligen Diagnosen wurden die entsprechenden Kosten aus Tabelle 4 bzw. die Erlöse aus Kälbern laut Tabelle 5 genützt. Hatte ein Tier mehrere Diagnosen in einer Laktation, so wurden die Kosten aufsummiert. Bei der Geburt mehrerer Kälber wurden die Erlöse für das Kalb mit der entsprechenden Anzahl Kälber multipliziert. Wenn eine Kuh keine Diagnose im Datensatz aufwies, so wurden die Kosten mit Null angenommen. Eine Beschreibung der Kosten und Erlöse, welche dann mit den anderen Datensätzen verknüpft wurden,

findet sich in Tabelle 8. Im Datensatz zur Ermittlung von Kosten und Erlösen fanden sich folgende Diagnosefrequenzen: Gebärparese 23,03 %, Azetonämie 8,27 %, akute Mastitis 38,57 %, chronische Mastitis 14,04 %. Die auf 100 % fehlenden Anteile sind Krankheiten zuzuordnen, für die keine Behandlungskosten verfügbar waren.

Aus den Tabellen 4 und 5 sind die Kosten und Kälbererlöse entnehmbar. Die Berechnung der Kosten in ECM erfolgte, in dem die jeweiligen Kosten mit einem angenommen Milchpreis von 0,44 € je kg Milch (4,2 % Fett, 3,4 % Eiweiß) kalkuliert, die errechnete Milchmenge danach in ECM mit 4 % Fett und 3,4 % Eiweiß umgerechnet wurde. Der Milchpreis von 0,44 € wurde aus den Daten der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft (AWI) zur Berechnung der Deckungsbeiträge der Milchviehhaltung entnommen, die monetären Kosten der Behandlungen der jeweiligen Krankheiten stammen von Obritzhauser (2015).

Tabelle 4: Kosten ausgewählter Krankheiten, jeweils ohne entgangener Milchertrag, angenommener Milchpreis 0,44 € (AWI 2015), verändert nach Obritzhauser (2015).

Krankheit	Kosten (in €)	Kosten in ECM (kg)
Ketose	213,00	495,22
Gebärparese*	197,00	458,02
akute Mastitis	251,00	583,57
chronische Mastitis**	205,50	477,79

*50 % Nachbehandlungen, **75 % Nachbehandlungen

Die Erlöse je Kalb für die verschiedenen Rassen entstammen ebenfalls den Daten von AWI (2015). Die Umrechnung in ECM erfolgte analog zur Berechnung der Kosten von Krankheiten.

Tabelle 5: Erlöse aus Kälberverkauf, angenommener Milchpreis 0,44 €, verändert nach AWI (2015).

Rasse	Erlös (in €/Kuh u. Jahr)	Erlös in ECM (kg)
FV	269,50	626,58
BS	137,70	320,15
HF	132,20	307,36

3.5 Berechnung der Zwischenkalbezeit

Die Berechnung der Zwischenkalbezeit erfolgte anhand der vorliegenden Daten, bei den während der Laktation abgegangenen Tieren war keine weitere Abkalbung im Datensatz. Hier wurde, so weit vorhanden, mit dem Datum der letzten Belegung und einer Trächtigkeitsdauer von 286 Tagen ein fiktives Kalbedatum errechnet. Mit diesem konnte dann in weiterer Folge eine Zwischenkalbezeit berechnet werden. Diese Vorgehensweise wurde bei abgegangenen Tieren als auch bei nicht abgegangenen Tieren gewählt, bei denen kein nachfolgendes Kalbedatum im Datensatz vorhanden war. Konnte auf Grund fehlender Daten zu Belegungen kein Kalbedatum errechnet werden, so wurde die rassespezifische Zwischenkalbezeit für die weiteren Berechnungen herangezogen. Die Daten dafür wurden dem ZuchtData Jahresbericht 2014 entnommen. Im Jahr 2013 sind die entsprechenden Werte bei FV 390,3 Tage, bei BS 417,6 Tage und bei HF 413,8 Tage, für die Auswertung werden die ganzzahligen Werte verwendet. Aus Tabelle 6 wird die Verteilung der Zwischenkalbezeit ersichtlich.

Tabelle 6: Verteilung der Zwischenkalbezeit (ZKZ) bei abgegangenen und nicht abgegangenen Kühen. Die errechnete ZKZ ergibt sich aus dem letzten Belegdatum + Trächtigkeitsdauer. Die rassespezifische ZKZ wurde dem ZuchtData Jahresbericht 2014 entnommen.

Zwischenkalbezeit	Abgegangene Tiere (%)	Nicht abgegangene Tiere (%)
aus Beobachtung	-	38,28
aus errechneter ZKZ mittels Belegdaten	49,57	60,05
aus rassespezifischer ZKZ	50,43	1,37

3.6 Berechnung der Lebendmasse

Zur Berechnung der beiden Effizienzparameter wird auch die metabolische Lebendmasse benötigt. Zur Berechnung dieser wurden die Informationen aus den Erhebungen genützt, um die Parameter der Wood-Funktion für jedes Tier zu errechnen. Zur Modellierung des Lebendmasseverlaufs im Laufe der Laktation waren insgesamt 52385 Beobachtungen vorhanden (Tabelle 7).

Grundsätzlich wurden nur Daten von Tieren mit mindestens 3 Beobachtungen zur Lebendmasse berücksichtigt. Zusätzlich wurde definiert, dass die erste Erhebung der Lebendmasse vor dem 100. Laktationstag erfolgt haben musste. Nach Ableitung der Koeffizienten a, b und c wurden diejenigen Werte im Datensatz belassen, bei denen der Parameter a zwischen 400 und 1200 betrug. Mit Hilfe der Parameter der Wood-Funktion wurde die Lebendmasse über 305 Tage ermittelt und diese gemittelt. Errechnete Werte für die Lebendmasse $400 < LM < 1200$ wurden für die Berechnung des Mittelwertes herangezogen. Dieser Mittelwert wurde in den weiteren Berechnungen verwendet. Diese Grenzen wurden in Anlehnung an die Rohdatensätze

gewählt, diese sind in Tabelle 7 ersichtlich. Für 3877 Tiere in verschiedenen Laktationen konnten die Parameter der Wood-Funktion abgeleitet werden, welche die genannten Bedingungen erfüllten.

Tabelle 7: Beschreibung der Rohdaten aus den Testtagserhebungen (arithmetischer Mittelwert = Mittelwert, Standardabweichung = s, Minimum = Min, Maximum = Max).

Merkmal	N	Mittelwert	s	Min	Max
Milchmenge (kg)	60692	27,13	9,14	2,00	76,80
Milchfettgehalt (%)	60513	4,25	0,75	1,53	8,99
Milcheiweißgehalt (%)	60513	3,54	0,40	1,90	6,78
Lebendmasse (kg)	52385	711,81	95,21	352	1108

3.7 Verlaufskurven für die Körperkondition

Eine ähnliche Vorgehensweise wurde bei der Ermittlung des Verlaufs der Körperkondition gewählt. Auch hier wurden die einzelnen BCS-Erhebungen genützt, um einen BCS-Verlauf zu modellieren und die Parameter der Wood-Funktion zu berechnen. Grundsätzlich wurden nur Daten von Tieren berücksichtigt, welche mindestens 3 BCS-Erhebungen im Datensatz hatten. Zusätzlich wurde definiert, dass die erste Aufzeichnung des BCS vor dem 100. Laktationstag erfolgt sein musste. Die Schätzwerte für die Parameter wurden dann belassen, wenn $1 \leq a \leq 5$ war. Daraus wurde dann der Verlauf des Body Condition Score über 305 Tage ermittelt. Insgesamt erfüllten 2773 Beobachtungen diese Voraussetzungen.

Sowohl bei der Lebendmasse als auch bei der Körperkondition ist die Veränderung dieses Merkmals zu Laktationsbeginn von Interesse. Zur Berechnung der Veränderung der Lebendmasse zu Laktationsbeginn (ΔLM) wurde zuerst die Lebendmasse der ersten 10 Laktationstage gemittelt (LM_{null}). Die dazu notwendigen Werte wurden den Verläufen der Lebendmasse, berechnet mit Hilfe der Wood-Funktion, entnommen. Die Differenz dieses Wertes und der kleinsten Lebendmasse im Verlauf (LM_{min}) ergibt die Veränderung der Lebendmasse. Werte für ΔLM <200 kg wurden bei den weiteren Berechnungen berücksichtigt.

Analog dazu wurde die Veränderung der Körperkondition (ΔBCS) ermittelt.

3.8 Datensatz für weitere Berechnungen und Gruppeneinteilung

Durch Verknüpfung der Datensätze zu den ECM-Leistungen und Zwischenkalbezeit mit jenen von metabolischer Lebendmasse, Kosten und Erlösen sowie entgangenen ECM ergibt sich der Datensatz zur Berechnung der Effizienzparameter und Effizienzgruppen. Die Anzahl an Beobachtungen in diesem Datensatz, welcher für die weiterführenden Berechnungen herangezogen wurde, ist in Tabelle 8 dargestellt. Die Analysen hinsichtlich der eingangs formulierten Fragestellungen basieren auf diesem

Datensatz, die statistischen Auswertungen werden davon ausgehend für jede Rasse getrennt durchgeführt.

Tabelle 8: Beschreibung der Daten im Datensatz zur Effizienzberechnung (arithmetischer Mittelwert = Mittelwert, Standardabweichung = s, Minimum = Min, Maximum = Max).

Merkmal	N	Mittelwert	s	Min	Max
ECM (kg)	2924	8720,24	2722,15	172,20	22066,94
ECM_{erw} (kg)	2924	9069,84	2742,84	-236,21	22240,07
LM (kg)*	2322	701,94	81,99	453,79	1004,90
$LM^{0,75}$ (kg)*	2322	136,20	11,95	98,32	178,48
ZKZ (Tage)	2924	398,65	65,26	278	844
BSI**	2697	2,00	1,43	1	18
entgangene ECM (kg)	2924	35,74	107,32	0	843,84
Kosten (kg ECM)	2924	104,71	242,75	0	1556,58
Erlöse (kg ECM)	2924	490,05	231,53	0	1879,74

*geringere Beobachtungsanzahl ergibt sich durch fehlende Werte bei Verknüpfung der ECM-Leistungen mit den Daten zur Lebendmasse, **geringere Beobachtungszahl ergibt sich durch fehlende Werte, z.B. bei Abgängen vor einer Besamung

In jedem rassespezifischen Datensatz wurden in weiterer Folge die Effizienzgruppen eingeteilt. Mit Hilfe der Prozedur UNIVARIATE wurden die 15 % und 85 % Quantile der Effizienzparameter $\frac{ECM}{LM^{0,75}\ Tag}$ und $\frac{ECM_{erw}}{LM^{0,75}\ Tag}$ ermittelt. Jene Tiere, welche einen Wert im 85 % Quantil aufwiesen, wurden der Effizienzgruppe „H“, jene Tiere mit einem Effizienzparameter im 15 % Quantil wurden der Effizienzgruppe „N“ zugeordnet. Tiere zwischen diesen Quantilen werden in den weiteren Berechnungen mit „M“ bezeichnet. Diese Vorgehensweise wurde sowohl bei EFF1 und EFF2 gewählt.
In jedem Datensatz erfolgte auch die Bildung von Laktationsgruppen. Kühe in der ersten und zweiten Laktation wurden den Laktationsgruppen „1“ und „2“ zugeordnet, Kühe in der 3. und 4. Laktation der Gruppe „3/4“ und Tiere in der 5. und höheren Laktationen der Gruppe „>4“.

3.9 Statistisches Modell

Für die statistischen Auswertungen wurde ein lineares Modell verwendet. Die jeweiligen Variablen bzw. die Residuen dieser wurden auf Normalverteilung geprüft. Dies geschah entweder durch Zuhilfenahme der Teststatistiken der Prozedur UNIVARIATE oder durch graphische Bewertung der Plots. Die Auswertungen erfolgten mit Hilfe der Prozedur GLM. Das Modell wurde folgendermaßen formuliert:

$$Y_{ijkl} = \mu + Effizienzgruppe_i + Betrieb_j + Laktationsgruppe_k + Effizienzgruppe_i*Betrieb_j + Effizienzgruppe_i*Laktationsgruppe_k + Betrieb_j*Laktationsgruppe_k + \varepsilon_{ijkl}$$

wobei

Y_{ijkl} dem Beobachtungswert,
μ der gemeinsamen Konstante,
$Effizienzgruppe_j$ dem fixen Effekt der Effizienzgruppe i (i = H, M, N),
$Betrieb_j$ dem fixen Effekt des Betriebes j ((j = 1-109 (FV), j = 1-55 (BS), j = 1-65 (HF)),
$Laktationsgruppe_k$ dem fixen Effekt der Laktationsgruppe k (k = 1, 2, 3/4, >4),
$Effizienzgruppe_i*Betrieb_j$ der Wechselwirkung zwischen Effizienzgruppe i und Betrieb j,
$Effizienzgruppe_i*Laktationsgruppe_k$ der Wechselwirkung zwischen Effizienzgruppe i und Laktationsgruppe k,
$Betrieb_j*Laktationsgruppe_k$ der Wechselwirkung zwischen Betrieb j und Laktationsgruppe k,
ε_{ijkl} dem zufälligen Rest entspricht.

Dieses Modell wurde sowohl für den Effizienzparameter EFF1 als auch für EFF2 angewendet. Für die Auswertungen bei der Veränderung der Lebendmasse zu Laktationsbeginn (ΔLM) bzw. der Körperkondition (ΔBCS) wurde jeweils auch auf die Lebendmasse zu Beginn der Laktation (LM_{null}) bzw. den BCS zu Laktationsbeginn (BCS_{null}) korrigiert. Paarweise Vergleiche wurden mit dem Tukey Test ausgeführt.
Bei Fleckvieh wurde eine signifikante Wechselwirkung von Effizienzgruppe und Laktationsgruppe hinsichtlich der Merkmale Zwischenkalbezeit und Besamungsindex (EFF1) errechnet. Bei Fleckvieh und EFF2 war diese Wechselwirkung beim Merkmal Zwischenkalbezeit ebenso statistisch signifikant. Die paarweisen Vergleiche wurden hier mit Hilfe des PDMIX800-Makros (Bowley 2013) durchgeführt.
Für das Merkmal Zwischenkalbezeit wurden bei Fleckvieh, Braunvieh und Holstein nur Werte zwischen 320 und 500 Tagen bei der Auswertung berücksichtigt. Beim Besamungsindex fließen Beobachtungen bis zwölf Besamungen in die Untersuchungen ein. Unterschiede im Auftreten von Krankheiten bei den verschiedenen Effizienzgruppen wurden mit dem Chi-Quadrat Test unter Verwendung der Prozedur FREQ getestet. Für paarweise Vergleiche wurde hier, so notwendig, eine Bonferroni-Holm Korrektur durchgeführt.

Das Signifikanzniveau für die Irrtumswahrscheinlichkeit bei allen Auswertungen wurde mit α = 5 % festgesetzt. Das Modell wurde mit allen Wechselwirkungen zwischen den fixen Effekten getestet, die Haupteffekte Effizienzgruppe, Betrieb und Laktationsgruppe bleiben immer im Modell. Die LS-Means werden dargestellt, sobald sie durch das Modell berechenbar sind.

Hinweise hinsichtlich Interpretation von Ergebnissen

Die Auswertungen der Datensätze bei den verschiedenen Rassen zeigten teils signifikante Wechselwirkungen zwischen der Effizienzgruppe und dem Betrieb. Dies hatte jedoch zur Folge, dass bei Belassen dieses Wechselwirkungseffekts im Modell die LS-Means der Haupteffekte Effizienzgruppe und Laktationsgruppe durch das Programm nicht schätzbar waren. Beispielhaft sei hier die Auswertung im Fleckviehdatensatz hinsichtlich der Unterschiede in der ECM-Laktationsleistung bei Effizienzparameter EFF1 herausgenommen. Die Effizienzgruppe hat drei Faktorstufen (H, M, N), die Anzahl der Betriebe war 109. Es ergaben sich 121 Wechselwirkungskombinationen, eine sinnvolle Darstellung dieser Anzahl bei einem Merkmal erscheint nicht möglich. Bei der Analyse der Besetzungen der Effizienzgruppen in den Betrieben zeigte sich, dass auf 16 Betrieben nur eine Effizienzklasse beobachtet wurde. Die Struktur der Klassenbesetzung, vor allem in den Effizienzklassen H und N auf den Betrieben, dürfte somit nicht optimal sein.
Um in Hinblick auf die Forschungsfragen zu Ergebnissen zu kommen und Aussagen treffen zu können, wurde daher eine signifikante Wechselwirkung von Effizienzgruppe und Betrieb aus dem Modell genommen, wenn die Haupteffekte nicht mehr schätzbar waren. Es sei daher darauf hingewiesen, dass diese dargestellten LS-Means nur bedingt für allgemeine Schlussfolgerungen heranzuziehen sind.

4 Ergebnisse

4.1 Datensatz mit allen Beobachtungen

In Tabelle 9 sind die Rangkorrelationen für verschiedene Parameter und Tiere aller Rassen ersichtlich. Generell sind diese in einem mittleren bis hohen Bereich. Die Laktationsleistung in ECM ist mit der Laktationsleistung in ECM, erweitert um Kosten für Krankheiten, entgangene Milch und Erlöse für geborene Kälber mit r = 0,98 korreliert. Die Korrelation von Laktationsleistung mit den beiden Effizienzparametern ECM/$LM^{0,75}$/Tag und ECM_{erw}/$LM^{0,75}$/Tag ist mit r = 0,77 bzw. r = 0,74 relativ hoch. Auffallend ist auch die hohe Korrelation zwischen den beiden Effizienzparametern von r = 0,98.

Die Korrelation von ECM mit der metabolischen Lebendmasse beträgt r = 0,19 (p<0,001), mit der ZKZ r = 0,25 (p<0,001). Lebendmasse und Zwischenkalbezeit sind mit r = -0,09 (p<0,001) miteinander korreliert.

Tabelle 9: Rangkorrelationen nach Spearman verschiedener Produktionsmerkmale. Dargestellt sind die Korrelationskoeffizienten. Der p-Wert ist bei allen Koeffizienten <0,001.

	ECM_{erw}	ECM/Tag	ECM/$LM^{0,75}$	ECM/$LM^{0,75}$/ Tag	ECM_{erw}/ $LM^{0,75}$	ECM_{erw}/ $LM^{0,75}$/Tag
ECM	0,98	0,84	0,94	0,77	0,93	0,74
ECM_{erw}		0,84	0,91	0,76	0,93	0,76
ECM/Tag			0,73	0,93	0,73	0,92
ECM/$LM^{0,75}$				0,81	0,98	0,77
ECM/$LM^{0,75}$/ Tag					0,80	0,98
ECM_{erw}/ $LM^{0,75}$						0,80

In Abbildung 4 sind die Anteile der Kosten und Erlöse, welche der Gesamtlaktationsleistung in ECM zugeordnet werden, dargestellt. Es zeigt sich, dass bei einem Großteil der Tiere der Anteil der Kosten als auch der Erlöse nur einen geringen prozentualen Anteil an der ECM-Laktationsleistung darstellt. Im Mittel betrug der Anteil der Erlöse an der ECM-Laktationsleistung 6,82 %, der Anteil der Kosten war im Mittel 2,11 %.

Allerdings sind sowohl beim Anteil Kosten als auch beim Anteil Erlöse einige Ausreißer sichtbar, welche über 300 % Zu- bzw. Abschläge der ECM Leistung aufweisen. Beim Anteil Kosten kann man dies dadurch erklären, dass es sich bei diesen Tieren wahrscheinlich um frühzeitig abgegangene Tiere handelt, die auch eine oder mehrere Diagnosen aufweisen. Beim Anteil der Erlöse an der ECM-Leistung handelt es sich wahrscheinlich um Tiere mit einer eher geringen Laktationsleistung, welche aber auf Grund einer Zwillings- oder Drillingsgeburt hohe Zuschläge zur Laktationsleistung

erhalten. So handelte es sich beispielsweise bei dem Ausreißer mit einem Anteil der Erlöse an der ECM-Laktationsleistung von über 360 % beim Boxplot „Anteil Erlöse“ um ein Tier in der ersten Laktation, welches nur eine ECM-Leistung von ca. 172 kg ermolken hatte. Da die Kuh aber ein Kalb zur Welt gebracht hatte, wurden die entsprechenden Zuschläge addiert.

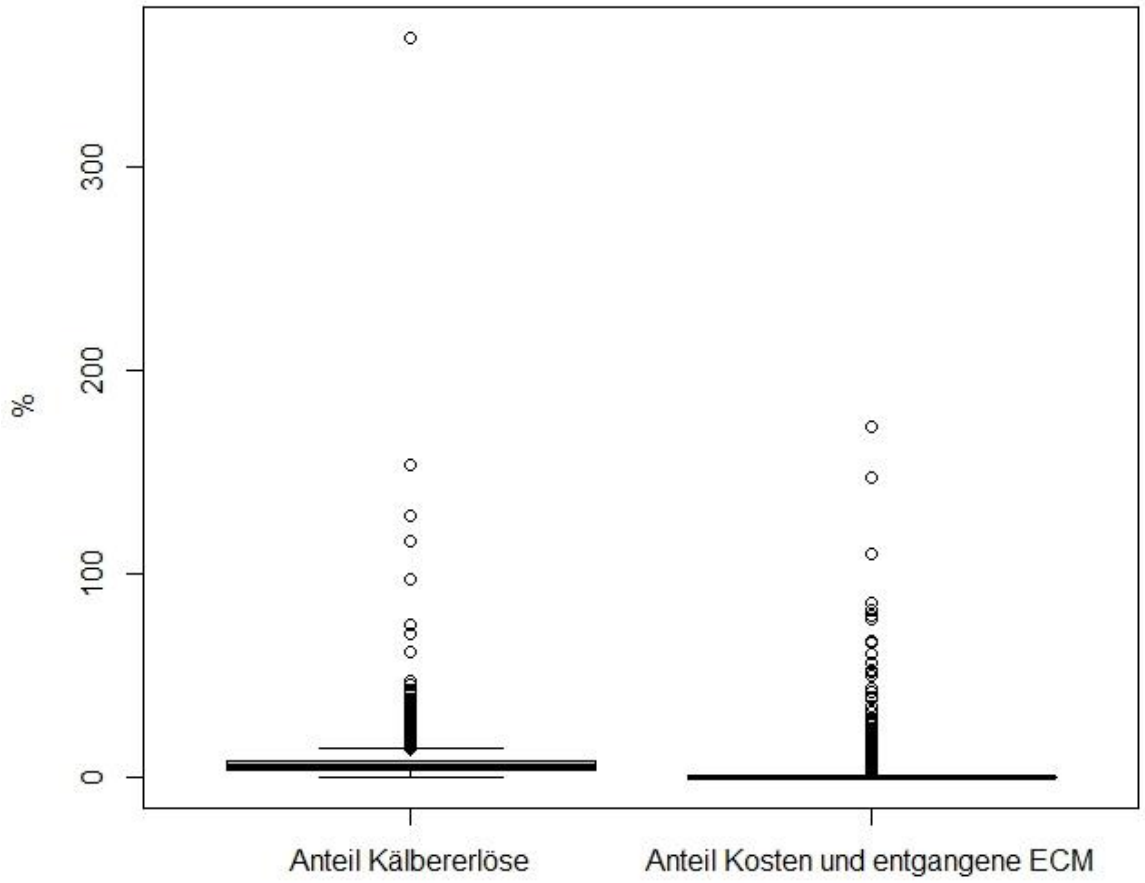

Abbildung 4: Anteil von Zuschlägen (Kosten durch Krankheiten und entgangene ECM durch Krankheiten) und Abschlägen (Kälbererlöse) an der Laktationsleistung in kg ECM.

4.2 Datensatz für Fleckvieh

4.2.1 Effizienzparameter EFF1

Der Datensatz für Fleckvieh enthält 1306 Beobachtungen bei denen sowohl Werte für EFF1 als auch für EFF2 vorhanden sind. In Effizienzgruppe H befanden sich 191 Beobachtungen, in Gruppe M 925 und in Gruppe N 190 Beobachtungen bei EFF1. Der Mittelwert der ECM Leistung pro kg metabolische Lebendmasse und pro Tag ist bei Effizienzgruppe H 0,221 kg ECM/kg $LM^{0,75}$/Tag, bei Effizienzgruppe M 0,163 kg ECM/kg $LM^{0,75}$/Tag, in Effizienzgruppe N 0,101 kg ECM/kg $LM^{0,75}$/Tag. In Abbildung 5 sind die Effizienzgruppen hinsichtlich der ECM Leistung pro kg metabolische Lebendmasse und pro Tag dargestellt.

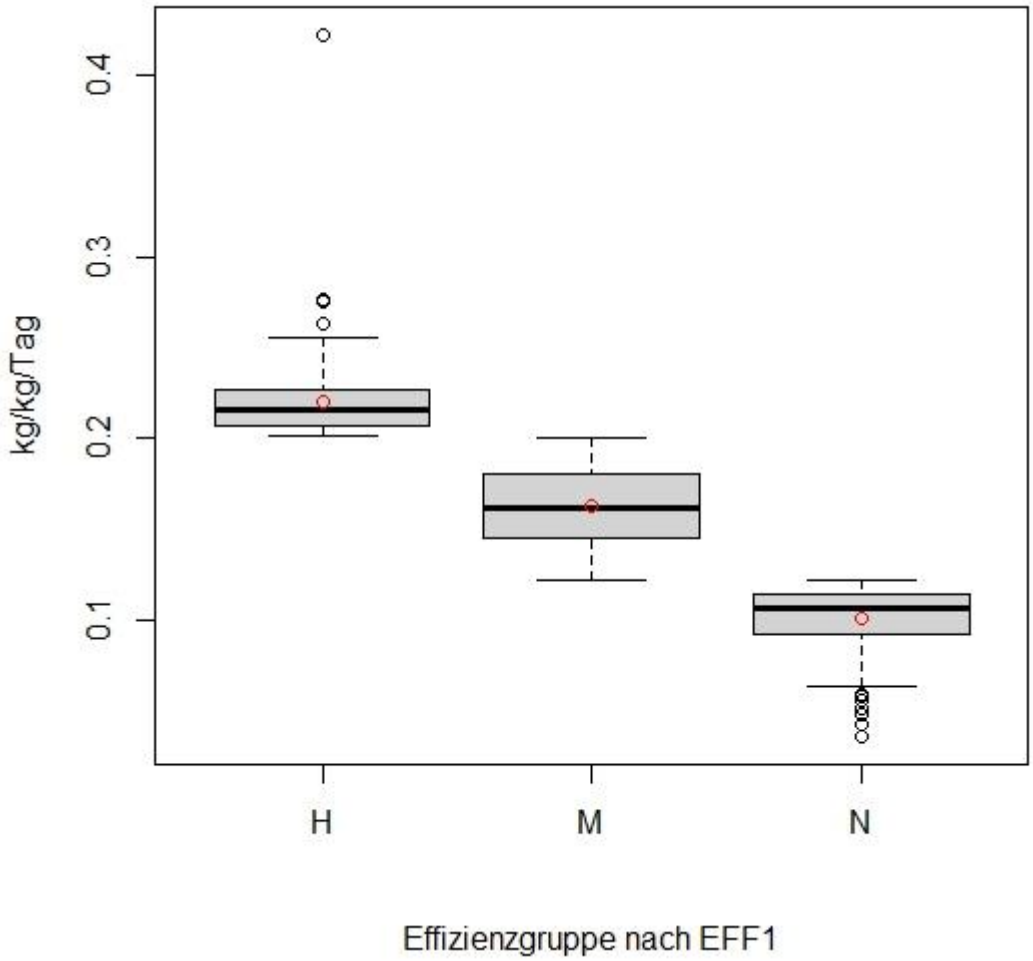

Abbildung 5: Verteilung des Merkmals kg energiekorrigierte Milch (ECM) pro kg metabolische Lebendmasse pro Tag bei Fleckvieh, Effizienzgruppen eingeteilt nach EFF1. Der rote Kreis stellt den Mittelwert dar.

Die Least Squares Means (LS-Means) der Effizienzgruppen und ihre Unterschiede in mehreren Parametern sind in Tabelle 10 dargestellt. Verschiedene Hochbuchstaben bedeuten hier statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Effizienzgruppen (Tukey-Test). Bei den Untersuchungen mit dem Effizienzparameter EFF1 zeigte sich bei den Modellen hinsichtlich ECM, ΔLM, ΔBCS eine signifikante Wechselwirkung von Effizienzgruppe und Betrieb, wodurch die LS-Means für die Haupteffekte durch das Programm nicht mehr schätzbar waren. Die Ergebnisse bei diesen Merkmalen sind also mit Vorsicht zu interpretieren, wie schon im Kapitel Material und Methoden angemerkt wurde.

Beim Merkmal Zwischenkalbezeit gab es eine signifikante Wechselwirkung ($p = 0,008$) zwischen Effizienzgruppe und Laktationsgruppe. Ebenso wurde beim Test auf Unterschiede der Effizienzgruppen hinsichtlich des Besamungsindex eine statistisch signifikante Wechselwirkung ($p = 0,044$) von Effizienzgruppe und Laktationsgruppe errechnet. Auch hier eignen sich die LS-Means ohne Berücksichtigung der Wechselwirkung nur bedingt zum Treffen von Aussagen bezüglich der Unterschiede von effizienten und weniger effizienten Tieren. Die entsprechenden LS-Means sind Abbildung 6 zu entnehmen.

Tabelle 10: Unterschiede der LS-Means ± Standardfehler für die Effizienzgruppen (EFF1) hinsichtlich verschiedener Merkmale bei Fleckvieh, Signifikanzniveau (P) für das globale Modell, sowie Bestimmtheitsmaß (R^2) und Residualstandardabweichung (RMSE).

		Effizienzgruppen				
Merkmal	P	H	M	N	R^2	RMSE
ECM (kg)	***	10571^{a} ± 124	8600^{b} ± 63	6000^{c} ± 120	0,62	1408,95
LM (kg)	***	$702,94^{a}$ ± 4,83	$722,80^{b}$ ± 2,45	$738,42^{c}$ ± 4,70	0,51	54,95
$LM^{0,75}$ (kg)	***	$136,39^{a}$ ± 0,69	$139,26^{b}$ ± 0,35	$141,49^{c}$ ± 0,68	0,52	7,89
ZKZ (Tage)	***	$364,1^{a}$ ± 3,6	$377,9^{b}$ ± 1,7	$390,6^{c}$ ± 3,6	0,20	38,05
BSI	***	$1,41^{a}$ ± 0,10	$1,76^{b}$ ± 0,05	$2,43^{c}$ ± 0,11	0,21	1,09
$\Delta LM^{\#}$ (kg)	0,412	69,55 ± 3,55	64,72 ± 1,79	65,38 ± 3,47	0,43	39,43
$\Delta BCS^{\sim}$	*	$0,50^{ab}$ ± 0,04	$0,51^{a}$ ± 0,02	$0,61^{b}$ ± 0,04	0,35	0,48

*p<0,05, **p<0,01,***p<0,001, $^{\#}$Korrektur auf LM zu Beginn der Laktation, $^{\sim}$Korrektur auf BCS zu Beginn der Laktation. Unterschiedliche Hochbuchstaben innerhalb einer Zeile bedeuten statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Effizienzgruppen (p<0,05, Tukey-Test).

Bei ΔBCS ergab sich, dass Tiere der Gruppe H statistisch nicht von Tieren der Gruppen M (p = 0,989) oder N (p = 0,103) verschieden sind. Tiere der Gruppe M unterscheiden sich aber statistisch signifikant von Tieren der Gruppe N (p = 0,027). Hier ist eine statistisch signifikante Wechselwirkung von Effizienzgruppe und Betrieb zu berücksichtigen.

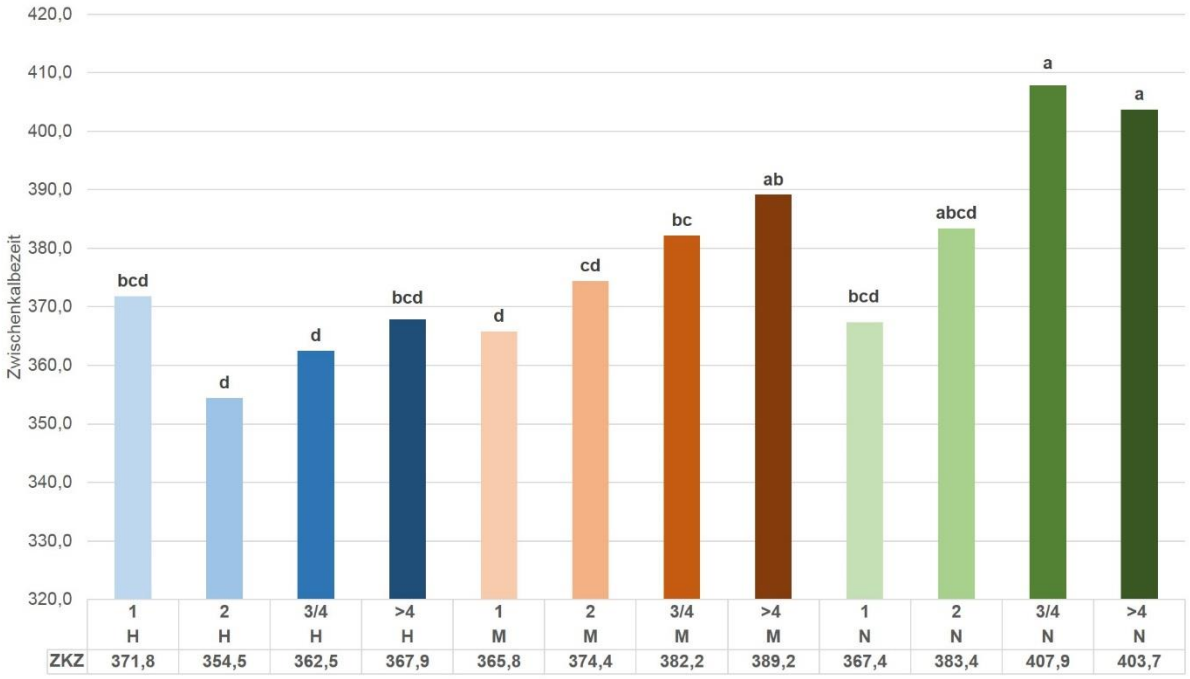

Abbildung 6: LS-Means für die Zwischenkalbezeit in Tagen bei Fleckvieh unter Berücksichtigung der Wechselwirkung zwischen Effizienzgruppe und Laktationsgruppe bei Effizienzparameter EFF1. Verschiedene Hochbuchstaben bedeuten statistisch signifikante Unterschiede ($p<0,05$, Tukey-Test).

Wie aus Abbildung 6 ersichtlich wird, weisen effizientere Tiere grundsätzlich die kürzeste Zwischenkalbezeit auf, in Laktationsgruppe 1 ist es allerdings die Gruppe M. Die Unterschiede hier sind aber rein numerisch und statistisch nicht signifikant. Mit höherer Laktationszahl steigt fast immer auch die Zwischenkalbezeit an, diese ist allerdings bei Gruppe N in Laktationsgruppe >4 kürzer als in Laktationsgruppe 3/4.

Aus Abbildung 7 wird ersichtlich, dass eine höhere Laktationsgruppe meist zu einen höheren Besamungsindex führt. Effizientere Tiere weisen mehr oder weniger den geringsten Besamungsindex auf. Die statistisch signifikanten Unterschiede in den paarweisen Vergleichen sind durch die verschiedenen Hochbuchstaben dargestellt.

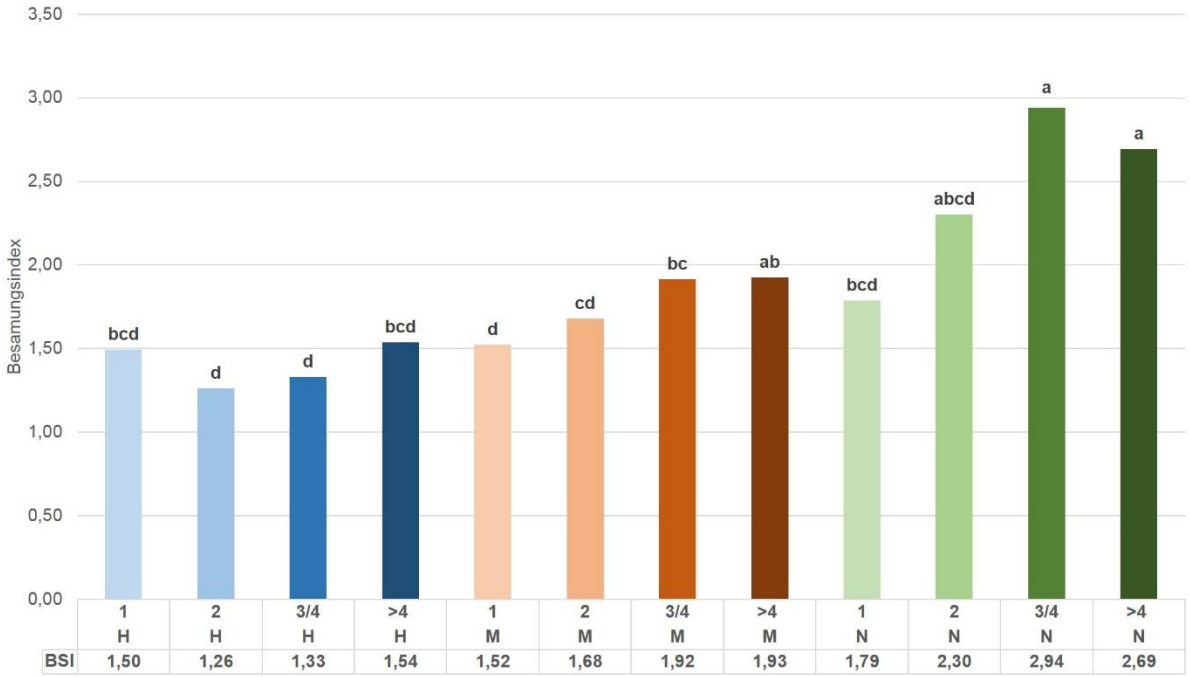

Abbildung 7: LS-Means für den Besamungsindex bei Fleckvieh unter Berücksichtigung der Wechselwirkung zwischen Effizienzgruppe und Laktationsgruppe bei Effizienzparameter EFF1. Verschiedene Hochbuchstaben bedeuten statistisch signifikante Unterschiede ($p<0,05$, Tukey-Test).

Ausgehend von der eingangs formulierten Fragestellung waren auch die Unterschiede im Auftreten von Krankheiten bei unterschiedlich effizienten Tieren von Interesse. In Tabelle 11 sind die Krankheitsfrequenzen, in Tabelle 12 die Ergebnisse des Chi-Quadrat Tests dargestellt. Akute Mastitis und Gebärparese weisen dabei die höchsten Anteile auf. Der Umfang an Information betrug 1349 Beobachtungen.

Tabelle 11: Krankheitsfrequenzen im Datensatz für Fleckvieh.

Krankheit	N	Krankheitsfrequenz (%)
Gebärparese	81	6,01
Ketose	14	1,04
akute Mastitis	117	8,68
chronische Mastitis	42	3,11
keine Diagnose	1048	77,74

Tabelle 12: Unterschiede zwischen dem Anteil kranker Tiere (in %) hinsichtlich der verschiedenen Effizienzgruppen bei Effizienzparameter EFF1 bei Fleckvieh.

Krankheit	H	M	N	p-Wert (chi-square)
		n = 1349		
Gebärparese	6,67	5,67	6,97	0,714
Ketose*	0,51	1,05	1,49	0,628
akute Mastitis	8,21	8,60	9,45	0,898
chronische Mastitis	2,05	2,94	4,98	0,209

*SAS: Chi-Square ist möglicherweise kein valider Test

Beim Test von Effizienzparameter EFF1 ergaben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede hinsichtlich des Auftretens von verschiedenen Krankheiten bei effizienteren oder weniger effizienten Tieren (Tabelle 12). Bei Ketose gab es von Seiten des Programms die Fehlermeldung, dass der Chi-Quadrat kein valider Test sein könnte. Ein Drittel der Zellen hatte dabei einen Erwartungswert kleiner fünf. Dabei ist zu beachten, dass Ketose eine geringe Frequenz im Datensatz besitzt.

4.2.2 Effizienzparameter EFF2

Bei Effizienzparameter EFF2 bei Fleckvieh wurden 191 Tiere der Effizienzgruppe H, 925 Tiere der Effizienzgruppe M und 190 Tiere der Gruppe N zugeordnet. Die Zuteilung erfolgt bei EFF2 nach dem Parameter kg ECM_{erw}/kg $LM^{0,75}$/Tag. Der Mittelwert für diesen Parameter beträgt bei Effizienzgruppe H 0,231 kg ECM/kg $LM^{0,75}$/Tag, bei Gruppe M 0,172 kg ECM/kg $LM^{0,75}$/Tag und bei Gruppe N 0,109 kg ECM/kg $LM^{0,75}$/Tag. Zur Veranschaulichung sind die verschiedenen Effizienzgruppen hinsichtlich dieses Parameters in Abbildung 8 dargestellt.

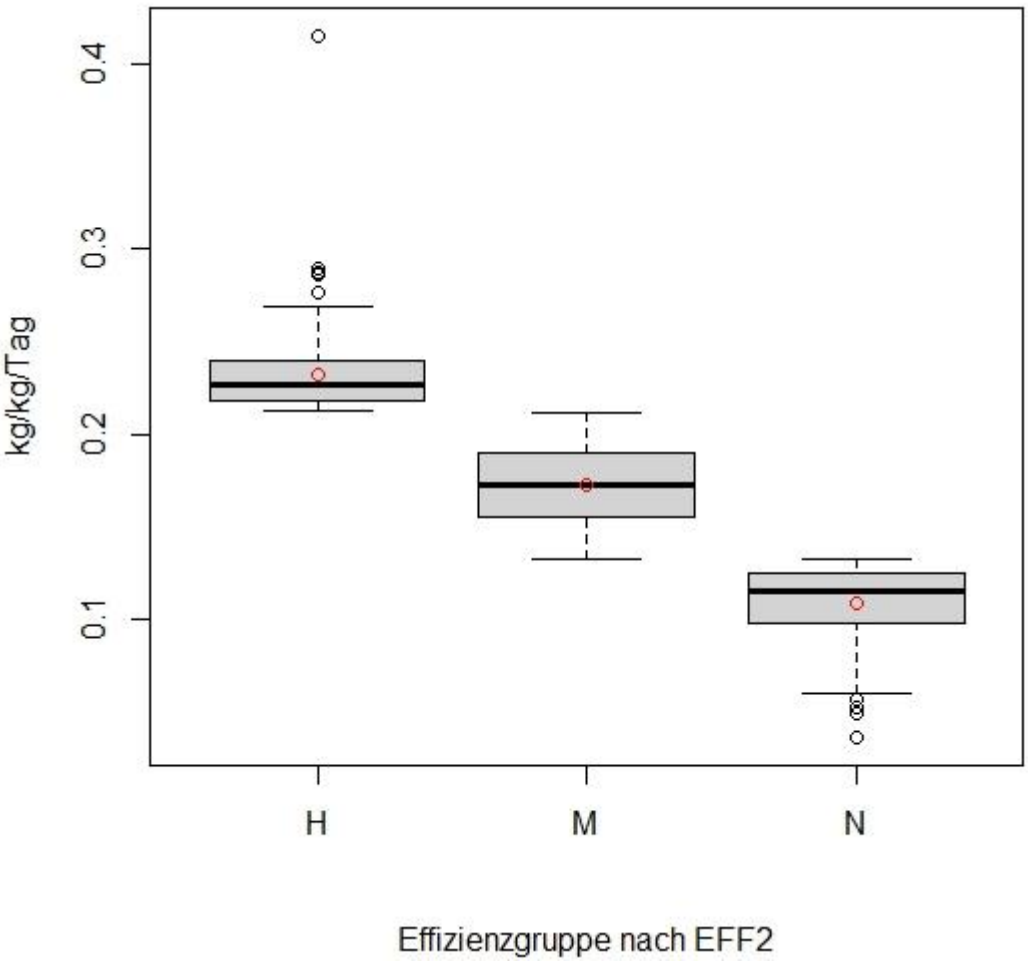

Abbildung 8: Verteilung des Merkmals kg energiekorrigierte Milch (ECM) pro kg metabolische Lebendmasse pro Tag bei Fleckvieh, Effizienzgruppen eingeteilt nach EFF2. Der rote Kreis stellt den Mittelwert dar.

Die LS-Means der Effizienzgruppen sind in Tabelle 13 dargestellt. Verschiedene Hochbuchstaben bedeuten hier statistisch signifikante Unterschiede (Tukey-Test). Bei den Untersuchungen mit dem Effizienzparameter EFF2 zeigte sich bei den Modellen hinsichtlich ECM, LM, $LM^{0,75}$ und ΔBCS eine signifikante Wechselwirkung von Effizienzgruppe und Betrieb, wodurch die LS-Means für die Haupteffekte durch das Programm nicht mehr schätzbar waren. Es sind daher die in Abschnitt 3 angeführten Bemerkungen zu berücksichtigen.

Beim Merkmal Zwischenkalbezeit gab es eine signifikante Wechselwirkung (p = 0,010) zwischen Effizienzgruppe und Laktationsgruppe. Die dargestellten LS-Means für die Effizienzgruppen sind daher mit Vorsicht zu interpretieren. Die LS-Means der Zwischenkalbezeit unter Berücksichtigung der Wechselwirkung können Abbildung 9 entnommen werden.
Beim Parameter Besamungsindex zeigte sich bei EFF1 noch eine statistisch signifikante Wechselwirkung zwischen Effizienzgruppe und Laktationsgruppe. Bei EFF2 war diese Wechselwirkung nicht mehr signifikant. Tiere, welche mit Hilfe dieses Parameters als effizienter identifiziert wurden, weisen also einen signifikant

niedrigeren Besamungsindex als weniger effiziente Tiere auf. Zu beachten ist das eher geringe Bestimmtheitsmaß bei diesem Merkmal von R^2 = 0,22.

Tabelle 13: Unterschiede der LS-Means ± Standardfehler für die Effizienzgruppen (EFF2) hinsichtlich verschiedener Merkmale bei Fleckvieh, Signifikanzniveau (P) für das globale Modell, sowie Bestimmtheitsmaß (R^2) und Residualstandardabweichung (RMSE).

Merkmal	P	H	M	N	R^2	RMSE
ECM (kg)	***	10448^{a} ± 125	8621^{b} ± 63	6133^{c} ± 119	0,61	1428
LM (kg)	***	$705,48^{a}$ ± 4,81	$721,49^{b}$ ± 2,43	$740,98^{c}$ ± 4,56	0,51	54,91
$LM^{0,75}$ (kg)	***	$136,76^{a}$ ± 0,69	$139,07^{b}$ ± 0,35	$141,86^{c}$ ± 0,66	0,52	7,89
ZKZ (Tage)	***	$361,2^{a}$ ± 3,5	$377,7^{b}$ ± 1,7	$392,7^{c}$ ± 3,5	0,21	37,82
BSI	***	$1,28^{a}$ ± 0,10	$1,76^{b}$ ± 0,05	$2,53^{c}$ ± 0,10	0,22	1,08
$\Delta LM^{\#}$ (kg)	0,401	69,60 ± 3,53	65,16 ± 1,78	63,63 ± 3,38	0,43	39,43
$\Delta BCS^{\sim}$	*	$0,52^{ab}$ ± 0,04	$0,50^{a}$ ± 0,02	$0,60^{b}$ ± 0,04	0,35	0,35

*p<0,05, **p<0,01,***p<0,001, $^{\#}$Korrektur auf LM zu Beginn der Laktation, $^{\sim}$Korrektur auf BCS zu Beginn der Laktation. Unterschiedliche Hochbuchstaben innerhalb einer Zeile bedeuten statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Effizienzgruppen (p<0,05, Tukey-Test).

Wie schon zuvor zeigte sich, dass sich Tiere der Gruppe H statistisch nicht von Tieren der Gruppen M (p = 0,948) oder N (p = 0,215) hinsichtlich der Veränderung des BCS zu Laktationsbeginn unterscheiden. Tiere der Gruppe M hatten aber signifikant niedrigere ΔBCS-Werte als jene der Gruppe N (p = 0,030). Wie aber bereits erwähnt gab es eine signifikante Wechselwirkung zwischen Effizienzgruppe und Betrieb hinsichtlich der Veränderung der Körperkondition zu Laktationsbeginn. Da zur Darstellung der LS-Means diese Wechselwirkung wieder herausgenommen wurde, sind die dargestellten Werte aus Tabelle 13 nur bedingt aussagekräftig.

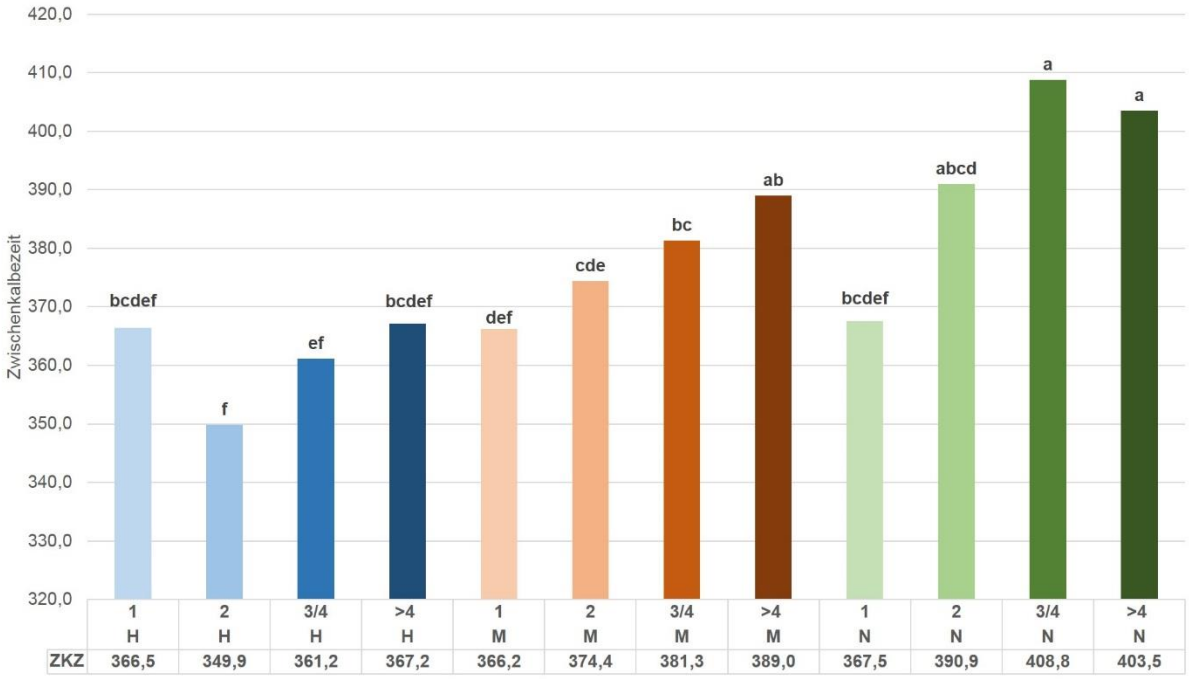

Abbildung 9: LS-Means für die Zwischenkalbezeit bei Fleckvieh unter Berücksichtigung der Wechselwirkung zwischen Effizienzgruppe und Laktationsgruppe bei Effizienzparameter EFF2. Verschiedene Hochbuchstaben bedeuten statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Effizienzgruppen (p<0,05, Tukey-Test).

Eine Wechselwirkung zwischen der Effizienzgruppe und der Laktationsgruppe hinsichtlich der Zwischenkalbezeit wurde auch bei Effizienzparameter EFF2 gefunden, es ergibt sich hier ein ähnliches Bild zur Wechselwirkung bei der Zwischenkalbezeit bei EFF1. Grundsätzlich weisen auch hier effiziente Tiere die geringste Zwischenkalbezeit auf, in Laktationsgruppe 1 ist es allerdings die Gruppe M. Die Unterschiede hier sind aber rein numerisch und statistisch nicht signifikant. Eine höhere Laktationsgruppe führt zu einer höheren Zwischenkalbezeit, allerdings zeigt sich bei Effizienzgruppe N eine numerisch geringere Zwischenkalbezeit bei Laktationsgruppe >4 als bei Laktationsgruppe 3/4, bei Effizienzgruppe H ist die Zwischenkalbezeit in Laktationsgruppe 2 am kürzesten.

Tabelle 14: Unterschiede zwischen dem Anteil kranker Tiere (in %) hinsichtlich der verschiedenen Effizienzgruppen bei Effizienzparameter EFF2 bei Fleckvieh.

Krankheit	H	M	N	p-Wert (chi-square)
		n = 1349		
Gebärparese	5,15	5,61	8,53	0,236
Ketose*	0,52	0,95	1,90	0,351
akute Mastitis	4,12[a]	8,37[b]	14,22[c]	0,001
chronische Mastitis*	0,52[a]	2,75[a]	7,11[b]	<0,001

*SAS: Chi-Square ist möglicherweise kein valider Test

Wie aus Tabelle 14 ersichtlich, ergaben sich beim Test von Effizienzparameter EFF1 statistisch signifikante Unterschiede hinsichtlich des Auftretens von verschiedenen Krankheiten bei effizienteren oder weniger effizienten Tieren. Bei Ketose gab es von Seiten des Programms die Fehlermeldung, dass der Chi-Quadrat kein valider Test sein könnte, da ein Drittel der Zellen einen Erwartungswert kleiner fünf aufweist. Das könnte darauf zurückzuführen sein, dass Ketose eine geringe Frequenz im Datensatz besitzt. Effizientere Tiere weisen signifikant weniger akute Mastitiden als weniger effiziente Tiere auf. Bei chronischer Mastitis hat die Effizienzgruppe H die geringste Frequenz, diese ist aber statistisch ($p = 0,06$) nicht signifikant von Effizienzgruppe M verschieden. Bei diesem paarweisen Vergleich gab SAS eine Fehlermeldung heraus, dass 25 % der Zellen einen Erwartungswert kleiner fünf aufweisen und deshalb der Chi-Quadrat Test möglicherweise kein gültiger Test ist. Die Effizienzgruppe N zeigt hier den höchsten Anteil an kranken Tieren. Es wurde daher paarweise Vergleiche mit Hilfe des Fisher's Exact Test (Bonferroni-Holm Korrektur) durchgeführt, welche die Ergebnisse des Chi-Quadrat Tests bestätigten.

4.3 Ergebnisse für Brown Swiss

4.3.1 Effizienzparameter EFF1

Der Datensatz für Brown Swiss enthält 511 Beobachtungen bei denen sowohl Werte für EFF1 als auch für EFF2 vorhanden sind. In Effizienzgruppe H befanden sich 80 Beobachtungen, in Gruppe M 355 und in Gruppe N 76 Beobachtungen bei EFF1. Der Mittelwert der ECM Leistung pro kg metabolische Lebendmasse und pro Tag ist bei Effizienzgruppe H 0,229 kg ECM/kg $LM^{0,75}$/Tag, bei Effizienzgruppe M 0,165 kg ECM/kg $LM^{0,75}$/Tag, in Effizienzgruppe N 0,102 kg ECM/kg $LM^{0,75}$/Tag. In Abbildung 10 sind die Effizienzgruppen hinsichtlich der ECM Leistung pro kg metabolische Lebendmasse und pro Tag dargestellt.

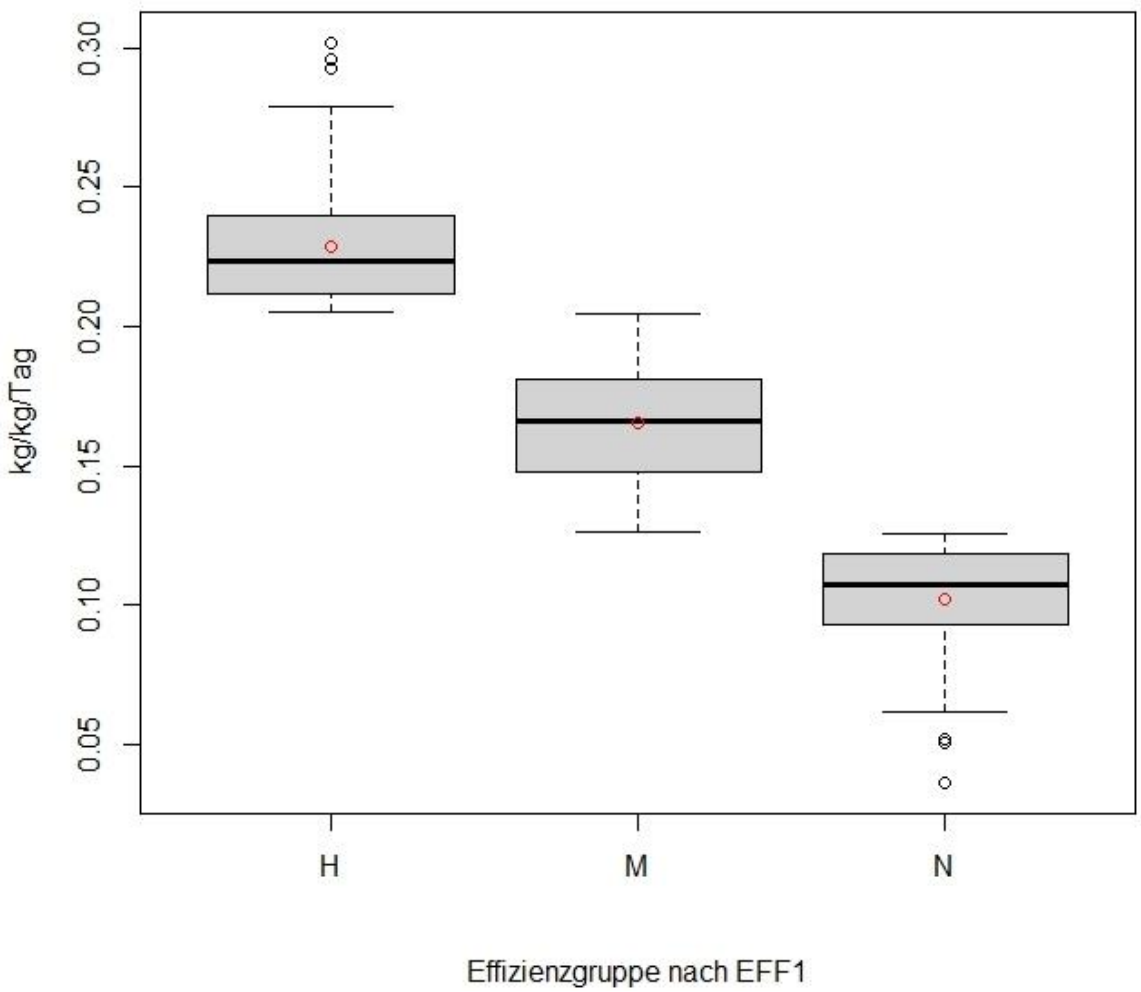

Abbildung 10: Verteilung des Merkmals kg energiekorrigierte Milch (ECM) pro kg metabolische Lebendmasse pro Tag bei Brown Swiss, Effizienzgruppen eingeteilt nach EFF1. Der rote Kreis stellt den Mittelwert dar.

Beim Besamungsindex wurden wie bei Fleckvieh nur Werte bis 12 für die Analysen berücksichtigt. Bei den Untersuchungen mit dem Effizienzparameter EFF1 zeigte sich, wie bereits zuvor beim Merkmal energiekorrigierte Milchleistung (ECM), eine signifikante Wechselwirkung von Effizienzgruppe und Betrieb, wodurch die LS-Means für die Haupteffekte durch das Programm nicht mehr schätzbar waren. Bei allen anderen Vergleichen war dieser Effekt nicht zu beobachten. Die LS-Means der Effizienzgruppen sind Tabelle 15 zu entnehmen.

Tabelle 15: Unterschiede der LS-Means ± Standardfehler für die Effizienzgruppen (EFF1) hinsichtlich verschiedener Merkmale bei Brown Swiss, Signifikanzniveau (P) für das globale Modell, sowie Bestimmtheitsmaß (R^2) und Residualstandardabweichung (RMSE).

Merkmal	P	H	M	N	R^2	RMSE
ECM (kg)	***	10928^{a} ± 252	8570^{b} ± 139	5870^{c} ± 237	0,59	1678
LM (kg)	0,902	644,66 ± 8,31	646,34 ± 4,57	642,97 ± 7,82	0,47	55,32
$LM^{0,75}$ (kg)	0,877	127,79 ± 1,23	128,05 ± 0,68	127,48 ± 1,16	0,47	8,18
ZKZ (Tage)	*	$372,8^{a}$ ± 6,5	$387,3^{ab}$ ± 3,6	$396,5^{b}$ ± 6,8	0,16	41,83
BSI	**	$1,60^{a}$ ± 0,19	$1,96^{a}$ ± 0,10	$2,48^{b}$ ± 0,20	0,29	1,26
$\Delta LM^{\#}$ (kg)	0,903	66,00 ± 6,00	66,43 ± 3,22	68,80 ± 5,48	0,49	38,06
$\Delta BCS^{\sim}$	0,231	0,50 ± 0,06	0,50 ± 0,03	0,59 ± 0,05	0,46	0,31

*p<0,05, **p<0,01,***p<0,001, $^{\#}$Korrektur auf LM zu Beginn der Laktation, $^{\sim}$Korrektur auf BCS zu Beginn der Laktation. Unterschiedliche Hochbuchstaben innerhalb einer Zeile bedeuten statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Effizienzgruppen (p<0,05, Tukey-Test).

Tiere der verschiedenen Effizienzgruppen weisen keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Lebendmasse auf, die LS-Means liegen zwischen 643 und 646 kg (p = 0,902. Dasselbe war bei der metabolischen Lebendmasse der Fall. Effizientere Tiere zeigen allerdings eine niedrigere Zwischenkalbezeit, diese ist rund 15 Tage kürzer als bei Tieren der Effizienzgruppe M (p = 0,061) und 24 Tage kürzer als bei Tieren der Effizienzgruppe NE (p = 0,018). Beim Besamungsindex zeigte sich ein ähnliches Bild, nicht effiziente Tiere hinsichtlich des Effizienzparameters EFF1 weisen den höchsten Besamungsindex auf. Keine statistisch signifikanten Unterschiede zeigten sich bei der Veränderung der Lebendmasse bzw. bei der Veränderung des Body Condition Score zu Laktationsbeginn. Die Unterschiede sind hier nur numerisch und nicht stark ausgeprägt. Die Unterschiede bei Brown Swiss hinsichtlich der Effizienz, wenn diese mit Parameter EFF1 bewertet wird, sind also hinsichtlich der ECM und der Zwischenkalbezeit zu suchen. Bezüglich der ECM Leistung sind zwar Wechselwirkungen von Effizienzgruppe und Betrieb statistisch signifikant, die LSMeans der Effizienzgruppen sind aber numerisch so verschieden, dass auch diesbezüglich ein Einfluss zu vermuten ist. Bei der Zwischenkalbezeit lässt sich eine eindeutigere Aussage treffen.

Tabelle 16: Krankheitsfrequenzen im Datensatz für Brown Swiss (n = 511).

Krankheit	N	Anteil (%)
Gebärparese	29	5,68
Ketose	15	2,94
akute Mastitis	58	11,35
chronische Mastitis	21	4,11
keine Diagnose	388	75,93

Tabelle 17: Unterschiede zwischen dem Anteil kranker Tiere (in %) hinsichtlich der verschiedenen Effizienzgruppen bei Effizienzparameter EFF1 bei Brown Swiss.

Krankheit	H	M	N	p-Wert (chi-square)
		n = 511		
Gebärparese*	2,47	6,67	2,47	0,142
Ketose*	2,47	2,40	4,94	0,445
akute Mastitis	6,17	12,27	8,64	0,219
chronische Mastitis*	0	4,80	3,70	0,129

*SAS: Chi-Square ist möglicherweise kein valider Test

Wie aus Tabelle 17 ersichtlich fanden sich keine Unterschiede hinsichtlich des Auftretens von Krankheiten bei den verschiedenen Effizienzgruppen. Bei den Tests von Gebärparese, Ketose und chronischer Mastitis gab das Programm wiederum die Warnmeldung, dass 33 % der Zellen einen Erwartungswert kleiner fünf aufweisen. Diese Ergebnisse bedürfen daher einer sorgfältigen Interpretation.

4.3.2 Effizienzparameter EFF2

Der Mittelwert von Effizienzgruppe H (n=79) beträgt 0,234 kg ECM/kg $LM^{0,75}$/Tag, bei Effizienzgruppe M (n = 357) ist dieser Wert 0,168 kg ECM/kg $LM^{0,75}$/Tag, bei Effizienzgruppe N (n = 75) liegt der Mittelwert bei 0,104 kg ECM/kg $LM^{0,75}$/Tag. Zur grafischen Veranschaulichung siehe Abbildung 11.

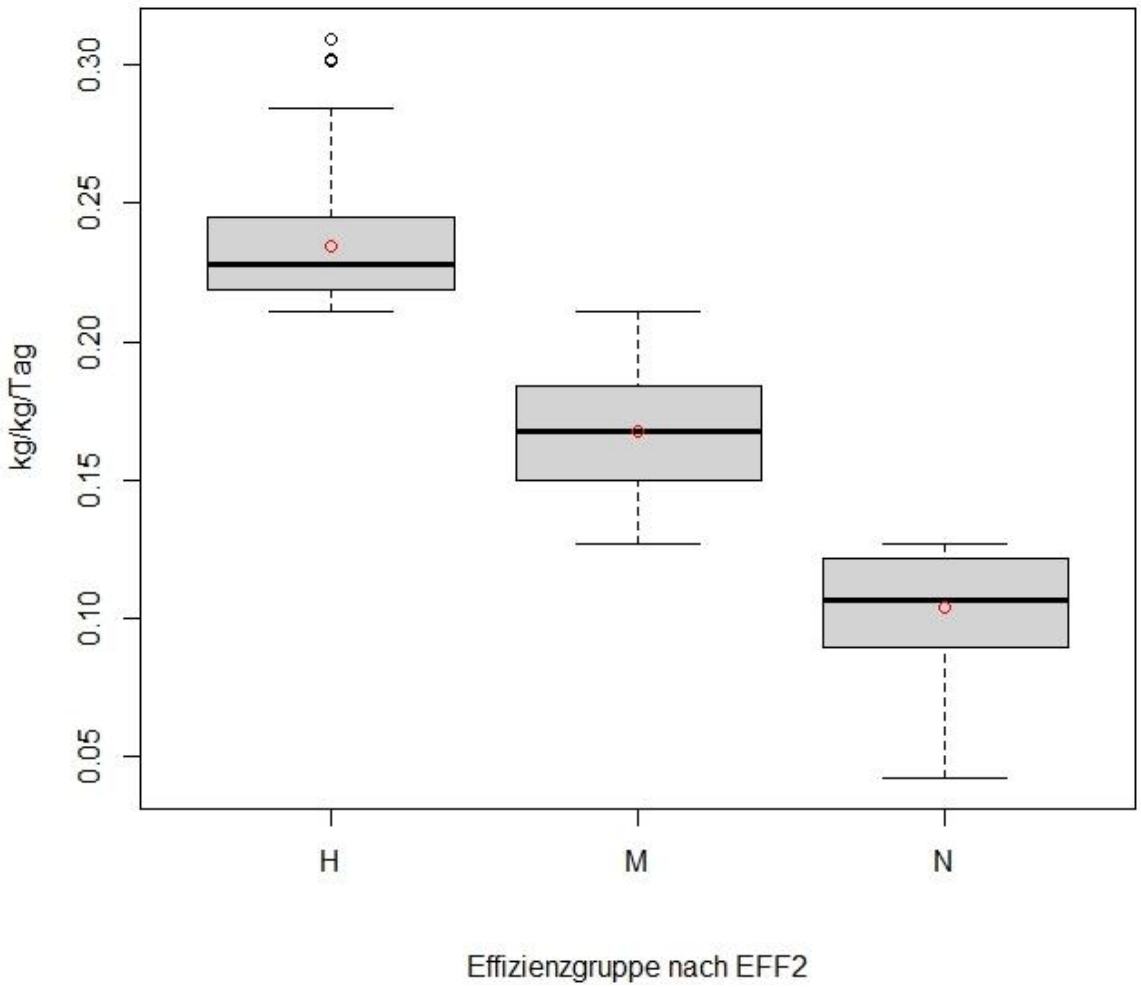

Abbildung 11: Verteilung des Merkmals kg energiekorrigierte Milch (ECM) pro kg metabolische Lebendmasse pro Tag bei Brown Swiss, Effizienzgruppen eingeteilt nach EFF2. Der rote Kreis stellt den Mittelwert dar.

Bei den Untersuchungen mit dem Effizienzparameter EFF2 zeigte sich beim Modell hinsichtlich LM und metabolische Lebendmasse eine signifikante Wechselwirkung von Effizienzgruppe und Betrieb, wodurch die LS-Means für die Haupteffekte durch das Programm nicht mehr schätzbar waren. Bei allen anderen Tests waren diese und alle anderen Wechselwirkungen nicht statistisch signifikant. Tiere, welche mit Hilfe des Parameters EFF2 als effizient identifiziert werden, weisen also eine signifikant höhere ECM-Leistung als weniger effiziente Tiere auf. Hinsichtlich der Lebendmasse und der metabolischen Lebendmasse zeigen die LS-Means weder numerische noch statistisch abgesicherte Unterschiede. Zu beachten ist hier aber, wie bereits in vorhergehenden Abschnitten angesprochen, die signifikante Wechselwirkung von Effizienzgruppe und Betrieb. Effizientere Tiere weisen eine statistisch signifikant kürzere Zwischenkalbezeit als weniger effiziente Tiere auf. Beim Besamungsindex zeigte sich ebenfalls, dass effizientere Tiere bezüglich des Merkmals niedrigere Werte aufweisen. Diese Unterschiede sind aber nur zur Gruppe N statistisch signifikant ($p = 0{,}003$). Betrachtet man die Merkmale Veränderung der Lebendmasse bzw. Körperkondition zu Laktationsbeginn, so zeigen sich keine Unterschiede zwischen den Effizienzgruppen.

Numerisch verlieren Tiere der Effizienzgruppe N sowohl am meisten an Lebendmasse als auch an Körperkondition. Die Ergebnisse sind in Tabelle 18 dargestellt.

Tabelle 18: Unterschiede der LS-Means ± Standardfehler für die Effizienzgruppen (EFF2) hinsichtlich verschiedener Merkmale bei Brown Swiss, Signifikanzniveau (P) für das globale Modell, sowie Bestimmtheitsmaß (R^2) und Residualstandardabweichung (RMSE).

Merkmal	P	H	M	N	R^2	RMSE
ECM (kg)	***	10895^{a} ± 261	8569^{b} ± 142	5944^{c} ± 246	0,58	1717
LM (kg)	0,903	642,45 ± 8,42	646,08 ± 4,56	645,47 ± 7,91	0,47	55,32
$LM^{0,75}$ (kg)	0,894	127,46 ± 1,24	128,01 ± 0,67	127,84 ± 1,17	0,47	8,18
ZKZ (Tage)	*	$370,2^{a}$ ± 6,6	$388,2^{b}$ ± 3,6	$393,3^{b}$ ± 6,8	0,17	41,77
BSI	**	$1,54^{a}$ ± 0,20	$1,97^{ab}$ ± 0,10	$2,40^{b}$ ± 0,20	0,29	1,26
$\Delta LM^{\#}$ (kg)	0,921	67,05 ± 6,02	66,35 ± 3,22	68,60 ± 5,62	0,49	38,06
$\Delta BCS^{\sim}$	0,345	0,55 ± 0,06	0,50 ± 0,03	0,57 ± 0,05	0,46	0,31

*p<0,05, **p<0,01,***p<0,001, $^{\#}$Korrektur auf LM zu Beginn der Laktation, $^{\sim}$Korrektur auf BCS zu Beginn der Laktation. Unterschiedliche Hochbuchstaben innerhalb einer Zeile bedeuten statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Effizienzgruppen (p<0,05, Tukey-Test).

Beim Test auf Unterschiede im Auftreten von Ketose ergaben sich beim globalen Test Unterschiede zwischen den Effizienzgruppen. Tiere der Effizienzgruppe M zeigten hier die geringste Frequenz an Ketose, diese war allerdings nicht statistisch signifikant von der Gruppe H verschieden. Aufgrund der Meldung des Softwareprogramms, dass der Chi-Quadrat-Test möglicherweise nicht valide ist, wurden beim Merkmal Ketose paarweise Vergleiche mit Hilfe des Fisher's Exact Test (Bonferroni-Holm Korrektur) durchgeführt, welche die Ergebnisse des Chi-Quadrat Tests bestätigten.
Die Effizienzgruppe H wies die numerisch geringste Frequenz bei Gebärparese, akuter und chronischer Mastitis auf (siehe Tabelle 19).

Tabelle 19: Unterschiede zwischen dem Anteil kranker Tiere (in %) hinsichtlich der verschiedenen Effizienzgruppen bei Effizienzparameter EFF2 bei Brown Swiss.

Krankheit	H	M	N	p-Wert (chi-square)
		n = 511		
Gebärparese*	1,25	6,17	5,95	0,204
Ketose*	2,50^{ab}	1,61^{a}	8,33^{b}	0,003
akute Mastitis	5,00	11,80	11,90	0,194
chronische Mastitis*	0	4,29	5,95	0,115

*SAS: Chi-Square ist möglicherweise kein valider Test

4.4 Datensatz für Holstein Friesian

4.4.1 Effizienzparameter EFF1

Der Datensatz für Holstein Friesian enthält 505 Beobachtungen bei denen sowohl Werte für EFF1 als auch für EFF2 vorhanden sind. In Effizienzgruppe H befanden sich 73 Beobachtungen, in Gruppe M 357 und in Gruppe N 75 Beobachtungen bei EFF1. In Abbildung 12 sind die Effizienzgruppen hinsichtlich des Parameters kg ECM pro kg metabolische Lebendmasse pro Tag dargestellt. Der Mittelwert von Effizienzgruppe H (n = 73) beträgt 0,273 kg ECM/kg LM^{0,75}/Tag, bei Effizienzgruppe M (n = 357) ist dieser Wert 0,194 kg ECM/kg LM^{0,75}/Tag, bei Effizienzgruppe N (n = 75) liegt der Mittelwert bei 0,118 kg ECM/kg LM^{0,75}/Tag.

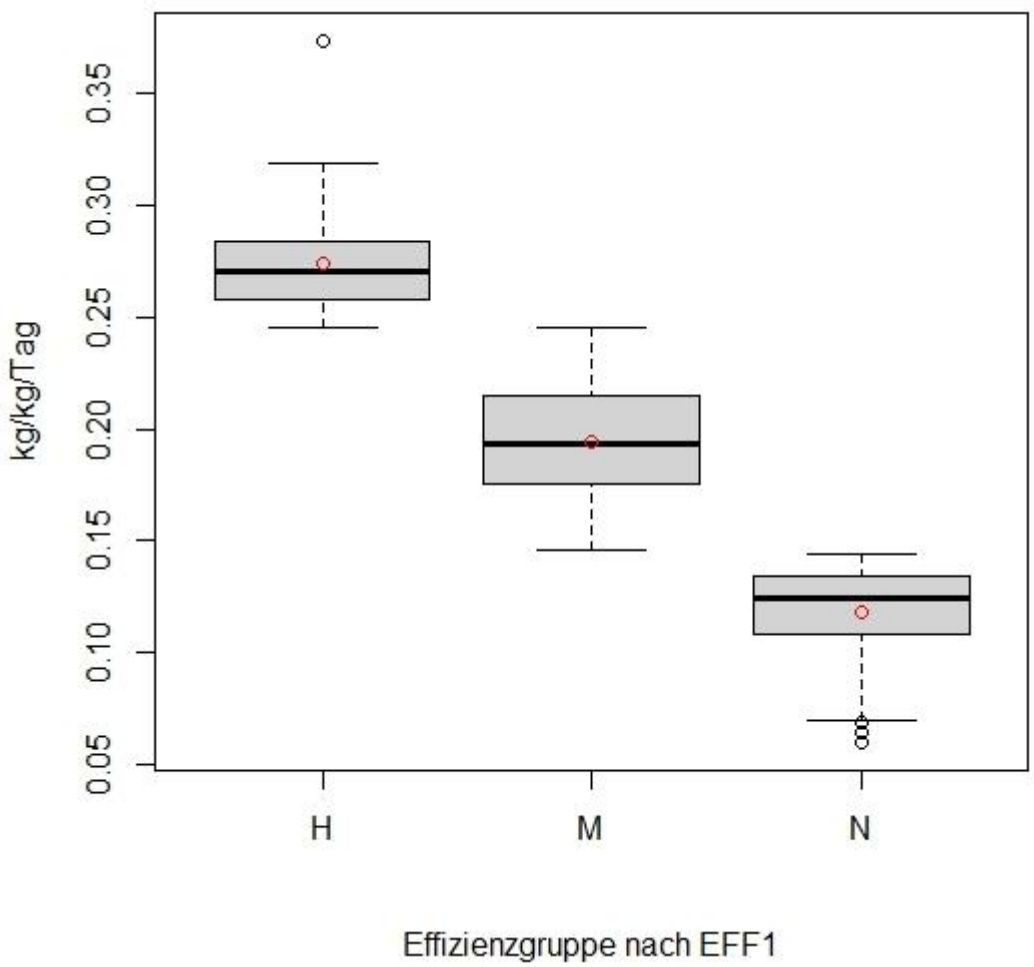

Abbildung 12: Verteilung des Merkmals kg energiekorrigierte Milch (ECM) pro kg metabolische Lebendmasse pro Tag bei Holstein Friesian, Effizienzgruppen eingeteilt nach EFF1. Der rote Kreis stellt den Mittelwert dar.

Bei der Untersuchung des Merkmals ΔLM zeigte sich eine statistisch signifikante Wechselwirkung von Effizienzgruppe und Betrieb, die LS-Means waren weder für den Betrieb noch für die Effizienzgruppe schätzbar. Daher wurde diese Wechselwirkung wieder aus dem Modell genommen. Die Ergebnisse hinsichtlich der Unterschiede der verschiedenen Effizienzgruppen je Merkmal sind in Tabelle 20 dargestellt.

Tabelle 20: Unterschiede der LS-Means ± Standardfehler für die Effizienzgruppen (EFF1) hinsichtlich verschiedener Merkmale bei Holstein Friesian, Signifikanzniveau (P) für das globale Modell, sowie Bestimmtheitsmaß (R^2) und Residualstandardabweichung (RMSE).

Merkmal	P	H	M	N	R^2	RMSE
ECM (kg)	***	12788^a ± 305	10107^b ± 160	7225^c ± 273	0,58	1918,69
LM (kg)	**	$663,74^a$ ± 8,43	$674,24^a$ ± 4,43	$694,76^b$ ± 7,53	0,52	52,88
$LM^{0,75}$ (kg)	**	$130,60^a$ ± 1,24	$132,13^a$ ± 0,65	$135,15^b$ ± 1,11	0,52	7,81
ZKZ (Tage)	**	$372,8^a$ ± 7,2	$391,0^b$ ± 3,7	$402,3^b$ ± 6,7	0,23	42,21
BSI	***	$1,38^a$ ± 0,20	$1,93^b$ ± 0,11	$2,65^c$ ± 0,20	0,27	1,26
$\Delta LM^{\#}$ (kg)	0,178	39,02 ± 6,23	50,08 ± 3,30	50,29 ± 5,63	0,50	38,19
$\Delta BCS^{\sim}$	0,302	0,47 ± 0.08	0,50 ± 0.04	0,61 ± 0,07	0,39	0,40

*p<0,05, **p<0,01,***p<0,001, #Korrektur auf LM zu Beginn der Laktation, ~Korrektur auf BCS zu Beginn der Laktation. Unterschiedliche Hochbuchstaben innerhalb einer Zeile bedeuten statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Effizienzgruppen (p<0,05, Tukey-Test).

Tiere in der Effizienzgruppe H haben eine statistisch signifikant höhere ECM Leistung im Vergleich zu Kühen in Effizienzgruppen M und N. Tiere der Effizienzgruppe H weisen weiters eine signifikant niedrigere Lebendmasse bzw. metabolische Lebendmasse im Vergleich zu Kühen der Effizienzgruppe N auf. Bezüglich der Zwischenkalbezeit zeigte sich, dass die effizientesten Tiere eine um ca. 19 Tage kürzere ZKZ als Tiere der Effizienzgruppe M und eine um 30 Tage geringere ZKZ als Tiere der Effizienzgruppe N aufweisen. Diese Unterschiede lassen sich zwischen Gruppe H und den Gruppen M und N statistisch absichern. Bei der Untersuchung des Besamungsindex zeigten Tiere der Effizienzgruppe H die geringste Anzahl an Besamungen für eine erfolgreiche neue Trächtigkeit. Die Unterschiede zu den anderen Effizienzgruppen waren auch statistisch signifikant. Die Unterschiede in der Veränderung der Lebendmasse sind zufällig, obwohl Tiere der Effizienzgruppe H die numerisch geringsten Werte zeigen. Wie aber bereits erwähnt besteht bei diesem Merkmal eine Wechselwirkung zwischen Effizienzgruppe und Betrieb. Hinsichtlich der Veränderung der Körperkondition zu Laktationsbeginn sind die Ergebnisse ähnlich, auch hier gab es keine statistisch signifikanten, aber leichte numerische Unterschiede.

Tabelle 21: Krankheitsfrequenzen im Datensatz für Holstein Friesian (n = 497).

Krankheit	N	Anteil (%)
Gebärparese	31	6,24
Ketose	11	2,21
akute Mastitis	53	10,66
chronische Mastitis	9	1,81
keine Diagnose	393	79,07

Aussagen hinsichtlich Unterschiede im Auftreten von Krankheiten lassen sich bei Anwendung von Effizienzparameter EFF1 nicht treffen. Zwar bestehen teilweise numerische Unterschiede, diese konnten aber bei keinem Merkmal statistisch abgesichert werden (Tabelle 22). Bedingt durch die geringe Anzahl an Diagnosen (Tabelle 21) kam es auch für HF zur Warnmeldung seitens des Programms, dass der Erwartungswert bei 33 % der Zellen kleiner fünf ist. Im Gegensatz zu Fleckvieh traf dies auf alle Merkmale außer akute Mastitis zu.

Tabelle 22: Unterschiede zwischen dem Anteil kranker Tiere (in %) hinsichtlich der verschiedenen Effizienzgruppen bei Effizienzparameter EFF1 bei Holstein Friesian.

Krankheit	H	M	N	p-Wert (chi-square)
		n = 497		
Gebärparese*	5,48	6,32	5,33	0,925
Ketose*	1,37	2,20	2,67	0,856
akute Mastitis	9,59	10,71	9,33	0,913
chronische Mastitis*	1,37	1,37	4,00	0,278

*SAS: Chi-Square ist möglicherweise kein valider Test

4.4.2 Effizienzparameter EFF2

In Abbildung 13 sind die Effizienzgruppen, eingeteilt nach dem Effizienzparameter kg ECM_{erw} pro kg metabolische Lebendmasse pro Tag, dargestellt. Der Mittelwert von Effizienzgruppe H (n = 75) beträgt 0,277 kg ECM/kg $LM^{0,75}$/Tag, bei Effizienzgruppe M (n = 356) ist dieser Wert 0,197 kg ECM/kg $LM^{0,75}$/Tag, bei Effizienzgruppe N (n = 74) liegt der Mittelwert bei 0,120 kg ECM/kg $LM^{0,75}$/Tag.

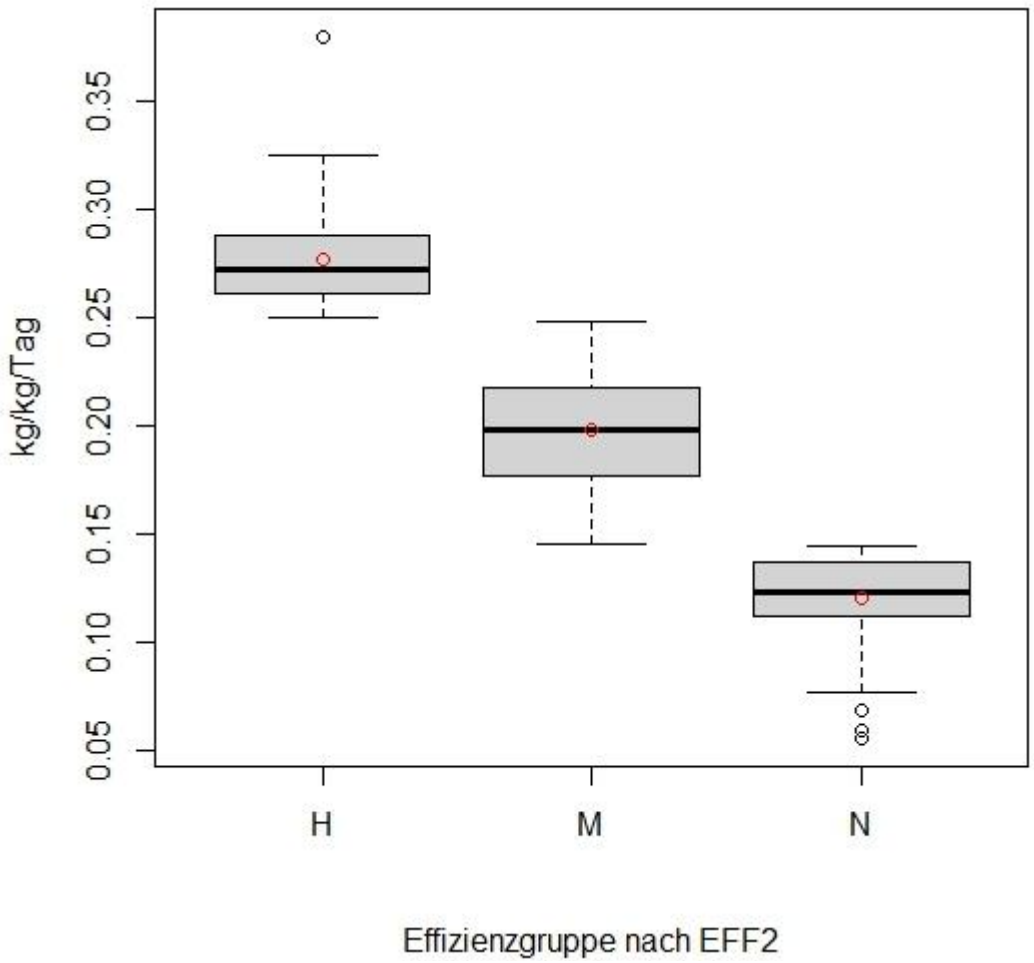

Abbildung 13: Verteilung des Merkmals kg energiekorrigierte Milch (ECM) pro kg metabolische Lebendmasse pro Tag bei Holstein Friesian, Effizienzgruppen eingeteilt nach EFF2. Der rote Kreis stellt den Mittelwert dar.

Bei der Untersuchung hinsichtlich ΔLM zeigte sich wie schon zuvor eine statistisch signifikante Wechselwirkung von Effizienzgruppe und Betrieb, die LS-Means waren weder für den Betrieb noch für die Effizienzgruppe schätzbar. Daher wurde diese Wechselwirkung wieder aus dem Modell genommen. Die Ergebnisse hinsichtlich der Unterschiede der verschiedenen Effizienzgruppen je Merkmal sind in Tabelle 23 dargestellt.

Tabelle 23: Unterschiede der LS-Means ± Standardfehler für die Effizienzgruppen (EFF2) hinsichtlich verschiedener Merkmale bei Holstein Friesian, Signifikanzniveau (P) für das globale Modell, sowie Bestimmtheitsmaß (R^2) und Residualstandardabweichung (RMSE).

Merkmal	P	H	M	N	R^2	RMSE
ECM (kg)	***	12620^{a} ± 299	10139^{b} ± 162	7237^{c} ± 276	0,58	1923,22
LM (kg)	***	$656,69^{a}$ ± 8,15	$674,67^{a}$ ± 4,41	$696,53^{b}$ ± 7,49	0,52	52,55
$LM^{0,75}$ (kg)	***	$129,55^{a}$ ± 1,20	$132,20^{a}$ ± 0,65	$135,41^{b}$ ± 1,11	0,52	7,76
ZKZ (Tage)	**	$373,0^{a}$ ± 7,0	$390,7^{b}$ ± 3,7	$403,4^{b}$ ± 6,7	0,23	42,15
BSI	***	$1,43^{a}$ ± 0,20	$1,94^{b}$ ± 0,11	$2,49^{c}$ ± 0,20	0,25	1,27
$\Delta LM^{\#}$ (kg)	0,321	41,61 ± 6,06	50,23 ± 3,33	48,23 ± 5,63	0,50	38,25
ΔBCS^{+}	0,447	0,52 ± 0,07	0,49 ± 0,04	0,59 ± 0,07	0,39	0,40

*p<0,05, **p<0,01,***p<0,001, #Korrektur auf LM zu Beginn der Laktation, ˜Korrektur auf BCS zu Beginn der Laktation. Unterschiedliche Hochbuchstaben innerhalb einer Zeile bedeuten statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Effizienzgruppen (p<0,05, Tukey-Test).

Bezüglich der Unterschiede der verschiedenen Effizienzgruppen hinsichtlich verschiedener Merkmale wenn EFF2 als Effizienzparameter genutzt wird, sind die Aussagen sehr ähnlich zu denen bei Effizienzparameter EFF1. Effiziente Tiere haben eine höhere ECM-Laktationsleistung, sind leichter, haben eine kürzere Zwischenkalbezeit und einen niedrigeren Besamungsindex. Die Unterschiede in der Lebendmasse und der metabolischen Lebendmasse von Effizienzgruppe H zu Effizienzgruppe M sind numerisch eher gering und nur knapp statistisch nicht signifikant (LM: p = 0,0542, $LM^{0,75}$: p = 0,055). Betrachtet man die Ergebnisse von Zwischenkalbezeit und Besamungsindex, so zeigt sich, dass Tiere der Effizienzgruppe H die geringste Zwischenkalbezeit und den kleinsten Besamungsindex aufweisen.

Hinsichtlich des Anteils kranker Tiere lassen sich auch hier keine statistisch abgesicherten Aussagen treffen (siehe Tabelle 24). Zwar zeigen Tiere der Effizienzgruppe H eine geringere Frequenz bei allen untersuchten Krankheiten bzw. Stoffwechselstörungen, diese sind aber bei keinem Merkmal statistisch signifikant. Auch hier sei darauf hingewiesen, dass SAS 9.2 bei einigen Krankheiten eine Warnmeldung ausgegeben hat. Dies liegt, wie schon vorhin erwähnt, an der Anzahl an Datensätzen bzw. niedrigen Krankheitsfrequenzen.

Tabelle 24: Unterschiede zwischen dem Anteil kranker Tiere (in %) hinsichtlich der verschiedenen Effizienzgruppen bei Effizienzparameter EFF2 bei Holstein Friesian.

Krankheit	H	M	N	p-Wert (chi-square)
		n = 497		
Gebärparese*	4,00	5,80	9,33	0,365
Ketose*	1,33	2,21	2,67	0,844
akute Mastitis	6,67	9,94	16,00	0,154
chronische Mastitis*	1,33	1,38	4,00	0,278

*SAS: Chi-Square ist möglicherweise kein valider Test

5 Diskussion

Die Tiere in der Untersuchung wurden auf Grund des Parameters kg ECM/kg $LM^{0,75}$/Tag (EFF1) bzw. kg ECM_{erw}/kg $LM^{0,75}$/Tag (EFF2) in die Effizienzgruppen H, M und N eingeteilt. Die Tiere im 85 % Quantil hinsichtlich der energiekorrigierten Milchmenge pro kg an metabolischer Lebendmasse und pro Tag wurden dabei der Effizienzgruppe H, die Tiere im 15 % Quantil der Effizienzgruppe N zugeordnet. Wies ein Tier einen Wert für die energiekorrigierte Milchmenge pro kg an metabolischer Lebendmasse und pro Tag zwischen diesen Quantilen auf, so wurde es der Gruppe M zugeteilt. Dies geschah in Hinblick auf die eingangs formulierte Fragestellung hinsichtlich der Unterschiede von unterschiedlich effizienten Tieren bei verschiedenen Merkmalen. Meiner Kenntnis nach wurden die zwei Effizienzparameter, die in der vorliegenden Arbeit gewählt wurden, noch in keiner anderen Publikation angewendet. Es erscheint daher schwierig, die Effizienz der Tiere mit anderen Studien zu vergleichen, da das Effizienzmaß bzw. der Effizienzparameter ein anderer ist.

Allgemein lassen sich Aussagen, welche für alle Rassen zutreffen, in der vorliegenden Arbeit eher schwer treffen. Dies liegt unter anderem daran, dass es bei einigen Merkmalen zu signifikanten Wechselwirkungen von Effizienzgruppe und Betrieb kommt. Wird diese Wechselwirkung im Modell belassen, so können die Least Squares Mittelwerte für das jeweilige Merkmal weder für die Effizienzgruppe noch für den Betrieb berechnet werden. Dies zeigte sich bei allen Rassen und allen Merkmalen, bei welchen eine solche Wechselwirkung auftrat. Diese Wechselwirkung ist jedoch nicht beim selben Merkmal in jeder Rasse zu finden. Ein Grund dafür könnte die unterschiedliche Datenstruktur in den jeweiligen Datensätzen für Fleckvieh, Brown Swiss und Holstein sein. Bei anderen signifikanten Wechselwirkungen, wie der zwischen Effizienzgruppe und Laktationsgruppe, zeigte sich dieses Phänomen nicht.

Das Merkmal der ECM-Leistung basiert auf den Erhebungen der Milchleistung und der Milchinhaltsstoffe im Rahmen der Milchleistungskontrolle im Feld. Für die Effizienzparameter wurde nicht die 305 Tage Standard-Laktation sondern die Gesamtlaktationsleistung verwendet. Das gewählte Modell lieferte ein

durchschnittliches Bestimmtheitsmaß von R^2 = 0,58- 0,62. Dieses war am höchsten beim Datensatz für Fleckvieh und am geringsten bei Holstein Friesian. Die Residualstandardabweichung des Modells betrug zwischen 1408 kg bei Fleckvieh (EFF1) und 1923 kg bei Holstein (EFF2).

Betrachtet man die Least Squares Mittelwerte der ECM über eine volle Laktation, so zeigte sich, dass effiziente Tiere eine deutlich höhere Laktationsleistung aufweisen als weniger effiziente Tiere. Dies gilt für alle Rassen. Allerdings gilt es hier einschränkend anzumerken, dass bei Fleckvieh sowohl bei Analyse von Effizienzparameter EFF1 als auch bei EFF2 eine signifikante Wechselwirkung von Effizienzgruppe und Betrieb vorliegt. Dies war auch bei Brown Swiss und der Analyse von Effizienzparameter EFF1 der Fall. Demnach erbringen Tiere derselben Effizienzgruppe auf verschiedenen Betrieben unterschiedlich hohe Milchleistungen. Dies könnte einerseits auf Unterschiede in den eingesetzten Futtermitteln hinsichtlich Art, Qualität und Menge, als auch dem Fütterungsregime und der jeweiligen Rationszusammensetzung zurückzuführen sein. Genauere Aussagen dahingehend lassen sich nicht treffen, da hierzu keine Informationen vorliegen. Neben dem Aspekt der Fütterung der Milchkühe kann auch die genetische Veranlagung der Tiere hinsichtlich der Milchleistung eine Rolle spielen. Auch hier sind keine weiteren Informationen, z.B. Zuchtwerte der Kühe, vorhanden.

Das Milchleistungsniveau sowohl von Tieren der Effizienzgruppe H als auch von Effizienzgruppe M liegt meist über dem österreichweiten Durchschnitt der Kühe in Milchleistungsprüfung, auch wenn es sich bei den dargestellten Werten nicht um eine Standardlaktation handelt. So erbrachten Fleckviehtiere im Jahr 2014 eine durchschnittliche 305-Tage Standardlaktationsleistung von 7172 kg Milch, bei Brown Swiss betrug dieser Wert 7161 kg, bei Holstein Friesian 8592 kg (ZuchtData 2014).

Die Werte der Effizienzgruppe N erscheinen aber durchwegs relativ niedrig. Dies könnte dadurch erklärbar sein, dass dieser Gruppe viele abgegangene Tiere zugeordnet wurden, die keine hohe Laktationsleistung erbracht haben können.
So zeigte sich beispielsweise bei Fleckvieh und Effizienzparameter EFF1, dass in Gruppe H ca. 2 % der Beobachtungen von abgegangenen Tieren stammen. In Gruppe M war dieser Anteil mit ca. 4 % ähnlich hoch, während dieser Anteil in Gruppe N ca. 42 % beträgt.
Abgegangene Tiere wurden in der vorliegenden Arbeit berücksichtigt, wenn sie mindestens 270 Melktage erbracht haben konnten (siehe Abschnitt 3.1). Auch wenn etwaige Zuschläge für ein geborenes Kalb zur Laktationsleistung berücksichtigt werden (das ist bei Effizienzparameter EFF2 der Fall), ist die Laktationsleistung der am wenigsten effizienten Tiere geringer als bei den anderen Gruppen. Allerdings werden die Unterschiede zwischen den Tieren in Effizienzgruppe H und solchen in Effizienzgruppe N hinsichtlich der ECM-Laktationsleistung geringer.

Vergleicht man die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit mit der vorhandenen Literatur, so zeigt sich dort oftmals ein positiver Zusammenhang zwischen Milchleistung und unterschiedlichen Effizienzmerkmalen.
Bei Britt et al. (2003) ist die Milchleistung mit r = 0,707 mit der Effizienz (kg Milch pro Kuh und Tag/Trockenmasseaufnahme pro Kuh und Tag) korreliert.
In der Untersuchung von Vallimont et al. (2011) betrug die Korrelation zwischen 305-Tage Milchleistung und der DMIE (305 Tage fettkorrigierte Milchleistung/ 305 Tage Trockenmasseaufnahme) r = 0,87 ± 0,08. Bayram et al. (2006) errechneten eine wesentlich geringere Korrelation von Milchleistung und Futtereffizienz von r = 0,21. Allerdings ist bei Bayram et al. (2006) die Futteraufnahme nicht gemessen, sondern es wird mit geschätzten Werten im Verhältnis von Energieoutput zu Energieinput gearbeitet. Tiere mit einer hohen Futterkonvertierungseffizienz (kg Milchfett- und Milcheiweiß/kg Trockenmasseaufnahme) in der Untersuchung von Coleman et al. (2010) zeigten auch die höchste Milchleistung pro Tag. Tiere der Gruppe „High“ (97,7 g/kg) gaben 20,2 kg Milch pro Tag, Tiere der Gruppe „Med“ (91 g/kg) 20,0 kg und Tiere der Gruppe „Low“ (80 g/kg) 18,5 kg. Die Kühe mit der höchsten Futtereffizienz waren dabei auch die effizientesten hinsichtlich der produzierten Milchfett- und Eiweißmenge pro kg Lebendmasse. Kühe in der Gruppe „High“ produzierten 3 g Milchfett-und Eiweiß pro kg Lebendmasse, in der Gruppe „Med“ waren es 2,9 g/kg und in der Gruppe „Low“ 2,6 g/kg. Bei Coleman et al. (2010) wurden drei Holstein Friesian Genotypen in einem weidebasierten Produktionssystem verglichen.
Hier gilt es anzumerken, dass sich diese angeführten Studien nicht mit demselben Effizienzparameter wie die hier vorliegende Arbeit befassen und deshalb die Vergleichbarkeit nur bedingt gegeben ist. Allerdings zeigen die meisten der hier dargestellten Studien ein durchaus einheitliches Bild, wonach eine höhere Milchleistung auch zu einer höheren Effizienz führt. Hier sei noch einmal auf die unter Abschnitt 2.5 angeführten Punkte hingewiesen, wonach bei der Futtereffizienz ohne Berücksichtigung der Körperkondition bzw. der Körperreserven möglicherweise Tiere als effizient erscheinen, welche nicht unbedingt das aufgenommene Futter bzw. die Futterenergie am besten in Milch umwandeln. Vielmehr kann es sein, dass es zu einer hohen Mobilisierung an Körperreserven kommt, die in Laufe der Laktation wieder aufgefüllt werden müssen.

Zur Berechnung der mittleren Lebendmasse der Kühe wurden auf Basis der Wiegungen an den Testtagen die Parameter der Wood-Funktion für die Einzeltiere berechnet und daraus ein Verlauf über 305 Tage modelliert. Der Mittelwert aus diesen 305 Tagen dient in weiterer Folge zur Berechnung der Effizienz.
Generell gilt es anzumerken, dass die Wiegung zur Bestimmung der Lebendmasse durchaus auch mit gewissen Ungenauigkeiten verbunden ist. Untersuchungen der Gewichtsveränderung basieren auf der gesamten Lebendmasse der Tiere und können in der Frühlaktation unter anderem durch die Füllung von Pansen und Verdauungsorganen als Folge einer sich ändernden Futteraufnahme beeinflusst sein (Tamminga et al. 1997). Daher wurde versucht, etwaige Schwankungen mit Hilfe eines modellierten Verlaufs zu korrigieren.

Das Bestimmtheitsmaß des Modells reichte von $R^2 = 0,53$ bei Holstein Friesian (EFF2) bis hin zu $R^2 = 0,47$ bei Brown Swiss (EFF2). Die Residualstandardabweichung betrug zwischen 52,55 kg bei HF (EFF2) und 55,32 kg bei Brown Swiss (EFF2).

Die mittlere Lebendmasse während der Laktation betrug bei Fleckvieh zwischen 702 kg und 740 kg, bei Brown Swiss zwischen 642 kg und 645 kg und bei Holstein Friesian zwischen 656 kg und 696 kg. Fleckviehkühe sind also durchwegs schwerer als Brown Swiss- oder Holstein Kühe. Bei Haiger & Knaus (2010) wurden LS-Mittelwerte für die Lebendmasse bei FV von 720 kg, bei HF von 688 kg ermittelt. Vergleicht man die Werte der vorliegenden Arbeit mit den Angaben von Ledinek & Gruber (2014), so zeigt sich ein ähnliches Bild. Fleckviehtiere waren hier im Mittel 730 kg schwer, während Holstein Friesian Tiere eine Lebendmasse von 613 kg aufweisen. Für F1 Kreuzungstiere aus Holstein und Brown Swiss wird eine Lebendmasse von 640 kg angegeben.

Die Unterschiede der Effizienzgruppen hinsichtlich der Lebendmasse sind bei den verschiedenen Rassen uneinheitlich. Bei Brown Swiss konnten sowohl bei Effizienzparameter EFF1 als auch bei EFF2 keine statistisch abgesicherten Unterschiede der Effizienzgruppen ermittelt werden (siehe Tabelle 15 und Tabelle 18). Bei Effizienzparameter EFF1 waren Tiere der Effizienzgruppe H sogar schwerer als Tiere der Effizienzgruppe N, allerdings waren diese Unterschiede nur numerisch und gering. Bei dem Vergleich der Effizienzgruppen bei Parameter EFF2 wurde eine statistisch signifikante Wechselwirkung von Effizienzgruppe und Betrieb errechnet. Die Konsequenz daraus ist, dass gleich effiziente Brown Swiss Kühe auf verschiedenen Betrieben unterschiedlich schwer sind. Die dargestellten LS-Mittelwerte sollten daher mit Vorsicht interpretiert werden.
Bei Fleckvieh liefern die Ergebnisse keine eindeutigen Aussagen. Betrachtet man die Unterschiede der Effizienzgruppen bei Effizienzparameter EFF1 (Tabelle 10), so gelangt man zum Schluss, dass effizientere Tiere auch eine geringere Lebendmasse aufweisen. Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind numerisch auch nicht besonders hoch, sondern betragen zwischen Gruppe H und Gruppe N ca. 36 kg. Bei der Untersuchung von Effizienzparameter EFF2 bei Fleckvieh (Tabelle 13) zeigt sich zwar ein ähnliches Bild, hier ist aber eine Wechselwirkung von Effizienzgruppe und Betrieb statistisch signifikant. Dies bedeutet, dass gleich effiziente Fleckviehkühe auf verschiedenen Betrieben eine unterschiedlich hohe Lebendmasse aufweisen.
Die Ergebnisse aus dem Holstein Friesian Datensatz (Abschnitt 4.4.1 bzw. 4.4.2) bestätigen eher die Ergebnisse, welche bei Fleckvieh ermittelt wurden. Auch hier sind die effizienteren Tiere durchwegs leichter als die Kühe in Gruppe N. Die numerischen Unterschiede sind hier ähnlich hoch wie bei Fleckvieh und liegen im Bereich zwischen 30 und 40 kg zwischen H und N.

Bayram et al. (2006) ermittelten eine phänotypische Korrelation von Futtereffizienz und Lebendmasse von r = -0,51 (keine Standardfehler angegeben). Vallimont et al. (2011) errechneten eine phänotypische Korrelation zwischen der Lebendmasse und dem Effizienzparameter DMIE von r = -0,20 ± 0,03, mit NE_LE von r = -0,20 ± 0,03 in den

ersten 60 Laktationstagen. Bei Berücksichtigung von BCS und der Veränderung des BCS reduzierte sich die Korrelation auf r = -0,07 ± 0,03, sowohl bei DMIE und NE_LE. Diese Ergebnisse deuten also darauf hin, dass schwerere Kühe weniger effizient sind als leichtere Kühe. Dies würde die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit bestätigten, es gilt aber zu berücksichtigen, dass die Effizienzparameter bei Bayram et al. (2006) und Vallimont et al. (2011) anders als bei dieser Arbeit definiert sind. Die phänotypische Korrelation unter Berücksichtigung der Körperkondition ist außerdem relativ niedrig (Vallimont et al. 2011). Bei Coleman et al. (2010) waren die Tiere mit der höchsten Futterkonvertierungseffizienz mit 518 kg am leichtesten, während weniger effiziente Tiere mit 551 kg schwerer waren.
Piccand et al. (2013) ermittelten die Effizienz als kg ECM/kg $LM^{0,75}$ unter Weidebedingungen, ein Parameter, welcher den hier verwendeten Effizienzparametern ähnlicher ist. Hier zeigte sich, dass Schweizer Holstein Friesian Kühe (CH HF) mit 50,2 kg/kg gleich effizient wie Holstein Kühe neuseeländischer Herkunft (NZ HF) mit 52,1 kg/kg waren. Statistisch waren die Unterschiede nicht signifikant. Dabei ist aber auch zu erwähnen, dass die NZ HF Tiere mit 514 kg eine signifikant geringere Lebendmasse als CH HF Kühe aufweisen. Ausgeglichen wurde der Unterschied daher über die 270d ECM-Leistung, bei der CH HF mit 5921 kg signifikant besser als NZ HF Tiere mit 5321 kg abschnitten.

Bei Berry et al. (2003) war die Milchleistung mit r = 0,14 positiv mit der durchschnittlichen Lebendmasse korreliert. Die genetische Korrelation zwischen den beiden Parametern wurde auf r_g = -0,01 geschätzt. Anders war dies hingegen bei Veerkamp et al. (2000) errechneten eine phänotypische Korrelation zwischen Milchleistung und mittlerer LM über 150 Tage von r = -0,10, die genetische Korrelation beträgt r_g = -0,14. Während die Daten bei Veerkamp et al. (2000) von Kühen auf einer Versuchsstation mit ad libitum Fütterung stammen, stammen jene von Berry et al. (2003) von 78 irischen Betrieben mit saisonaler Weidehaltung.

Die metabolische Lebendmasse wird als $Lebendmasse^{0,75}$ berechnet. Während die Unterschiede in der Lebendmasse (bzw. $LM^{0,75}$) zwischen 500 kg (105,74 kg), 600 kg (121,13 kg), 700 kg (136,09 kg) und 800 kg (150,42 kg) jeweils 100 kg betragen, nehmen diese in der metabolischen Lebendmasse von 15,49 kg (zwischen 600 und 500 kg) über 14,86 kg auf 14,33 kg (zwischen 800 und 700 kg) ab. Eine ansteigende Lebendmasse bewirkt also auch eine Zunahme der metabolischen Lebendmasse, die Skalenunterschiede nehmen aber mit steigendem Niveau der LM (bzw. $LM^{0,75}$) ab. Wie in den vorhergehenden Abschnitten 4.2 bis 4.4 ersichtlich, sind die Ergebnisse bezüglich der metabolischen Lebendmasse ähnlich zu denen der Lebendmasse. Auf eine separate Diskussion wird daher verzichtet.

Die Mittelwerte für die Zwischenkalbezeit betrugen bei Fleckvieh zwischen 361 Tagen und 392 Tagen, bei BS zwischen 370 Tagen und 396 Tagen und bei HF zwischen 372 Tagen und 402 Tagen.
Zu beachten ist beim Merkmal Zwischenkalbezeit, dass hier das statistische Modell nur ein Bestimmtheitsmaß zwischen R^2 = 0,16 (BS, EFF1) und R^2 = 0,23 (HF, EFF2)

aufweist. Dieses Bestimmtheitsmaß ist eher gering und auch im Vergleich zu anderen Merkmalen niedriger. Wie bereits erwähnt wurden nur Zwischenkalbezeiten zwischen 320 und 500 Tagen bei der Analyse berücksichtigt. Möglicherweise hätte eine Einschränkung beim Merkmal Zwischenkalbezeit auf ein kleineres Intervall zu höheren Bestimmtheitsmaßen geführt.

Die Zwischenkalbezeit ist einer der am häufigsten genutzte Fruchtbarkeitsparameter bei der Milchkuh. Die Zwischenkalbezeit setzt sich aus dem Zeitraum von Abkalbung bis erfolgreicher erneuter Trächtigkeit und der Trächtigkeitsdauer zusammen. Von diesen zwei ist vor allem der Zeitraum von Geburt bis erneuter Trächtigkeit von Bedeutung, da auf diesen Einfluss genommen werden kann. Der Zeitraum von Abkalbung bis erneuter Trächtigkeit steht im Zusammenhang mit der Zeitdauer bis wieder ein östrischer Zyklus gebildet wird, der Brunstdetektion und dem Besamungserfolg. Diese Parameter sind abhängig von genetischen und Managementfaktoren (Peters 1996).

Bei den Ergebnissen hinsichtlich der Unterschiede der verschiedenen Effizienzgruppen beim Merkmal Zwischenkalbezeit zeigte sich, dass effizientere Tiere auch eine geringere Zwischenkalbezeit aufweisen. Zu beachten ist hier aber unter anderem, dass bei Fleckvieh sowohl bei Effizienzparameter EFF1 als auch bei den Untersuchungen von Effizienzparameter EFF2 eine signifikante Wechselwirkung von Effizienzgruppe und Laktationsgruppe auftritt (siehe Abschnitt 4.2.1, Tabelle 10 und Abschnitt 4.2.2, Tabelle 13). Außer in der ersten Laktation hatten die Tiere der Effizienzgruppe H auch die geringste Zwischenkalbezeit (Abbildung 6). Es zeigte sich generell der Trend dazu, dass Tiere mit einer höheren Laktationsnummer auch eine höhere Zwischenkalbezeit aufweisen. Bei den anderen Rassen war dies nicht der Fall, die Ergebnisse bestätigen hier aber jene bei Fleckvieh.
Während bei Brown Swiss sich die Effizienzgruppen N und M hinsichtlich der Zwischenkalbezeit bei EFF2 nicht signifikant voneinander unterscheiden (Tabelle 18), war dies bei Holstein Friesian sehr wohl der Fall. Effizienzgruppe H weist bei Holstein Friesian die signifikant niedrigste Zwischenkalbezeit auf (Tabelle 23).

Wangler et al. (2009) errechneten, dass Tiere mit einer höheren Lebenstageseffektivität (kg Milchleistung je Lebenstag) auch eine höhere Zwischenkalbezeit aufweisen. Kühe der geringsten Effizienzklasse weisen dabei eine Zwischenkalbezeit von 345 Tagen auf, während bei Kühen in der höchsten Effizienzgruppe der LS-Mittelwert 404 Tage betrug. Allerdings sind die Unterschiede bei Wangler et al. (2009) nur numerisch und statistisch nicht signifikant. Es ist auch zu erwähnen, dass das Effizienzmerkmal in der Untersuchung von Wangler et al. (2009) nicht direkt mit dem in der vorliegenden Arbeit verwendeten vergleichbar ist.

Es fällt auf, dass die Zwischenkalbezeit bei Tieren der Effizienzgruppe H trotz der hohen ECM Leistung durchwegs geringer als bei Tieren mit einer niedrigeren Laktationsleistung ist.

Einige Untersuchungen legen einen negativen Zusammenhang zwischen der Milchleistung und der Fruchtbarkeit dar. So zeigt sich bei König et al. (2008) eine genetische Korrelation von Milchleistung und dem Intervall zwischen Abkalbung und erster Besamung von r_g = 0,14 (SD 0,005). In derselben Untersuchung war die Milchleistung mit r_g = -0,31 (SD 0,11) mit der Non-Return-Rate 56 (NRR56) genetisch korreliert.

Dhaliwal et al. (1996) analysierten die Daten von 3527 Laktationen auf 8 Milchviehbetrieben mit Holstein Friesian Kühen und verglichen die Fruchtbarkeitsleistung von hoch- und niedrigleistenden Tieren. Ob eine Kuh zu den hochleistenden oder niedrigleistenden Tieren gezählt wurde hing davon ab, ob sie eine 305 Tage Milchleistung über oder unter dem Herdenschnitt aufwies. Es zeigte sich, dass bei Tieren mit einer hohen Milchleistung im Schnitt 80,3 Tage (SE ± 38,6) zwischen Abkalbung und erster Besamung vergingen, während dieser Wert bei Kühen mit einer geringeren Milchleistung 75,8 Tage (SE ± 38,7) betrug. Die Zeitdauer von Abkalbung bis zu einer erfolgreichen Trächtigkeit war bei hochleistenden Tieren mit 118,8 Tagen (SE ± 68,9) signifikant höher als bei weniger leistenden Kühen mit 99,8 Tagen (SE ± 59,0). Diese Ergebnisse zeigen also ein anderes Bild als die hier vorliegende Arbeit. Dhaliwal et al. (1996) geben an, dass die Wiederherstellung einer positiven Energiebilanz in Zusammenhang mit der Laktationsspitze ein wesentlicher Einflussfaktor auf die Fruchtbarkeit bei der Milchkuh ist.

Löf et al. (2007) untersuchten 2728 Herden in Schweden und kamen zu dem Ergebnis, dass in Herden mit einer hohen Milchleistung die Zwischenkalbezeit geringer war. So betrug die Zwischenkalbezeit 406 Tage bei Herden mit einer 365 Tage ECM Leistung <8780 kg, während sie bei Herden mit einer ECM Leistung von über 9672 kg im Mittel 397 Tage betrug. Die Ergebnisse betrachten aber das Herdenniveau und sind daher nicht unbedingt auf die Ebene des Einzeltieres übertragbar.

Van Dorp et al. (1998) errechneten eine genetische Korrelation von 305-Tage Milchleistung mit dem Auftreten von Fruchtbarkeitsstörungen von r_g = 0,10, die phänotypische Korrelation von Milchleistung und Fruchtbarkeitsstörungen lag bei r = -0,03 (keine Standardfehler angegeben), was niedrigen Korrelationen entspricht.
Korrelationen von Milchmenge und ausgewählten Fruchtbarkeitsmerkmalen waren auch bei Windig et al. (2005) relativ niedrig. Die Zeitdauer von Abkalbung bis erster Besamung (Rastzeit) war mit der täglichen Milchmenge im Ausmaß von r = 0,081 (Erstlaktierende) bzw. r = 0,091 (höhere Laktationsnummer) phänotypisch korreliert. Die Korrelation von Zwischenkalbezeit und der täglichen Milchmenge wurde mit r = 0,082 bei Erstlaktierenden, bei Kühen einer höheren Parität mit r = 0,122 errechnet. Für die Non- Return Rate 56 (NRR56) errechnete sich eine negative phänotypische Korrelation mit der Milchmenge von r = -0,032 (Erstlaktierende) bzw. r = -0,054 bei Kühen einer höheren Laktationsnummer. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass die Rastzeit nicht nur ein tierspezifisches Merkmal darstellt, sondern auch einem gewissen Managementeinfluss unterliegt.

In der Untersuchung konnte auf Betrieben mit einer höheren Milchleistung pro Kuh und Tag eine im Durchschnitt geringere Zellzahl und ein kürzeres Intervall bis zur ersten Belegung beobachtet werden. Das könnte zum Beispiel mit einer besseren Betriebshygiene und einem optimierten Fütterungsregime in Zusammenhang stehen. Allerdings zeigte sich bei Tieren mit der höchsten Milchleistung innerhalb dieser Betriebe jedoch genau ein gegenteiliges Bild. Ein Erklärungsansatz der Autoren dazu ist, dass bei den höchstleistenden Tieren innerhalb von Herden mit einer hohen Milchleistung der physiologische Stress zu groß wird, sodass auch ein verbessertes Management diese Wirkungen nicht mehr abschwächen kann.
Eine hohe Milchleistung und gute Fruchtbarkeitskennzahlen müssen sich also nicht zwangsweise ausschließen.
Das Fruchtbarkeitsgeschehen bei der Milchkuh ist aber multifaktoriell, sodass die genetische Ausstattung der Tiere, das Fütterungsmanagement, Fruchtbarkeitsmanagement und. die Vermeidung von Fruchtbarkeits- und Stoffwechselstörungen zu berücksichtigen sind (Roche 2006).

Tiere in den Effizienzgruppen H und M weisen durchwegs einen niedrigeren Besamungsindex als Tiere in der Effizienzgruppe N auf, nur bei der Analyse von EFF2 bei Brown Swiss für die Gruppen M und N sind die Unterschiede statistisch nicht signifikant (Tabelle 18). Da für Kühe in den Effizienzgruppen H und M durchwegs eine geringere Zwischenkalbezeit als für Kühe in Effizienzgruppe N berechnet wurde könnte es sein, dass zwar länger mit einer Besamung zugewartet wurde, dafür aber der Besamungserfolg bei einer Besamung höher war. Dafür spricht auch, dass die Anzahl an Besamungen bzw. der Besamungsindex bei Tieren in den Effizienzgruppen H und M signifikant niedriger lag als bei Kühen in Effizienzgruppe N. Da in Effizienzgruppe N viele abgegangene Tiere waren, durchwegs auch aufgrund mangelnder Fruchtbarkeit oder Stoffwechselstörungen, lässt sich auch diesbezüglich eine mögliche Erklärung für die höhere Zwischenkalbezeit bzw. den höheren Besamungsindex finden.

Lopez et al. (2004) kommen in ihrer Untersuchung zum Schluss, dass die Zeitdauer und Intensität der Brunst in einem negativen Zusammenhang mit der Milchleistung stehen. Tiere mit einer mittleren Milchleistung von 32,3 kg/Tag („low producers“) hatten eine längere Brunstdauer als Kühe mit einer hohen Milchleistung von 46,8 kg/Tag. Während niedrigerleistende Tiere im Schnitt eine Brunstdauer von 11,9 Stunden (± 1,4 Stunden) aufwiesen, so war dieser Wert bei höherleistenden Kühen mit 7,0 Stunden (± 1,1 Stunden) signifikant niedriger. Außerdem standen höherleistende Kühe weniger (20,0 ± 2,0 Stunden) als Tiere mit einer niedrigeren Milchleistung (28,4 ± 2,7 Stunden).

Daraus lässt sich schließen, dass bei hochleistenden Milchkühen die Östrusdetektion schwieriger ist und deshalb höhere Ansprüche an Brunstdetektion bzw. Besamungsmanagement gestellt werden. Möglicherweise waren Kühe in der Effizienzgruppe H (und M) auf Betrieben mit einem besseren Fruchtbarkeitsmanagement, wodurch der Besamungserfolg gewährleistet bzw. eine erfolgreiche Trächtigkeit trotz hoher Milchleistung erreicht werden konnte.

Dahingehend weiterführende Aussagen zu treffen ist aber nicht möglich, da hier außer der Anzahl an Besamungen keine weiteren Daten vorhanden sind.

Die Ergebnisse bei Fleckvieh und der Untersuchung von Effizienzparameter EFF2 (Tabelle 14) zeigen, dass Tiere der Effizienzgruppe H den niedrigsten Anteil kranker Tiere bei den jeweiligen Krankheiten bzw. Stoffwechselstörungen aufweisen. Allerdings sind diese Unterschiede außer bei akuter und chronischer Mastitis nur numerisch und statistisch nicht signifikant. Bei Brown Swiss war der Anteil kranker Tiere in Effizienzgruppe H durchwegs geringer im Vergleich zu Effizienzgruppe N, teilweise auch niedriger als bei Effizienzgruppe M (Tabelle 19). Beim Merkmal Ketose war der Anteil kranker Tiere statistisch signifikant verschieden, allerdings unterschieden sich hier Gruppe H und Gruppe M nicht statistisch signifikant voneinander. Betrachtet man die Ergebnisse aus dem Holstein-Friesian Datensatz bei Effizienzparameter EFF2 (Tabelle 24), so zeigt sich hier ebenfalls, dass Tiere der Effizienzgruppe H einen niedrigeren Anteil kranker Tiere aufweisen als die Kühe in Effizienzgruppe N. Zur Effizienzgruppe M sind die Unterschiede, außer bei akuter Mastitis, eher gering.
Diese Ergebnisse deuten also darauf hin, dass Tiere in den Effizienzgruppen H und M trotz einer relativ hohen Milchleistung auch die niedrigsten Anteile an kranken Tieren aufweisen. Ein größerer negativer Einfluss auf das Fruchtbarkeitsgeschehen scheint bei diesen beiden Gruppen also nicht aufzutreten. Allerdings könnte dies bei Gruppe N der Fall sein.

Laut Roche (2006) verzögern Stoffwechselstörungen oftmals das Auftreten des ersten Zyklus und prädisponiert die Kühe für Fruchtbarkeitsstörungen, beispielsweise auf Grund von Endometritis und Metritis. Es gibt auch Hinweise auf eine Interaktion im Auftreten von Hypokalzämie, Ketose und dem vermehrten Auftreten von Metritis und Nachgeburtsverhalten. Bei Effizienzparameter EFF2 werden die Kosten für Krankheiten bzw. die entgangenen ECM bei der Berechnung der Effizienz direkt berücksichtigt, daher lässt sich bei EFF2 ein stärkerer Effekt auf die Einstufung in die Effizienzgruppen vermuten. Das bedeutet, dass für Kühe, welche wegen einer Krankheit bzw. Stoffwechselstörung behandelt werden mussten, auf Grund der daraus folgenden Abschläge zur Laktationsleistung eine Einstufung in Effizienzgruppe H schwieriger zu erreichen war. Der Zusammenhang, dass Tiere in der Effizienzgruppe H weniger oft wegen Krankheiten bzw. Stoffwechselstörungen behandelt werden mussten und diese laut Roche (2006) in Verbindung mit Fruchtbarkeitsstörungen stehen, könnte ein Grund dafür sein, warum Tiere der Effizienzgruppe H trotz der höheren Milchleistung meistens auch eine kürzere Zwischenkalbezeit aufweisen.

In die Effizienzgruppe N dürfte über alle Rassen hinweg ein relativ hoher Anteil an abgegangen Tieren gefallen sein. Bei abgegangen Tieren wurde hauptsächlich eine errechnete Zwischenkalbezeit über das Datum der letzten Besamung und einer durchschnittlichen Tragezeit von 286 Tagen errechnet bzw. eine durchschnittliche Zwischenkalbezeit je nach Rasse aus dem ZuchtData Jahresbericht 2014 angenommen. Es könnte daher sein, dass die Zwischenkalbezeit bei Tieren der

Effizienzgruppe N auf Grund dieser Berechnungsweise bzw. der verwendeten Zwischenkalbezeit laut ZuchtData Jahresbericht 2014 eher zu hoch ist. Möglicherweise sind also die Unterschiede in der Zwischenkalbezeit zwischen den Gruppen nicht so stark ausgeprägt.

Ein weiterer Punkt, um das Auftreten von hoher Milchleistung und trotzdem guter Fruchtbarkeit zu erklären, könnte der metabolische Status der Tiere und in weiterer Folge die Rationsgestaltung bzw. das Fütterungsmanagement sein. Die Veränderung der Lebendmasse und der Körperkondition sind zwei Merkmale, die in diesem Zusammenhang betrachtet werden.

Das Ausmaß der negativen Energiebilanz in der Laktation ist einer der Faktoren, welche eine schlechte Fruchtbarkeit bei der Milchkuh bewirkt. Daneben spielen auch Entzündungen der Gebärmutter eine wichtige Rolle und müssen wirksam behandelt werden. Strategien um die Fruchtbarkeit zu verbessern sind also das Ausmaß und die Dauer einer negativen Energiebilanz zu beschränken und Gebärmutterentzündungen zu vermeiden (Walsh et al. 2011).

Sowohl bei den Berechnungen von Effizienzparameter EFF1 (Tabelle 11) als auch bei EFF2 (Tabelle 13) bei Fleckvieh, sind die Unterschiede in den Veränderungen der Lebendmasse zu Laktationsbeginn nur numerisch unterschiedlich. Bei Kühen in der Effizienzgruppe H war die Abnahme der Lebendmasse zu Laktationsbeginn numerisch am höchsten. Betrachtet man die Veränderung in der Körperkondition, so waren die Tiere der Effizienzgruppe H statistisch nicht signifikant von jenen in Effizienzgruppe M verschieden. Daraus kann man schließen, dass das Ausmaß der negativen Energiebilanz bei den Tieren in Effizienzgruppe H im Vergleich zu den Kühen in anderen Gruppen nicht übermäßig groß war. Dies ist durchaus bemerkenswert, weisen doch Tiere in Effizienzgruppe H auch die höchste ECM Leistung auf. Allerdings trat auch hier eine Wechselwirkung zwischen Effizienzgruppe und Betrieb auf.
Bei Brown Swiss zeigte sich ein ähnliches Bild (Tabelle 15 bzw. Tabelle 18), hier waren weder die Veränderung der Lebendmasse noch die in der Körperkondition zu Laktationsbeginn zwischen den Gruppen signifikant verschieden. Numerisch waren die Gruppen alle auf sehr ähnlichem Niveau, Tiere in Effizienzgruppe M schnitten hier am besten ab.
Holstein Friesian Kühe in der Effizienzgruppe H verloren weder an mehr Lebendmasse noch an Körperkondition zu Laktationsbeginn (Tabelle 20 bzw. Tabelle 23). Hier waren die Unterschiede zwischen den Effizienzgruppen wiederum nur numerisch und statistisch nicht signifikant.

Dieses über alle Rassen hinweg durchaus einheitliche Bild deutet darauf hin, dass die effizienteren Tiere, welche auch durchwegs eine höhere ECM Leistung aufweisen, im Vergleich nicht übermäßig viel an Lebendmasse und Körperkondition verlieren. Das Ausmaß der negativen Energiebilanz dürfte daher nicht unverhältnismäßig hoch und in einem für die Kühe noch vertretbaren Ausmaß sein. Dies könnte wiederum mit der Fütterung dieser Kühe zusammenhängen.

Villa-Godoy et al. (1988) geben an, dass zwar ein Zusammenhang zwischen Milchleistung und Energiebilanz besteht, die Unterschiede in der Energiebilanz werden aber stärker von der aufgenommenen Energie als von der Milchleistung bestimmt werden.

Reist et al. (2003) verglichen zwei Gruppen von Milchkühen (n = 90, Holstein Friesian und Red Friesian), welche Rationen mit unterschiedlicher Energiedichte erhielten. Den Tieren wurde Raufutter ad libitum angeboten. Eine Gruppe erhielt Kraftfutter im Ausmaß, dass 30 % der aufgenommen TM aus Kraftfutter bestanden, bei der zweiten Gruppe waren es 50 % (beide Gruppen für die Wochen 1-10 post partum). In der 30 % KF Ration betrug die Energiedichte im Schnitt 6,4 MJ NEL mit ca. 156 g XP/kg TM, die Ration mit 50 % KF enthielt 6,8 MJ NEL mit ca. 161 g XP/kg. Bei Tieren in der Gruppe der 30 % KF Ration lag der Tiefpunkt (nadir) der Energiebilanz (-46 MJ NEL) tiefer als bei Kühen in der 50 % KF Ration (-29,6 MJ NEL). Beide Gruppen erreichten diesen Tiefpunkt der Energiebilanz in der zweiten Laktationswoche. Tiere in der 30 % KF Gruppe brauchten länger, um wieder eine ausgeglichene Energiebilanz aufzuweisen (12 Wochen bei 30 % KF gegenüber 8 Wochen bei 50 % KF in der TM der Ration). In den ersten 20 Wochen p.p. gaben die Kühe in der 30 % KF Gruppe im Mittel um 1,28 kg ECM/Tag weniger Milch als die Tiere in der 50 % Gruppe.

Dabei ist aber auch kritisch anzumerken, dass die Energiedichte einer Ration in Hinblick auf die Pansenfunktion und Wiederkäuergerechtheit nicht unbegrenzt gesteigert werden kann. Futtermittel mit einem hohen Energiegehalt sind außerdem durchwegs teuer, was die Futterkosten ansteigen lässt.

Anzustreben sind gesunde Tiere, die keine Krankheiten oder Stoffwechselstörungen aufweisen. Gesunde Kühe mit einer hohen Futteraufnahme bzw. einem hohen Futteraufnahmevermögen sind eher in der Lage, auch bei hohen Milchleistungen weniger Körperreserven mobilisieren zu müssen, was sich wiederum positiv auf den metabolischen Status der Tiere auswirkt (Villa-Godoy 1988, Weber et al. 2013). Allerdings sind Leistungsgrenzen der Milchkühe zu berücksichtigen, eine negative Energiebilanz in hohem Ausmaß über einen längeren Zeitraum ist kritisch zu sehen. Eine solche kann das Auftreten von Krankheiten oder Stoffwechselstörungen begünstigen, was wiederum negative Auswirkungen auf die Fruchtbarkeit der Tiere hat (Roche 2006, Patton et al. 2007, Roche et al. 2009).
Eine verringerte Fruchtbarkeit kann auch in Zusammenhang mit der Hierarchie des Stoffwechsels gebracht werden. Laut Wade & Jones (2004) wird die verfügbare Energie zuerst für essentielle (z.B. Zellerhaltung, aber auch Milchproduktion), dann reduzierbare (z.B. Wachstum) und zum Schluss für entbehrliche Vorgänge (z.B. Fortpflanzung) zur Verfügung gestellt.
In weiterer Folge kann eine schlechte Fruchtbarkeitsleistung zu einem vorzeitigen Abgang führen, welcher im Sinne der Effizienz negativ zu bewerten ist (siehe Abschnitt 2.3, Tabelle 2). Auch im Hinblick auf das Tierwohl bzw. die Tiergesundheit sind eine zu große negative Energiebilanz, Krankheiten und Stoffwechselstörungen zu vermeiden (Collard et al. 2000, Roche et al. 2009).

Veerkamp (1998) führt an, dass Selektionsentscheidungen auf Grund der hohen Korrelationen von Futteraufnahme, Lebendmasse, Veränderungen in der Lebendmasse, Energiebilanz und Körperkondition komplex sind. Die Dynamik in der Mobilisierung von Körperreserven und auch in der Milchleistung ist dabei ebenso zu berücksichtigen wie der Aspekt, dass sich die Korrelationen zwischen Lebendmasse und Milchleistung im Laufe der Laktation verändern. Neben der Selektion auf eine höhere Milchleistung und eine geringere Lebendmasse ist auch ein verbessertes Futteraufnahmevermögen in Zusammenhang mit einem reduzierten Energiedefizit von Interesse.

Die Effizienzparameter der vorliegenden Arbeit erscheinen durchwegs geeignet, um die Effizienz von Milchkühen abzubilden, sollten keine Informationen zur Futteraufnahme der Tiere bzw. der Fütterung vorliegen.
Allerdings sollten noch weitere Untersuchungen mit diesen Parametern vorgenommen werden, um die Tauglichkeit zur Abbildung der Effizienz zu bestätigen.
Die Berücksichtigung von Abschlägen zur Laktationsleistung auf Grund von Krankheiten bzw. die Berücksichtigung der entgangenen ECM- Menge sowie der Zuschläge für geborene Kälber hatte bei den meisten Tieren keinen großen Effekt auf die Effizienz. Die Anteile der Kosten und entgangenen Milch sowie der Zuschläge für Kälber in ECM an der Gesamtlaktationsleistung waren meist gering, daher lag die Korrelation von Effizienzparameter EFF1 und EFF2 bei r = 0,98, das heißt, dass diese Merkmale als nahezu ident anzusehen sind. Die Berücksichtigung von Krankheiten und auch der Fruchtbarkeit in Form von geborenen Kälbern sollte jedoch bei Effizienzüberlegungen trotzdem berücksichtigt werden. In der vorliegenden Arbeit dürften die Auswirkungen dieser Aspekte jedoch nicht sonderlich hoch gewesen sein. Trotzdem wirken sich Gesundheit und Fruchtbarkeit der Tiere im Zusammenhang mit der Nutzungsdauer stark auf ihre Effizienz und auch auf die Wirtschaftlichkeit aus. Die Krankheitsfrequenzen waren relativ gering, wobei aber einige der wichtigsten Krankheiten bzw. Stoffwechselstörungen berücksichtigt werden konnten. Auf Grund fehlender Informationen zu Behandlungskosten bzw. Krankheitskosten war es nicht möglich, Krankheiten noch umfassender zu berücksichtigen, was aber bei weiterführenden Arbeiten angedacht werden könnte.

In einer zukünftigen Arbeit könnten auch Stoffwechselparameter bzw. die Energiebilanz der Tiere genauer erfasst werden. Dazu wird es notwendig sein, die aufgenommene Futtermenge bzw. die Energie- und Nährstoffgehalte der jeweiligen Rationen zu kennen, um ein Bild der energetischen Versorgung der Kühe zu erhalten. Neben Daten zum Fütterungsmanagement und Rationsgestaltung sollten auch die Daten zu Lebendmasse und Körperkondition (über BCS) berücksichtigt werden. Auf jeden Fall ist der energetische Status der Tiere bei Effizienzbetrachtungen mit einzubeziehen (siehe Abschnitt 2.5).
Ein weiterer Punkt, der ebenso bei weiteren Untersuchungen beachtet werden könnte, ist die genetische Ausstattung der Tiere bzw. ihre Zuchtwerte, da für die Realisierung von phänotypischen Leistungen neben den bereits angesprochenen Umweltfaktoren (Rationszusammensetzung, Fütterungsregime, Besamungs- bzw.

Fruchtbarkeitsmanagement) auch andere Aspekte der Haltungsumwelt (Behandlungen, Kuhkomfort, Hygiene) sowie die genetische Veranlagung der Tiere eine Rolle spielen.

Die gewählten Effizienzparameter, die neben ECM-Laktationsleistung, mittlerer metabolischer Lebendmasse und Zwischenkalbezeit auch das Auftreten von Krankheiten und geborenen Kälbern miteinbeziehen, ermöglichen die Berücksichtigung des Einflusses von verschiedenen Aspekten auf die Effizienz. Die Milchleistung scheint auf Grund ihrer relativ hohen Variation zwischen den Gruppen den größten Einfluss auf die Effizienz zu haben, während die mittlere metabolische Lebendmasse und die Zwischenkalbezeit weniger ausgeprägte Effekte zeigen. Dass die Laktationsleistung einen Einfluss auf die Effizienz hat, zeigt auch der Vergleich mit der Literatur, welche in puncto Milchmenge relativ einheitliche Ergebnisse liefert.

Möglich ist auch, dass bei einer anderen Auswertungsvariante andere Ergebnisse auftreten. Beispielsweise könnten die Kühe innerhalb eines Betriebes in die drei verschiedenen Effizienzgruppen eingeteilt werden. Alle Tiere über alle Betriebe, die jeweils in Gruppe H, M oder N eingestuft werden, könnten in weiterer Folge zusammengefasst werden (alle Tiere aus Gruppe H von Betrieb A + alle Tiere Gruppe H aus Betrieb B + …). Die Kategorisierung, die bei dieser Untersuchung Basis des Effizienzmaßes erfolgt ist, könnte auch auf Grund anderer Parameter (z.B. Gesamtzuchtwert) vorgenommen werden.

6 Schlussfolgerungen

Mit Hilfe der vorliegende Effizienzparameter wurde versucht, die Produktionseffizienz von Milchkühen zu erfassen. Bei einem der getesteten Effizienzparameter gehen neben der Milchleistung, der Lebendmasse und der Zwischenkalbezeit auch Zu- und Abschläge zur ECM-Laktationsleistung auf Basis von Erkrankungen bzw. geborenen Kälbern ein. Damit sollte berücksichtigt werden, dass Krankheiten bzw. Stoffwechselstörungen sowohl negative Auswirkungen auf die Milchproduktion, als auch auf die Wirtschaftlichkeit und Tiergesundheit sowie die Nutzungsdauer haben können. Es zeigte sich allerdings, dass diese Zu- und Abschläge zur Laktationsleistung beim Großteil der Kühe nur zu relativ geringen Korrekturen an der ECM-Laktationsleistung führen.

In Hinblick auf die eingangs formulierte Fragestellungen lassen sich folgende Schlussfolgerungen ableiten, die hier, soweit möglich, für alle Rassen formuliert werden sollen.

Effizientere Tiere (Effizienzgruppe H) weisen eine höhere Laktationsleistung als die Tiere der anderen Effizienzgruppen auf. Dies gilt sowohl bei Effizienzparameter EFF1 als auch für EFF2. Gleichzeitig besitzen sie eine geringere Lebendmasse als weniger effiziente Tiere, allerdings sind hier die Unterschiede im Vergleich zur Laktationsleistung wesentlich geringer ausgeprägt. Fleckviehtiere der Gruppe H sind signifikant leichter als Tiere der Gruppen M und N. Bei Brown Swiss konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede in der Lebendmasse ermittelt werden, ebenso

bei Holstein Friesian zwischen Tieren der Gruppen H und M. Diese Ergebnisse gelten für beide Effizienzparameter. Hinsichtlich der Zwischenkalbezeit sind Tiere in Effizienzgruppe H bei beiden Effizienzparametern besser als Tiere in Effizienzgruppe N, weisen also eine kürzere Zwischenkalbezeit auf. Auch die Anzahl der Besamungen für eine erfolgreiche Trächtigkeit ist bei Tieren in Gruppe H signifikant geringer als bei Kühen der Gruppe N, dies gilt bei EFF1 und EFF2. Die Veränderung der Lebendmasse bzw. der Körperkondition zu Laktationsbeginn unterscheidet sich zwischen den Effizienzgruppen kaum. Bei Fleckvieh war bei beiden Effizienzparametern die Veränderung der Körperkondition bei Tieren der Gruppe H geringer als bei Kühen der Gruppe N. Bei HF- bzw. BS Kühen waren die Unterschiede zwischen den Gruppen nicht statistisch signifikant. An dieser Stelle sei noch einmal darauf hingewiesen, dass bei einigen Merkmalen auf Grund der signifikanten Wechselwirkung von Effizienzgruppe und Betrieb die Berechnungen von Least Squares Mittelwerten für die Haupteffekte durch das Statistikprogramm nicht möglich war und diese daher einer sorgfältigen Interpretation bedürfen.

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass die effizientesten Tiere mit einer hohen Milchleistung im Hinblick auf Fruchtbarkeitskennwerte nicht schlechter abschneiden als weniger effiziente Tiere. Mehrere Aspekte sind hier zu berücksichtigen, welche das Zustandekommen dieser Ergebnisse erklären können. Die Veränderungen der Lebendmasse und Körperkondition weisen darauf hin, dass die negative Energiebilanz sowohl bei effizienteren Tieren als auch bei weniger effizienten Kühen ähnlich hoch war. Da die Kühe in der Effizienzgruppe H aber durchwegs eine hohe Milchleistung aufweisen, könnten hier die Ursachen im Bereich der Rationsgestaltung bzw. des Fütterungsmanagements gesucht werden. Auch eine genetische Veranlagung der Kühe für ein höheres Futteraufnahmevermögen ist denkbar. Eine ausgeprägte negative Energiebilanz zu Laktationsbeginn ist auch im Zusammenhang mit dem Auftreten von Stoffwechselstörungen zu sehen. Hier zeigen die Ergebnisse kein eindeutiges Bild, wonach höherleistende bzw. effizientere Tiere schlechter abschneiden. Im Gegenteil, Tiere in der Effizienzgruppe N weisen einen höheren Anteil von Krankheiten bzw. Stoffwechselstörungen auf, was das Zustandekommen einer geringeren Milchleistung und schlechterer Fruchtbarkeitskennwerte erklären könnte. Die Unterschiede im Auftreten von Krankheiten sind aber nur in relativ wenigen Fällen statistisch signifikant. In Hinblick auf das Fruchtbarkeitsgeschehen könnten auch eine unterschiedlich gute Brunstbeobachtung und das Besamungsmanagement auf den Betrieben einflussgebend sein. An dieser Stelle sei jedoch angeführt, dass weder Daten zur Fütterung der Tiere oder andere Managementmerkmale für die Auswertung zur Verfügung standen. Die Berechnungsweise beim Merkmal Zwischenkalbezeit, bei dem neben tatsächlich beobachteten Abkalbungen auch errechnete Zwischenkalbezeiten bzw. Werte aus der Literatur herangezogen wurden, könnte ebenso einen Einfluss auf die diesbezüglichen Ergebnisse haben. Beim Vorhandensein von Daten zu anderen Faktoren in den Bereichen Fütterung und Haltung hätten diese entsprechend in den statistischen Auswertungen berücksichtigt werden können.

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Verknüpfung der Datensätze und Aufbereitung der Daten
Abbildung 2: Verlauf der energiekorrigierten Milchmenge bei Fleckvieh in den verschiedenen Laktationsgruppen.
Abbildung 3: Verlauf der energiekorrigierten Milchmenge bei Brown Swiss in den verschiedenen Laktationsgruppen.
Abbildung 4: Anteil von Zuschlägen und Abschlägen an der Laktationsleistung.
Abbildung 5: Verteilung des Merkmals kg energiekorrigierte Milch kg ECM pro kg metabolische Lebendmasse pro Tag bei Fleckvieh, Effizienzgruppen eingeteilt nach EFF1.
Abbildung 6: Zwischenkalbezeit in Tagen bei Fleckvieh unter Berücksichtigung der Wechselwirkung zwischen Effizienzgruppe und Laktationsgruppe bei Effizienzparameter EFF1.
Abbildung 7: Besamungsindex bei Fleckvieh unter Berücksichtigung der Wechselwirkung zwischen Effizienzgruppe und Laktationsgruppe bei Effizienzparameter EFF1.
Abbildung 8: Verteilung des Merkmals kg energiekorrigierte Milch kg ECM pro kg metabolische Lebendmasse pro Tag bei Fleckvieh, Effizienzgruppen eingeteilt nach EFF2.
Abbildung 9: Zwischenkalbezeit in Tagen bei Fleckvieh unter Berücksichtigung der Wechselwirkung zwischen Effizienzgruppe und Laktationsgruppe bei Effizienzparameter EFF2.
Abbildung 10: Verteilung des Merkmals kg energiekorrigierte Milch kg ECM pro kg metabolische Lebendmasse pro Tag bei Brown Swiss, Effizienzgruppen eingeteilt nach EFF1.
Abbildung 11: Verteilung des Merkmals kg energiekorrigierte Milch kg ECM pro kg metabolische Lebendmasse pro Tag bei Brown Swiss, Effizienzgruppen eingeteilt nach EFF2.
Abbildung 12: Verteilung des Merkmals kg energiekorrigierte Milch kg ECM pro kg metabolische Lebendmasse pro Tag bei Holstein Friesian, Effizienzgruppen eingeteilt nach EFF1.
Abbildung 13: Verteilung des Merkmals kg energiekorrigierte Milch kg ECM pro kg metabolische Lebendmasse pro Tag bei Holstein Friesian, Effizienzgruppen eingeteilt nach EFF2.

Tabelle 1: Übersicht über verschiedene Effizienzparameter.
Tabelle 2: Einfluss der Nutzungsdauer auf die Futtereffizienz inklusive Aufzucht.
Tabelle 3: Abgangsursachen bei Milchvieh in Österreich über alle Rassen und alle Laktationen für das Jahr 2014.
Tabelle 4: Kosten ausgewählter Krankheiten, jeweils ohne entgangener Milchertrag.
Tabelle 5: Erlöse aus Kälberverkauf.
Tabelle 6: Verteilung der Zwischenkalbezeit bei abgegangenen und nicht abgegangenen Kühen.
Tabelle 7: Beschreibung der Rohdaten aus den Testtagserhebungen.

Tabelle 8: Beschreibung der Daten im Datensatz zur Effizienzberechnung.
Tabelle 9: Rangkorrelationen nach Spearman verschiedener Produktionsmerkmale.
Tabelle 10: Unterschiede der Effizienzgruppen (EFF1) hinsichtlich verschiedener Merkmale bei Fleckvieh.
Tabelle 11: Krankheitsfrequenzen im Datensatz für Fleckvieh.
Tabelle 12: Unterschiede zwischen dem Anteil kranker Tiere hinsichtlich der verschiedenen Effizienzgruppen bei Effizienzparameter EFF1 bei Fleckvieh.
Tabelle 13: Unterschiede der Effizienzgruppen (EFF2) hinsichtlich verschiedener Merkmale bei Fleckvieh.
Tabelle 14: Unterschiede zwischen dem Anteil kranker Tiere hinsichtlich der verschiedenen Effizienzgruppen bei Effizienzparameter EFF2 bei Fleckvieh.
Tabelle 15: Unterschiede der Effizienzgruppen (EFF1) hinsichtlich verschiedener Merkmale bei Brown Swiss.
Tabelle 16: Krankheitsfrequenzen im Datensatz für Brown Swiss.
Tabelle 17: Unterschiede zwischen dem Anteil kranker Tiere hinsichtlich der verschiedenen Effizienzgruppen bei Effizienzparameter EFF1 bei Brown Swiss.
Tabelle 18: Unterschiede der Effizienzgruppen (EFF2) hinsichtlich verschiedener Merkmale bei Brown Swiss.
Tabelle 19: Unterschiede zwischen dem Anteil kranker Tiere hinsichtlich der verschiedenen Effizienzgruppen bei Effizienzparameter EFF2 bei Brown Swiss.
Tabelle 20: Unterschiede der Effizienzgruppen (EFF1) hinsichtlich verschiedener Merkmale bei Holstein Friesian.
Tabelle 21: Krankheitsfrequenzen im Datensatz für Holstein Friesian.
Tabelle 22: Unterschiede zwischen dem Anteil kranker Tiere hinsichtlich der verschiedenen Effizienzgruppen bei Effizienzparameter EFF1 bei Holstein Friesian.
Tabelle 23: Unterschiede der Effizienzgruppen (EFF2) hinsichtlich verschiedener Merkmale bei Holstein Friesian.
Tabelle 24: Unterschiede zwischen dem Anteil kranker Tiere hinsichtlich der verschiedenen Effizienzgruppen bei Effizienzparameter EFF2 bei Holstein Friesian.

Literaturverzeichnis

AWI (Bundesanstalt für Agrarwirtschaft). AWI Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten für die Milchkuhhaltung- Daten für Fleckvieh, Braunvieh und Holstein Friesian. http://www.awi.bmlfuw.gv.at/idb/milchkuhhaltung.html, abgerufen am 04.03.2015.

Bayram B., Güler O., Yanar M., & Akbulut Ö. (2006). Relationships among Body Weight, Body Measurements and Estimated Feed Efficiency Characteristics in Holstein Friesian Cows. Journal of Tekirdag Agricultural Faculty 3. 64-67.

Beaudeau F., Ducrocq V., Fourichon C., & Seegers H. (1995). Effect of disease on length of productive life of French Holstein dairy cows assessed by survival analysis. Journal of Dairy Science 78. 103-117.

Berge A. C., & Vertenten G. (2014). A field study to determine the prevalence, dairy herd management systems, and fresh cow clinical conditions associated with ketosis in western European dairy herds. Journal of Dairy Science 97. 2145–54.

Berry D.P., Buckley F., Dillon P., Evans R.D., Rath M., & Veerkamp R.F. (2003). Genetic relationships among body condition score, body weight, milk yield, and fertility in dairy cows. Journal of Dairy Science 86. 2193-2204.

Berry D.P., & Crowley J.J., (2013). CELL BIOLOGY SYMPOSIUM: Genetics of feed efficiency in dairy and beef cattle. Journal of Animal Science 91. 1594- 1613.

Berry D. P., & Pryce J. E. (2014). Feed Efficiency in Growing and Mature Animals. Proceedings, 10th World Congress of Genetics Applied to Livestock Production.

Blake R.W., & Custodio A.A. (1984). Feed efficiency: A composite trait of dairy cattle. Journal of Dairy Science 67. 2075-2083.

Boichard D., & Brochard M. (2012). New phenotypes for new breeding goals in dairy cattle. Animal. 544-550.

Bowley S.R. (2013). Usage notes: pdmix800.sas macro. http://www.plant.uoguelph.ca/sites/plant.uoguelph.ca/files/forages/pdmix800-help.pdf, abgerufen am 08.03.2016.

Britt J.S., Thomas R.C., Speer N.C., & Hall M.B. (2003). Efficiency of converting nutrient dry matter to milk in Holstein herds. Journal of Dairy Science 11. 3796- 3801.

Brody S. (1945). Bioenergetics and Growth. Rheinhold, New York. Zitiert in: Veerkamp R., & Emmans G. (1995). Sources of genetic variation in energetic efficiency of dairy cows. Livestock Production Science 44. 87-97.

Buttchereit N., Stamer E., Junge W., & Thaller G. (2012). Genetic parameters for energy balance, fat/protein ratio, body condition score and disease traits in German Holstein cows. Journal of Animal Breeding and Genetics 129. 280-288.

Cha E., Hertl J. A., Bar D., & Gröhn Y. T. (2010). The cost of different types of lameness in dairy cows calculated by dynamic programming. Preventive Veterinary Medicine 97. 1–8. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.prevetmed.2010.07.011.

Coleman J., Berry D.P., Pierce K.M., Brennan A., & Horan B. (2010). Efficiency of Dairy Cows differing in Body Size when Feed Quality is varied. Journal of Dairy Science 93. 4318-4331.

Collard B.L., Boettcher P.J., Dekkers J.C.M., Peticlerc D., & Schaeffer L.R. (2000). Relationships between energy balance and health traits of dairy cattle in early lactation. Journal of Dairy Science 83. 2683-2690.

Connor E. E., Hutchison J. L., Olson K. M., & Norman H. D. (2012). TRIENNIAL LACTATION SYMPOSIUM : Opportunities for improving milk production efficiency in dairy cattle. Journal of Animal Science 90. 1687–1694.

Crews D.H. (2005). Genetics of efficient feed utilization and national cattle evaluation: a review. Genetics and Molecular Research 4. 152-165.

Custodio A.A., Blake R.W., Dahm P.F., Cartwright T.C., Schelling G.T., & Coppock C.E. (1983). Relationships between measures of feed efficiency and transmitting ability for milk of Holstein cows. Journal of Dairy Science 66. 1937-1946.

De Vries M.J., & Veerkamp R.F. (2000). Energy balance of dairy cattle in relation to milk production variables and fertility. Journal of Dairy Science 83. 82-89.

Detilleux J.C., Gröhn Y.T., & Quaas R.L. (1994). Effects of clinical ketosis on test day milk yields in Finnish Ayrshire cattle. Journal of Dairy Science 77. 3316-3323.

Dhaliwal G.S., Murray R.D., & Hobson H. (1996). Effects of milk yield, and calving to first service interval, in determining herd fertility in dairy cows. Animal Reproduction Science 41. 109-117.

Dumont B., Fortun-Lamothe L., Jouven M., Thomas M., & Tichit M. (2013). Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century. Animal 7. 1028–43.

Egger-Danner C., Cole J. B., Pryce J. E., Gengler N., Heringstad B., Bradley A., & Stock K. F. (2014). Invited review: overview of new traits and phenotyping strategies in dairy cattle with a focus on functional traits. Animal. 1–17.

Edwards J.L., & Tozer P.R. (2004). Using activity and milk yield as predictors of fresh cow disorders. Journal of Dairy Science 87. 524-531.

Enting H., Kooij D., Dijkhuizen A.A., Huirne R.B.M., & Noordhuizen-Stasssen E.N. (1997). Economic losses due to clinical lameness in dairy cattle. Livestock Production Science 49. 259-267.

Essl A. (1998). Longevity in dairy cattle breeding: a review. Livestock Production Science 57. 79–89.

Fleischer P., Metzner M., Beyerbach M., Hoedemaker M., & Klee W. (2001). The relationship between milk yield and the incidence of some diseases in dairy cows. Journal of Dairy Science 84. 2025-2035.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2006). Livestock's long shadow- environmental issues and options. FAO, Rom.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2009). The state of Food and Agriculture- Livestock in the Balance. FAO, Rom.

Fürst C., & Fürst-Waltl B. (2006). Züchterische Aspekte zu Kalbeverlauf , Totgeburtenrate und Nutzungsdauer in der Milchviehzucht. Züchtungskunde 78. 365–383.

Fürst C. (2015). Persönliche Mitteilung vom 01.06.2015.

Green L.E., Hedges V.J., Schukken Y.H., Blowey R.W., & Packington A.J. (2002). The impact of clinical lameness on the milk yield of dairy cows. Journal of Dairy Science 85. 2250-2256.

Gröhn Y. T., Eicker S. W., Ducrocq V., & Hertl J. A. (1998). Effect of diseases on the culling of Holstein dairy cows in New York State. Journal of Dairy Science 81. 966–978.

Grummer R.R. Mashek D.G., & Hayirli A. (2004). Dry matter intake and energy balance in the transition period. Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice 20. 447-470.

Haiger A., & Knaus W. (2010). Vergleich von Fleckvieh und Holstein Friesian in der Milch- und Fleischleistung 1. Mitteilung: Milchleistungsvergleich ohne Kraftfutter. Züchtungskunde 82. 131-143.

Halasa T., Huijps K., Østerås O., & Hogeveen H. (2007). Economic effects of bovine mastitis and mastitis management: a review. Veterinary Quarterly 29. 18–31.

Hayes B. J., Lewin H. A., & Goddard M. E. (2013). The future of livestock breeding: Genomic selection for efficiency, reduced emissions intensity, and adaptation. Trends in Genetics 29. 206–214.

Heissenhuber A., & Zehetmeier M. (2010). Ökonomische und ökologische Aspekte der Nutzung von Biomasse durch den Wiederkäuer. 23. Hülsenberger Gespräche 2010, Lübeck. 47-55.

Heringstad B., Chang Y.M., Gianola D., & Klemetsdal G. (2005). Genetic analysis of clinical mastitis, milk fever, ketosis, and retained placenta in three lactations of Norwegian red cows. Journal of Dairy Science 88. 3273-3281.

Hibbs J. W. (1950). Milk Fever (Parturient Paresis) in Dairy Cows—A Review. Journal of Dairy Science 33. 758–789.

Hortet P., & Seegers H. (1998). Loss in milk yield and related composition changes resulting from clinical mastitis in dairy cows. Preventive Veterinary Medicine 37. 1–20.

Hultgren J., Svensson C., & Pehrsson M. (2011). Rearing conditions and lifetime milk revenues in Swedish dairy cows. Livestock Science 137. 108-115.

Jeroch H., Drochner W., & Simon O. (2008). Ernährung landwirtschaftlicher Nutziere. 2. Auflage, UTB.

Koeck A., Miglior F., Jamrozik J., Kelton D. F., & Schenkel F. S. (2013). Genetic associations of ketosis and displaced abomasum with milk production traits in early first lactation of Canadian Holsteins. Journal of Dairy Science 96. 4688–96.

König S., Chang Y.M., v.Borstel U.U., Gianola D., & Simianer H. (2008). Genetic and phenotypic relationships among milk urea nitrogen, fertility, and milk yield in holstein cows. Journal of Dairy Science 91. 4372-4382.

Kossaibati M. A., & Esslemont R. J. (1997). The costs of production diseases in dairy herds in England. Veterinary Journal 154. 41–51.

Ledinek M., & Gruber L. (2014). Erhebung von Körpermaßen und BCS im Laktationsverlauf und ihre Beziehungen zu Lebendmasse und Energiebilanz. 41. Viehwirtschaftliche Fachtagung LFZ Raumberg- Gumpenstein. 31-44.

Löf E., Gustafsson H., & Emanuelson U. (2007). Associations between herd characteristics and reproductive efficiency in dairy herds. Journal of Dairy Science 90. 4897-4907.

Lopez H., Satter L.D., & Wiltbank M.C. (2004). Relationship between level of milk production and estrous behavior of lactating dairy cows. Animal Reproduction Science 88. 359-363.

Misselbrook T., Prado A., & Chadwick D. (2013). Opportunities for reducing environmental emissions from forage- based dairy farms. Agricultural and Food Science. 93–107.

Niemann H., Kuhla B., & Flachowsky G. (2011). Perspectives for feed-efficient animal production. Journal of Animal Science 89. 4344–63.

Obritzhauser W. (2015). Kosten für Krankheiten. Persönliche Mitteilung Birgit Fürst-Waltl vom 12.02.2015.

Patton J., Kenny D.A., McNamara S., Mee J.F., O'Mara F.P., Diskin M.G., Murphy J.J. (2007). Relationships among milk production, energy balance, plasma analytes, and reproduction in Holstein-Friesian cows. Journal of Dairy Science 90. 649-658.

Peters A.R. (1996). Herd management for reproductive efficiency. Animal Reproduction Science 42. 455-464.

Piccand V., Cutullic E., Meier S., Schori F., Kunz P.L., Roche J.R., & Thomet P. (2013). Production and reproduction of Fleckvieh, Brown Swiss, and 2 strains of Holstein-Friesian cows in a pasture-based, seasonal-calving dairy system. Journal of Dairy Science 96. 5352-5363.

Pirlo G., Miglior F., & Speroni M. (2000). Effect of age at first calving on production traits and on difference between milk yield returns and rearing costs in Italian Holsteins. Journal of Dairy Science 83. 603-608.

Pösö J., & Mäntysaari E. (1996). Relationships between clinical mastitis, somatic cell score, and production for the first three lactations of Finnish Ayrshire. Journal of Dairy Science 79. 1284-1291.

Prendiville R., Pierce K.M., & Buckley F. (2009). An evaluation of production efficiencies among lactating Holstein-Friesian, Jersey, and Jersey x Holstein-Friesian cows at pasture. Journal of Dairy Science 92. 6176-6185.

Pryce J., Veerkamp R.F., Thompson R., Hill W.G., & Simm G. (1997). Genetic aspects of common health disorders and measures of fertility in Holstein Friesian dairy cattle. Animal Science 65. 353-360.

Rajala-Schultz P.J., Gröhn Y.T., & McCulloch C.E. (1999). Effects of milk fever, ketosis, and lameness on milk yield in dairy cows. Journal of Dairy Science 82. 288-294.

Rauw W.M., Kanis E., Noordhuizen- Stassen E. N., & Grommers F.J. (1998). Undesirable side effects of selection for high production efficiency in farm animals: a review. Livestock Production Science 56. 15-33.

Reist M., Erdin D., von Euw D., Tschuemperlin K., Leuenberger H., Delavaud C., Chilliard Y., Hammon H.M., Kuenzi N., & Blum J.W. (2003). Concentrate Feeding Strategy in Lactating Dairy Cows: Metabolic and Endocrine Changes with Emphasis on Leptin. Journal of Dairy Science 86. 1690-1706.

Roche J. F. (2006). The effect of nutritional management of the dairy cow on reproductive efficiency. Animal Reproduction Science 96. 282–296.

Roche J.R., Friggens N.C., Kay J.K., Fisher M.W., Stafford K.J., & Berry D.P. (2009). Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. Journal of Dairy Science 92. 5769-5801.

Rouha-Mülleder C., Iben C., Wagner E., Laaha G., Troxler J., & Waiblinger S. (2009). Relative importance of factors influencing the prevalence of lameness in Austrian cubicle loose-housed dairy cows. Preventive Veterinary Medicine 92. 123-133.

Rupp R., & Boichard D. (1999). Genetic parameters for clinical mastitis, somatic cell score, production, udder type traits, and milking ease in first lactation Holsteins. Journal of Dairy Science 82. 2198-2204.

SAS 9.2. User Guide (2015). Overview: NLIN Procedure. http://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63033/HTML/default/viewer.htm#statug_nlin_sect001.htm, abgerufen am 09.10.2015.

Schneeberger M. (1978). Der Verlauf der Laktationskurve und die Schätzung der Milchleistung beim schweizerischen Braunvieh. Dissertation ETH Zürich. Diss. ETH Nr. 6168.

Schöpke K., Weidling S., Pijl R., & Swalve H.H. (2013). Relationships between bovine hoof disorders, body condition traits, and test-day yields. Journal of Dairy Science 96. 679-689.

Schwager-Suter R. (1999). Efficiency of Dairy Cows differing in Body Size when Feed Quality is varied. Dissertation ETH Zürich. Diss. ETH Nr. 13368.

Silvestre A.M., Petim-Batista F., & Colaco J. (2006). The accuracy of seven mathematical functions in modeling dairy cattle lactation curves based on test-day records from varying sample schemes. Journal of Dairy Science 89. 1813-1821.

Simianer H., Solbu H., & Schaeffer L. (1991). Estimated Genetic Correlations Between Disease and Yield Traits in Dairy Cattle. Journal of Dairy Science 74. 4358-4365.

Søndergaard E., Sørensen M.K., Mao I.L., & Jensen J. (2002). Genetic parameters of production, feed intake, body weight, body composition, and udder health in lactating dairy cows. Livestock Production Science 77. 23-34.

Spurlock D.M., Dekkers J.C.M., Fernando R., Koltes D.A., & Wolc A. (2012). Genetic parameters for energy balance, feed efficiency, and related traits in Holstein Cattle. Journal of Dairy Science 95. 5393-5402.

Steinwidder A. (1999). Modellrechnungen zum Einfluss der Lebendmasse von Milchkühen auf Futtereffizienz und Kraftfutterbedarf. 10. Wissenschaftstagung ökologischer Landbau, Band 2. 30-33.

Tamminga S., Luteijn P.A., & Meijer R.G.M. (1997). Changes in composition and energy content of liveweight loss in dairy cows with time after parturition. Livestock Production Science 52. 31-38.

Thomet P., & Durgiai B. (2008). Effizienzparameter der Milchproduktion auf Stufe Betrieb. In: Thomet, P., Menzi H., & Isselstein: Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau, Band 9. 29-42.

Thomet P., & Piccand V. (2011). Ressourceneffiziente Milchproduktion- Welcher Kuhtyp ist geeignet? 38. Viehwirtschaftliche Fachtagung LFZ Raumberg-Gumpenstein. 11-18.

Thomet P., Ineichen J., & Jörg H. (2014). Züchten von Kühen für eine effiziente graslandbasierte Milchproduktion. In: Reidy B., Gegis B., & Thomet P.: Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau, Band 16. 61-70.

Uribe H.A., Kennedy B.W., Martin S.W., & Kelton D.F. (1995). Genetic parameters for common health disorders of Holstein cows. Journal of Dairy Science 78. 421-430.

Vallimont J.E., Dechow C.D., Daubert J.M., Dekleva M.W., Blum, J.W., Bartlieb C.M., Liu W., Varga G.A., Heinrichs A.J., & Baumrucker C.R. (2010). Genetic parameters of feed intake, production, body weight, body condition score, and selected type traits of Holstein cows in commercial tie-stall barns. Journal of Dairy Science 93. 4892-4901.

Vallimont J.E., Dechow C.D., Daubert J.M., Dekleva M.W., Blum, J.W., Bartlieb C.M., Liu W., Varga G.A., Heinrichs A.J., & Baumrucker C.R. (2011). Heritability of gross feed efficiency and associations with yield, intake, residual intake, body weight, and body condition score in 11 commercial Pennsylvania tie stalls. Journal of Dairy Science 94. 2108-2113.

VandeHaar M.J. (1998). Efficiency of nutrient use and relationship to profitability on dairy farms. Journal of Dairy Science 81. 272-282.

VandeHaar M. J., & St-Pierre N. (2006). Major advances in nutrition: relevance to the sustainability of the dairy industry. Journal of Dairy Science 89. 1280–1291.

Varga G., & Dechow C. (2013). Can We Use Residual Feed Intake to Enhance Dairy Production Efficiency ? Tri State Dairy Nutrition Conference. 131–140.

Veerkamp R., & Emmans G. (1995). Sources of genetic variation in energetic efficiency of dairy cows. Livestock Production Science 44. 87-97.

Veerkamp R.F., Emmans G.C., Cromie A.R., & Simm G. (1995). Variance components for residual feed intake in dairy cows. Livestock Production Science 41. 111-120.

Veerkamp R.F. (1998). Selection for Economic Efficiency of Dairy Cattle Using Information on Live Weight and Feed Intake: A Review. Journal of Dairy Science 81. 1109-1119.

Veerkamp R.F., Oldenbroek J.K., Van der Gaast H.J., & Van der Werff J.H.J. (2000). Genetic Correlation Between Days Until Start of Luteal Activity and Milk Yield, Energy Balance, and Live Weights. Journal of Dairy Science 83. 577-583.

Villa-Godoy A., Hughes T.L., Emery R.S., Chapin L.T., & Fogwell R.L. (1988). Association between Energy Balance and Luteal Function in Lactating Dairy Cows. Journal of Dairy Science 71. 1063-1072.

Wade G.N., & Jones J.E. (2004). Neuroendocrinology of nutritional infertility. Am. J. Physiol. 287. R1227-R1296.

Walsh S. W., Williams E. J., & Evans a. C. O. (2011). A review of the causes of poor fertility in high milk producing dairy cows. Animal Reproduction Science 123. 127–138.

Wangler A., Blum E., Böttcher I., & Sanftleben P. (2009). Lebensleistung und Nutzungsdauer von Milchkühen aus der Sicht einer effizienten Milchproduktion. Züchtungskunde 81. 341-360.

Weber C., Hametner C., Tuchscherer A., Losand B., Kanitz E., Otten W., Singh S.P., Bruckmaier R.M., Becker F., Kanitz W., & Hammon H.M. (2013). Variation in fat mobilization during early lactation differently affects feed intake, body condition, and lipid and glucose metabolism in high-yielding dairy cows. Journal of Dairy Science 96. 168-180.

Weiss J. (2013). Grundfutterleistung einheitlich berechnen. Grundfuttermittel einheitlich berechnen. 1–4. Available from: http://www.dlg.org/fileadmin/downloads/fachinfos/futtermittel/grundfutter.pdf.

Wilkinson J.M. (2011). Re-defining efficiency of feed use by livestock. Animal. 1014-1022.

Williams Y.J., Pryce J.E., Grainger C., Wales W.J., Linden N., Porker M., & Hayes B.J. (2011). Variation in residual feed intake in Holstein-Friesian dairy heifers in southern Australia. Journal of Dairy Science 94. 4715-4725.

Wilson D.J., Gonzales R.N., Hertl J., Schulte H.F., Bennett G.J., Schukken Y.H., & Gröhn Y.T. (2004). Effect of clinical mastitis on the lactation curve: a mixed model estimation using daily milk weights. Journal of Dairy Science 87. 2073-2084.

Windig J.J., Calus M.P.L., & Veerkamp R.F. (2005). Influence of herd environment on health and fertility and their relationship with milk production. Journal of Dairy Science 88. 335-347.

Wood P.D.P. (1967). Algebraic model of the lactation curve in dairy cattle. Nature 216. 164-165. Zitiert in: Silvestre A.M., Petim-Batista F., & Colaco J. (2006). The accuracy of seven mathematical functions in modeling dairy cattle lactation curves based on test-day records from varying sample schemes. Journal of Dairy Science 89. 1813-1821.

Zentrale Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Rinderzüchter (ZAR). Rinderrassen. http://www.zar.at/Rinderzucht-in-Oesterreich/Rinderrassen.html, abgerufen am 09.09.2015.

ZuchtData (2014). ZuchtData Jahresbericht 2014. ZuchtData EDV- Dienstleistungen GmbH. Wien.