

**Aus der Klinik für Klautiere  
des Fachbereichs Veterinärmedizin  
der Freien Universität Berlin**

**Ökonomische Bewertung von Erkrankungsfällen  
bei Milchkühen mithilfe des herdatenbasierten  
Kalkulationsmoduls „Entgangener Ertrag“**

**Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Grades eines  
Doktors der Veterinärmedizin  
an der  
Freien Universität Berlin**

**vorgelegt von  
Sebastian Metz  
Tierarzt aus Siegburg**

**Berlin 2019  
Journal-Nr.: 4159**







**Aus der Klinik für Kleintiere  
des Fachbereichs Veterinärmedizin  
der Freien Universität Berlin**

**Ökonomische Bewertung von Erkrankungsfällen bei Milchkühen mithilfe des  
herdendatenbasierten Kalkulationsmoduls „Entgangener Ertrag“**

**Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Grades eines  
Doktors der Veterinärmedizin  
an der  
Freien Universität Berlin**

**vorgelegt von  
Sebastian Metz  
Tierarzt  
aus Siegburg**

**Berlin 2019**

**Journal-Nr.: 4159**

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin  
der Freien Universität Berlin

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Jürgen Zentek  
Erster Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Rudolf Staufenbiel  
Zweiter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Marcus Doherr  
Dritter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Thomas Alter

*Deskriptoren (nach CAB-Thesaurus):*

dairy cows, animal health, milk yield, dairy performance, foot diseases,  
mastitis, milk composition

Tag der Promotion: 28.11.2019

Bibliografische Information der *Deutschen Nationalbibliothek*

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<https://dnb.de>> abrufbar.

ISBN: 978-3-96729-029-5

**Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 2019**

Dissertation, Freie Universität Berlin

**D188**

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen, usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

This document is protected by copyright law.

No part of this document may be reproduced in any form by any means without prior written authorization of the publisher.

alle Rechte vorbehalten | all rights reserved

© Mensch und Buch Verlag 2019

Choriner Str. 85 - 10119 Berlin

verlag@menschundbuch.de – [www.menschundbuch.de](http://www.menschundbuch.de)

**Für Barbara, Rubald und Lauri  
sowie  
meine Eltern**



# Inhalt

1	Einleitung .....	1
2	Literatur .....	5
2.1	<i>Kuhwert</i> .....	5
2.1.1	Einleitung .....	5
2.1.2	Die Kapitalwertmethode .....	6
2.1.3	Der <i>Kuhwert</i> .....	7
2.1.4	Die Modellierung zukünftiger Ereignisse.....	9
2.1.5	Zusammenfassung und Diskussion.....	22
2.2	Andere ökonomische Ansätze.....	23
2.3	Einfluss ausgewählter Erkrankungen auf Produktionskennzahlen .....	25
2.3.1	Sohlgeschwür.....	26
2.3.2	Dermatitis Digitalis .....	29
2.3.3	Mastitis.....	34
2.3.4	Nachgeburtshaltung .....	42
2.3.5	Ketose.....	48
3	Material und Methoden.....	61
3.1	Material .....	61
3.2	Methoden .....	62
4	Ergebnisse .....	65
4.1	Beschreibung der Kalkulation des <i>Entgangenen Ertrages</i> und weiterer Modulfunktionen .....	65
4.1.1	Ergebnis je Gruppe .....	68
4.1.2	Ergebnis je Kuh.....	73
4.1.3	<i>Entgangener Ertrag</i> .....	76
4.1.4	Auswertung nach Parametern aus der Milchleistungsprüfung .....	78
4.1.5	Vergleich des <i>Income over feedcost</i> .....	79
4.1.6	Intensivanalyse .....	79
4.1.7	Übersichtsfunktion zu fünf Diagnosen .....	81

4.2	Auswertung der Betriebe 1 und 2 .....	81
4.2.1	Sohlgeschwür.....	85
4.2.2	Dermatitis Digitalis .....	89
4.2.3	Mastitis.....	93
4.2.4	Nachgeburtshaltung .....	97
4.2.5	Quotient aus Milchfett- und Milchproteingehalt.....	100
5	Diskussion.....	103
5.1	Diskussion des Moduls.....	103
5.1.1	Bildung der Vergleichsgruppen .....	103
5.1.2	Abgänge und Bestandsergänzungskosten .....	108
5.1.3	Haltungskosten .....	112
5.1.4	Berücksichtigung zukünftiger Auswirkungen von Erkrankungen.....	112
5.1.5	Erkrankung und Reproduktionsparameter .....	113
5.1.6	Definition der Milchmenge.....	114
5.1.7	Berücksichtigung weiterer Kostenarten .....	114
5.1.8	Ausgabe eines <i>Entgangenen Ertrages</i> bei fehlenden Krankheitsfällen.....	114
5.1.9	Auswertung nach Quotient aus Milchfett- und Milchproteingehalt.....	115
5.1.10	Weiteres.....	115
5.1.11	Zur Statistik .....	115
5.1.12	Ausgabe von Grenzerträgen .....	116
5.1.13	Vergleich mit <i>Kuhwert</i> und anderen Ansätzen zur ökonomischen Analyse milcherzeugender Betriebe.....	117
5.2	Diskussion der Auswertungsergebnisse der Betriebe 1 und 2 .....	118
6	Schlussfolgerungen.....	121
7	Zusammenfassung.....	123
8	Summary.....	129
9	Literaturverzeichnis .....	134
10	Anhang.....	148
11	Danksagung .....	154

12	Finanzierungsquellen / Interessenskonflikte.....	155
13	Selbstständigkeitserklärung .....	156

## Abkürzungsverzeichnis

AH	Abgangshäufigkeit
a.p.	ante partum
<i>A. pyogenes</i>	<i>Arcanobacterium pyogenes</i>
AZ	Auswertungszeitraum
BCS	Body Condition Score
BE	Bestandsergänzungskosten
$Beh_t(X_t)$	Kapitalwert zum Zeitpunkt $t$ bei Entscheidung zum Behalten
BHBA	$\beta$ -hydroxybutyric acid, $\beta$ -hydroxybutyrate <sup>1</sup>
bspw.	beispielsweise
BZ	Beobachtungszeitraum
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CHDL	claw horn disruption lesions
d	Tag(e)
DD	Dermatitis Digitalis
d.h.	das heißt
dL	Deziliter
DP	Dynamische Programmierung
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
engl.	englisch
$Ers_t(X_t)$	Kapitalwert zum Zeitpunkt $t$ bei Entscheidung zum Ersetzen
Erstlak.	Erstlaktierende
et al.	et alii
etc.	et cetera
$F_t(X_t)$	Kapitalwert eines Tieres zum Zeitpunkt $t$
$FH_t$	Kapitalwert einer zum Zeitpunkt $t$ eingesetzten Ersatzfärse
FPR	fat-to-protein ratio
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GZ	Güstzeit

---

<sup>1</sup> Zur Verwendung der Abkürzung *BHBA* siehe auch Anmerkungen in Abschnitt 2.3.5.

Hrsg.	Herausgeber
i.H.v.	in Höhe von
KB	künstliche Besamung
kg	Kilogramm
KK	Klinische Ketose
KM	Klinische Mastitis
KW	Kapitalwert
L	Liter
LD	Laktationsdrittel
LIR	Laktationsinzidenzrate
mEq	milliequivalents
Mehrf.lak.	Mehrfachlaktierende
mg	Milligramm
Mkg	Kilogramm Milch
MLP	Milchleistungsprüfung
mmol	Millimol
MNR	Marginal Net Revenue
MT	Melktag
n	Anzahl
NEFA	non-esterified fatty acids
NGV	Nachgeburtsverhaltung
No.	Number
OR	Odds Ratio
p	Signifikanzwert
$PI(X_t)$	Wkt. des unfreiwilligen Ausscheidens am Ende des Monats $t$
p.p.	post partum
$PT(X_t, m')$	Wkt. des Übergangs von Milchleistungsklasse $m$ zu $m'$
$R(X_t)$	Nettoerlöse in Monat $t$
RPO	retention pay-off
$S(X_t)$	Schlachtwert zu Beginn des Monats $t$
S.	Seite
SG	Sohlengeschwür
SKK	Subklinische Ketose
SLB	Swedish Friesian

s.o.	siehe oben
spp.	species pluralis
SRB	Swedish Red and White
<i>Staph. aureus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
TAI	timed artificial insemination
US	United States
USA	United States of America
u.a.	unter anderem, und andere
usw.	und so weiter
US\$	US-Dollar
Vgl.	Vergleich, vergleiche
vs.	versus
WLD	White Line Disease
Wkt.	Wahrscheinlichkeit
$X_t$	Zustand des Tieres zum Zeitpunkt $t$
z.B.	zum Beispiel
ZKZ	Zwischenkalbezeit
$\delta$	Diskontfaktor
$\mu\text{mol}$	Mikromol
€	Euro

# 1 Einleitung

Die gewinnorientierte Führung eines Milchviehbetriebes stellt die beteiligten Personen vor eine große Anzahl von Entscheidungsproblemen. Hierzu zählt die Wahl des Zeitpunktes, zu welchem ein in der Herde befindliches Tier durch ein neues ersetzt werden soll. Die hier verfolgte Strategie wird regelmäßig als wichtiger Faktor hinsichtlich der Profitabilität von Milchviehbetrieben angeführt (Cabrera, 2010; Heikkilä et al., 2008; De Vries, 2006a; Groenendaal et al., 2004; Van Arendonk, 1984). Im Schrifttum findet sich denn auch eine ganze Reihe von Modellen mit dem Ziel, die verantwortlichen Personen bei der Entscheidungsfindung zu unterstützen. Eine häufige Gemeinsamkeit besteht in der grundlegenden Formulierung des Entscheidungsansatzes: Um die Frage zu beantworten, ob ein bestimmtes Tier der Herde ersetzt werden soll, wird für beide alternativen Szenarien (Behalten des Tieres versus Ersetzen durch ein neues) ein zugehöriger *Kapitalwert* berechnet. Grob formuliert, handelt es sich dabei um den Saldo aller Zahlungsströme (Ein- und Auszahlungen), die sich aus dem Szenario ergeben. Wählt man als Beispiel das Szenario des Ersetzens, so entstehen etwa sofortige Zahlungsströme in Form von Anschaffungskosten für das neue Tier und eines etwaigen Schlachterlöses des ersetzten Tieres. Zusätzlich zu berücksichtigen sind jedoch Ein- und Auszahlungen, die erst für die Zukunft zu erwarten sind. Hierunter fallen, um beim Beispiel des Ersetzens zu bleiben, etwa Milcherlöse und Haltungskosten des neuen Tieres. Die Vorhersage dieser erst in Zukunft anfallenden Zahlungsströme stellt eine erhebliche methodische Herausforderung dar. Dies wird umso deutlicher, wenn man sich vergegenwärtigt, dass gegebenenfalls – das heißt bei einem entsprechenden Zeithorizont des jeweiligen Modells – sogar Zahlungsströme zu berücksichtigen sind, die nach dem Ableben des Ersatztieres anfallen: Ist der Milchviehbetrieb auf Dauer angelegt, wird auch das Ersatztier selbst nach absehbarer Zeit ersetzt usw. Der berechnete *Kapitalwert* des Szenarios Ersetzen wird verglichen mit dem (analog berechneten) *Kapitalwert*, der sich für das Szenario ergibt, dass das Bestandstier behalten wird. Dasjenige der beiden Szenarien mit dem höheren *Kapitalwert* wird als ökonomisch vorteilhaft betrachtet (Cabrera, 2012; Kalantari et al., 2010; De Vries, 2006a; Van Arendonk, 1985a).

Der beschriebene Ansatz findet sich nicht nur in verschiedenen komplexen experimentellen Modellen im Schrifttum, sondern auch als Komponente von Herdenmanagementsoftware. Die Software *Dairy Comp 305* der Firma *Valley Agricultural Software (VAS)* berechnet beispielsweise einen Index mit dem Titel „Cow Value“. Es handelt sich dabei um die Differenz zwischen dem Kapitalwert für den Fall des Behaltens eines Tieres und dem Kapitalwert für den Fall des Ersetzens durch ein neues Tier. Ein positiver *Cow Value* spricht damit für das Behalten, ein negativer für das Ersetzen (Sorge et al., 2007).

Ein solcher Index und die oben angeführten verwandten Konzepte bestehen durch ihre einfache Interpretation: Nach Bildung der Differenz der beiden Kapitalwerte bleibt im Ergebnis ein einzelner Zahlenwert. Die Handlungsempfehlung – Behalten oder Ersetzen – ergibt sich aus dem Vorzeichen. Ein grundlegender Nachteil liegt jedoch in der Tatsache, dass die Betrachtung einer einzelnen Zahl keine direkten Hinweise darauf gibt, welche anteiligen Beiträge zum Ergebnis die einzelnen Eigenschaften der betrachteten Tiere leisten. So gibt ein solcher Index u.a. keinen direkten Aufschluss über die ökonomischen Auswirkungen einer bestimmten Erkrankung. Gerade diese Information ist jedoch aus Sicht des Tierarztes – und anderer beteiligter Personen – von großem Interesse: Die Bedeutung von Erkrankungen für das ökonomische Ergebnis eines Milchviehbetriebes ist allgemeiner Konsens. Naturgemäß unterscheiden sich die einzelnen Erkrankungen dabei jedoch hinsichtlich des Ausmaßes ihrer ökonomischen Bedeutung (Liang et al., 2017; Huxley, 2013; Cha et al., 2010; Fourichon et al., 1999). Um eine wirtschaftlich fundierte Priorisierung beim Einsatz der knappen Ressourcen (Geld, Arbeitskraft usw.) zur Bekämpfung und Prophylaxe von Erkrankungen vornehmen zu können, sind Kenntnisse der Unterschiede der ökonomischen Auswirkungen der verschiedenen Erkrankungen damit unabdingbar. Vereinfacht gesagt gilt es, die Frage zu beantworten, um welche Erkrankung in einem Betrieb sich die verantwortlichen Personen zuerst kümmern sollten. Für das Beispiel der USA stellen Wenz und Giebel (2012) jedoch fest, dass sich milcherzeugende Landwirte aufgrund gestiegener Herdengrößen immer weiter entfernt haben von Fragen des routinemäßigen Gesundheitsmanagements ihrer Tiere. Angesichts des auch in der Bundesrepublik Deutschland anhaltenden Strukturwandels mit steigenden Herdengrößen in fast allen Bundesländern (Lindena et al., 2018) verdient diese Feststellung auch hierzulande Beachtung. Ein systematisches Vorgehen bei der Einschätzung von Erkrankungsfolgen und der Ableitung adäquater Handlungsstrategien gewinnt damit weiter an Bedeutung.

Vor diesem Hintergrund ist ein Computer-Modul namens „Entgangener Ertrag“ zu betrachten. Es ist als Teil der Herdenmanagementsoftware *Herde* für Milchviehbetriebe der *VIT PC-Software GmbH* erhältlich. Der Vertrieb der Software erfolgt durch die Tochterfirma *dsp-Agrosoft GmbH*. Laut dem Unternehmen ist das Ziel des Moduls die „Schätzung des Einflusses von Erkrankungen und Abgängen auf die Wirtschaftlichkeit des Betriebes“ (dsp-Agrosoft GmbH, 2018). Das Grundprinzip ist dabei wie folgt: Der Nutzer wählt eine Erkrankung aus, deren wirtschaftliche Auswirkungen er dargestellt haben möchte. Das Modul stellt daraufhin zwei Tiergruppen nebeneinander dar: Tiere mit der in Frage stehenden Diagnose und Tiere ohne diese Diagnose. Die beiden Gruppen werden mit Blick auf die in der Vergangenheit realisierte Milchleistung, Reproduktionsparameter sowie Bestandsergänzungs- und Haltungskosten miteinander verglichen. Der mit der Diagnose assoziierte *Entgangene Ertrag*,

definiert als die Differenz des ökonomischen Ergebnisses der beiden Tiergruppen, wird ausgegeben. Die Analyse der Auswirkungen von Erkrankungen erfolgt damit spezifisch für den betrachteten Betrieb. Hier liegt ein entscheidender Unterschied zu der Strategie, sich bei der Einschätzung der Auswirkungen von Erkrankungen auf Angaben des einschlägigen Schrifttums zu verlassen.

Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist die kritische Diskussion des beschriebenen Moduls. Sämtliche entsprechende Ausführungen beziehen sich hierbei auf die in Abschnitt 3.1 beschriebene Version des Softwarepakets. Die zu beantwortende Forschungsfrage ist dabei zum einen, (1) ob das Modul in seiner derzeitigen Form die Auswirkung einer Erkrankung auf das ökonomische Betriebsergebnis ausreichend präzise wiedergibt, um eine wertvolle Entscheidungshilfe darzustellen, bei der Planung von ökonomisch fundierten Investitionsstrategien im Bereich Bekämpfung und Prophylaxe von Erkrankungen. Zum anderen gilt es, nicht nur etwaige Kritikpunkte zu identifizieren, sondern auch zu erläutern, (2) welche Änderungen gegebenenfalls vorzunehmen sind, um das Modul mit Blick auf das oben genannte Anwendungsszenario methodisch weiterzuentwickeln.

Der Aufbau der vorliegenden Arbeit ist wie folgt:

Der Literaturteil (Kapitel 2) beginnt mit der noch ausführlicheren Beschreibung von Ansätzen zur Bestimmung der oben beschriebenen Kapitalwerte. Dieser Aspekt ist nicht nur, wie oben skizziert, bei der Entscheidung zum Ersetzen eines Tieres durch ein neues von Bedeutung. Vielmehr ist die Kenntnis dieser Werte auch von Relevanz, wenn es um die Berechnung von mit Erkrankungen assoziierten Kosten durch Abgänge geht. Dieser Gesichtspunkt wird später im Rahmen der Diskussion des Moduls *Entgangener Ertrag* noch einmal aufgegriffen. Einige technische und thematische Abwandlungen und Erweiterungen der erläuterten Konzepte sowie eine Reihe weiterer ökonomischer Analyse-Tools werden ebenfalls kurz angerissen.

Im weiteren Verlauf des Literaturteils folgt ein aktueller Überblick über das Schrifttum zum Zusammenhang zwischen einer Auswahl von Erkrankungen und einigen auch durch das Modul betrachteten Produktionskennzahlen. Auch hierauf wird bei der Diskussion später noch einmal zurückgegriffen.

In Kapitel 4 wird das mathematische Vorgehen zur Berechnung des *Entgangenen Ertrages* anhand eines Zahlenbeispiels ausführlich erläutert. Es folgt die Beschreibung der Ergebnisse der Anwendung des Moduls auf die Daten zweier deutscher milcherzeugender Betriebe. Angaben zur Herkunft der Daten und eine kurze Beschreibung der Betriebe finden sich bereits im vorangehenden Kapitel 3. Hier sind außerdem, neben einigen technischen Informationen zur verwendeten Software, zwei Screenshots der Modulmaske dargestellt. Diese sollen dem

bisher nicht mit dem Modul vertrauten Leser einen Eindruck vom grundlegenden Aufbau vermitteln.

Der ausführlichen Diskussion des Moduls in Kapitel 5 schließt sich mit Kapitel 6 eine resümierende Beurteilung des Moduls in seiner derzeitigen Form an. Kapitel 7 fasst schließlich die wichtigsten Aspekte der vorliegenden Arbeit noch einmal zusammen.

Dem Autor der vorliegenden Arbeit ist es ein Anliegen, festzuhalten, dass er sich der Problematik der alleinigen Verwendung der männlichen Form von Worten wie „Tierarzt“, „Landwirt“ oder auch „Nutzer“ bewusst ist – nicht nur vor dem Hintergrund des in Deutschland stetig wachsenden Frauenanteils etwa im Bereich der Veterinärmedizin. Diese sprachliche Variante wurde, nach reiflicher Überlegung, lediglich aus Gründen des – nach Empfinden des Autors – besseren Leseflusses gewählt. Selbstverständlich beschränken sich die entsprechenden Ausführungen nicht auf Angehörige des männlichen Geschlechts.

## 2 Literatur

### 2.1 Kuhwert

#### 2.1.1 Einleitung

Das Entscheidungsproblem der Wahl des Zeitpunktes, zu welchem ein in der Herde befindliches Tier durch ein neues ersetzt werden soll, bezeichnet Cabrera (2012) als „replacement problem“. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird dieser Begriff mit „Remontierungsproblem“ übersetzt. Der Begriff „Remontierung“ bezeichnet im Folgenden damit ganz allgemein den Ersatz eines Tieres durch ein neues.

Die sogenannte *Kapitalwertmethode* ist ein Werkzeug der Investitionsrechnung. Sie dient der Ermittlung der ökonomischen Vorteilhaftigkeit von Investitionsobjekten. Angewandt auf das Remontierungsproblem dient sie dem Vergleich von genau zwei Investitionsobjekten. Dabei ist das Behalten des Tieres als ein Investitionsobjekt zu betrachten, das Ersetzen als das andere. Für beide Szenarien wird ein *Kapitalwert* berechnet. Dasjenige mit dem höheren Kapitalwert wird als *relativ vorteilhaft* bezeichnet und ist damit dem anderen aus ökonomischer Sicht überlegen. Die Kapitalwertmethode lässt sich damit als ökonomische Entscheidungshilfe verwenden, um für ein konkretes Tier die Entscheidung zwischen Behalten oder Ersetzen zu unterstützen.

Der Abschnitt 2.1 ist wie folgt aufgebaut: Abschnitt 2.1.2 liefert zunächst eine noch etwas detailliertere Einführung in das Grundprinzip der Kapitalwertmethode anhand von Beispielen. Anschließend wird in Abschnitt 2.1.3 ein ökonomischer Index beschrieben, welcher auf der Kapitalwertmethode basiert und speziell auf den Anwendungsfall des Remontierungsproblems zugeschnitten ist: Der *Kuhwert*.

Wie zu zeigen sein wird, bedarf es zur Ermittlung eines Kapitalwertes der Vorhersage zukünftiger Zahlungsströme. Dabei handelt es sich beispielsweise um zukünftige Erlöse aus dem Verkauf von Milch oder Futterkosten. Die methodischen Herausforderungen, die sich bei einem solchen Blick in die Zukunft ergeben, erläutert Abschnitt 2.1.4. Abschnitt 2.1.4.1 beschreibt dabei zunächst ein Modell des Remontierungsproblems aus der Literatur. Die hier noch allgemein gehaltene Modellierung der berücksichtigten Zahlungsströme wird erläutert. Im Anschluss wird in Abschnitt 2.1.4.2 dargelegt, wie das allgemeine Modell mit konkreten Zahlenwerten versehen werden kann.

Ziel der Anwendung der Kapitalwertmethode auf das Remontierungsproblem ist es, eine Remontierungspolitik zu entwickeln, die zukünftige Erträge maximiert. Es handelt sich damit um ein Optimierungsproblem. Dieses wird durch das oben genannte Modell formuliert.

Abschnitt 2.1.4.3 erläutert die Lösung des Optimierungsproblems unter Zuhilfenahme einer mathematischen Technik, die als *Dynamische Programmierung* bezeichnet wird.

Abschnitt 2.1.5 liefert schließlich eine Zusammenfassung sowie eine kurze kritische Diskussion.

## 2.1.2 Die Kapitalwertmethode

Bei der Kapitalwertmethode handelt es sich um ein seit langem etabliertes Verfahren der Investitionsrechnung. Die Erläuterungen in diesem Abschnitt erfolgen in Anlehnung an die einschlägige Fachliteratur. Stellvertretend für viele seien Perridon und Steiner (2007) genannt.

Wie oben bereits skizziert, dient die Methode dem Vergleich mehrerer Investitionsobjekte. Der **Kapitalwert** eines Investitionsobjektes ist die Summe der Zahlungsströme (Ein- und Auszahlungen), die sich heute und in Zukunft aus dem Investitionsobjekt ergeben, diskontiert auf den heutigen Zeitpunkt. **Das zu wählende Investitionsobjekt ist dasjenige mit dem höchsten Kapitalwert.**

Warum zum Vergleich von Investitionsobjekten die sich daraus ergebenden Zahlungsströme verglichen werden, ist wohl evident. Der Grund für die **Diskontierung** der zu betrachtenden Zahlungsströme ist die sogenannte **Zeitpräferenz**. Beide genannten Begriffe sollen im Folgenden kurz erläutert werden. Man betrachte dazu folgendes Szenario: Einer Person wird ein Geldgeschenk in Höhe von € 100 in Aussicht gestellt. Die Person kann sich aussuchen, ob sie das Geld heute oder erst in einem Jahr erhält. Eine ökonomisch rational handelnde Person wird das Geld schon heute haben wollen. Der Grund ist, dass sie das Geld dann schon heute gewinnbringend anlegen kann. Der Einfachheit halber nehme man an, dass die Person das Geld auf ihr Spargbuch legen kann, wo es jährlich zu 10% verzinst wird. Um in einem Jahr € 100 zu haben, müsste die Person heute nur  $\frac{100}{1,1} \approx 90,90$  Euro anlegen. Den Rest des Geldgeschenks könnte sie anderweitig verwenden. Mit anderen Worten: € 100 in einem Jahr sind heute nur etwa € 90,90 wert. Allgemein formuliert heißt das: Je weiter eine Zahlung in der Zukunft liegt, desto weniger ist sie aus heutiger Sicht wert. Diesen Umstand bezeichnet man mit dem Begriff der **Zeitpräferenz**. Der unterstellte Zinssatz, zu dem jederzeit Geld angelegt werden kann, wird als **Alternativzinssatz** bezeichnet. Der Begriff **Diskontierung** beschreibt ganz einfach die Berücksichtigung der Zeitpräferenz unter Zuhilfenahme des Alternativzinssatzes. Man betrachte hierzu ein bewusst einfach gehaltenes Beispiel aus der Milchviehhaltung: Ein Landwirt denke über die Anschaffung einer Milchkuh nach. Die Kuh koste in der Anschaffung € 1.000. Über einen zukünftigen Zeitraum von fünf Jahren liefere sie jedes Jahr einen Erlös von € 100 (Milch) und verursache Kosten von € 60 (Futter, Tierarzt etc.). Als jährlicher Nettoerlös blieben somit € 40. Am Ende seines Lebens liefere das Tier

einen Schlachterlös in Höhe von € 900. Zur Berücksichtigung der Zeitpräferenz sei ein Alternativzinssatz von 2% unterstellt. Es ergibt sich folgender Kapitalwert (KW) des Tieres:

$$KW = -1.000 + \frac{40}{1,02^1} + \frac{40}{1,02^2} + \frac{40}{1,02^3} + \frac{40}{1,02^4} + \frac{40}{1,02^5} + \frac{900}{1,02^5} \approx 3,7$$

Die einzelnen in der Zukunft liegenden Zahlungen werden gemäß dem Alternativzinssatz *diskontiert*, d.h. es wird ein entsprechender Bruch gebildet. Der Kaufpreis ist die einzige Zahlung, die nicht diskontiert wird, da sie zum heutigen Zeitpunkt stattfindet.

Ein Kapitalwert von 3,7 lässt sich wie folgt interpretieren:

- 1) Ein  $KW > 0$  bedeutet, das Investitionsobjekt ist **absolut vorteilhaft**. Das heißt, es ist der Geldanlage zum Alternativzinssatz überlegen.
- 2) Ein Investitionsobjekt ist außerdem **relativ vorteilhaft**, wenn sein KW größer ist als derjenige der in Frage kommenden alternativen Investitionsobjekte.

Nach diesen Vorüberlegungen lässt sich im Folgenden in wenigen Schritten das Konzept des *Kuhwerts* erläutern.

### 2.1.3 Der Kuhwert

In der Literatur sind verschiedene ökonomische Indizes beschrieben, die auf der Grundlage der Kapitalwertmethode als Entscheidungshilfe bei der Lösung des Remontierungsproblems dienen sollen (Liang et al., 2017; Cabrera, 2012; Kalantari et al., 2010; De Vries, 2006a; Groenendaal et al., 2004). Das gemeinsame Grundprinzip dieser Indizes lässt sich wie folgt zusammenfassen:

$$\text{Kuhwert (Tier X)} = KW (\text{Behalten}) - KW (\text{Ersetzen})$$

Hierbei sind:

*Kuhwert (Tier X)* = Kuhwert des betrachteten Einzeltieres X.

*KW (Behalten)* = Kapitalwert, der sich aus der Entscheidung ergibt, Tier X zu behalten.

*KW (Ersetzen)* = Kapitalwert, der sich aus der Entscheidung ergibt, Tier X durch ein neues Tier zu ersetzen.

Ein **positiver Kuhwert** bedeutet die Empfehlung zum Behalten des Tieres, ein **negativer** die zum Ersetzen. Dies erklärt sich bei erneuter Betrachtung der Definition der relativen Vorteilhaftigkeit im vorangehenden Abschnitt. Darüber hinaus lassen sich mehrere Tiere mit negativem *Kuhwert* in eine Rangordnung bringen: Stehen beispielsweise zu wenig Ersatztiere zur Verfügung, so sollte nach diesem Konzept dasjenige Bestandstier mit dem niedrigsten *Kuhwert* zuerst ersetzt werden.

Van Arendonk (1985a) definiert einen Index, der ebenfalls auf der Kapitalwertmethode basiert, jedoch im Unterschied zum oben definierten Index *Kuhwert* keine negativen Werte annimmt. In den oben genannten Entscheidungssituationen mit einem Mangel an Ersatztieren stellt dies einen Nachteil dar (Kalantari et al., 2010).

Der im vorangehenden Abschnitt 2.1.2 beispielhaft berechnete Kapitalwert einer Kuh war genau das: Der Kapitalwert *einer Kuh*. Der Zeithorizont endete mit dem Tod des Tieres. Wenn im nun vorliegenden Abschnitt allgemeiner von Kapitalwerten die Rede ist, die sich aus der Entscheidung zum Behalten/Ersetzen ergeben (s.o.), so geschieht dies, weil der Zeithorizont in einigen Modellen über die Lebensdauer eines Tieres hinausgeht: Auch Zahlungsströme, die sich z.B. aus dem zukünftigen Ersatz des Ersatztieres usw. ergeben, werden bis zu einem gewissen Punkt berücksichtigt (z.B. Kalantari et al., 2010; siehe auch unten: Abschnitt 2.1.4.1).

Die oben dargestellte Definition des Index *Kuhwert* als Differenz zweier Kapitalwerte fasst, wie erwähnt, das gemeinsame Grundprinzip verschiedener im Schrifttum beschriebener Indizes zusammen. Nicht alle oben genannten Autoren verwenden bei der Beschreibung ihres Vorgehens den Begriff *Kapitalwert* (bzw. engl. *Net Present Value*), der Grundgedanke entspricht dennoch der oben beschriebenen Herangehensweise (Berücksichtigung für die Zukunft zu erwartender Zahlungen, Unterstellen einer Zeitpräferenz, Berechnung des Index als Differenz der mit den verschiedenen Szenarien assoziierten Werte).

Liang et al. (2017), Kalantari et al. (2010), De Vries (2006a) und Groenendaal et al. (2004) bezeichnen den jeweils von ihnen verwendeten Index mit dem Begriff „retention pay off“ oder „retention-pay off“ (De Vries, 2006a) bzw. „retention pay-off“ (die übrigen genannten Autoren). Bevor im Folgenden ein mögliches Vorgehen zur Berechnung eines solchen Index noch detaillierter beschrieben wird, bedarf der Grund für die Verwendung des Begriffs *Kuhwert* im Rahmen der vorliegenden Arbeit daher einer Erläuterung. Die Verwendung des Begriffs ergibt sich aus folgenden Überlegungen: Die Software *Dairy Comp 305* der Firma *Valley Agricultural Software (VAS)* ist eine in Kanada und den USA weit verbreitete Management-Software für Milchviehbetriebe (Sorge et al., 2007). Die Haltung von etwa 60% der in den USA gehaltenen Kühe wird mithilfe dieser Software organisiert (VAS, 2019; Wenz und Giebel, 2012). Sie beinhaltet ein Modul namens „COWVAL“. Dies steht für den Begriff „Cow Value“, einen von der Software berechneten Index. Laut Sorge et al. (2007) handelt es sich dabei um die Differenz zwischen dem Kapitalwert für den Fall des Behaltens eines Tieres und dem Kapitalwert für den Fall des Ersetzens durch ein neues Tier. Das *Grundkonzept* des *Cow Value* entspricht damit dem des oben dargestellten Index *Kuhwert*. Durch die weite Verbreitung der Software ist der Begriff *Cow Value* popularisiert worden. Um einerseits dieser Popularität Rechnung zu tragen und andererseits das Missverständnis zu vermeiden, dass es sich bei

dem im Folgenden beschriebenen Index um einen auch *im Detail* identischen Index handelt, wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit ein mit der deutschen Übersetzung „Kuhwert“ ähnlicher Begriff verwendet.

Aufgrund aktueller Entwicklungen sei zur Vorbeugung von Missverständnissen außerdem noch auf Folgendes hingewiesen: Seit kurzem existiert ein sogenanntes „KuhWert-Programm“. Es handelt sich dabei um eine gemeinsame Entwicklung der Unternehmen *Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung w.V.*, *VIT PC-Software GmbH* und der *dsp-Agrosoft GmbH* (dsp-Agrosoft GmbH, 2019). Nach Konsultation öffentlich zugänglicher Informationen (dsp-Agrosoft GmbH, 2019; Ziem, 2018), scheint hier mittels Kapitalwertbetrachtung die Berechnung des ökonomischen Wertes von Einzeltieren vorgenommen zu werden. Laut Ziem (2018) befand sich das Programm 2018 noch in der Optimierungsphase. Wenn im Folgenden der Begriff *Kuhwert* verwendet wird, wird damit nicht Bezug genommen auf dieses Programm.

Hiermit ist das Konzept des *Kuhwertes* eingeführt. Die Grundidee mag recht simpel anmuten. Wie im Folgenden zu zeigen sein wird, stellt die notwendige Modellierung der für die Zukunft zu erwartenden Zahlungsströme jedoch eine erhebliche methodische Herausforderung dar.

#### **2.1.4 Die Modellierung zukünftiger Ereignisse**

Die Schwierigkeit bei der Vorhersage zukünftiger Zahlungsströme besteht zum einen in der Tatsache, dass diese häufig stochastisch sind. So lässt sich etwa die Milchleistung einer Kuh nicht mit Sicherheit voraussagen. Zum anderen sind zukünftige Entwicklungen wiederum abhängig von zukünftigen Entscheidungen.

Zur Verdeutlichung des letzten Punktes stelle man folgende Betrachtung an: Ein Landwirt treffe heute die Entscheidung, eine Kuh zu behalten, statt sie zu ersetzen. Er treffe diese Entscheidung rational auf der Grundlage des im vorangehenden Abschnitt beschriebenen Kapitalwertkalküls. Er wagt damit also einen Blick in die Zukunft und versucht, künftige Zahlungsströme vorherzusagen. Er stellt dabei beispielsweise Überlegungen darüber an, wie hoch die Milchleistung in zukünftigen Laktationen sein wird oder wie hoch die Wahrscheinlichkeit des außerplanmäßigen Abgangs aufgrund von Fundamentproblemen ist. Das Anstellen solcher Betrachtungen ist naheliegend. Vielleicht weniger offensichtlich ist jedoch eine weitere unabdingbare Überlegung: Der Landwirt muss sich Gedanken über sein eigenes zukünftiges Entscheidungsverhalten machen. Nur wenn er dieses heute schon kennt, kann er auch zukünftige Zahlungsströme vorhersagen. Neigt der Landwirt beispielsweise zu ökonomisch nicht fundierten „Bauchentscheidungen“, so könnte er sich in zwei Monaten plötzlich und völlig unüberlegt dazu entscheiden, das Tier auf einmal doch zu schlachten. Dies hätte natürlich einen Einfluss auf die Zahlungsströme: Die Milcherlöse würden sofort entfallen,

der Schlachterlös würde sofort anfallen, ebenso wie die Kosten für ein Ersatztier etc. Abhängig von seiner zukünftigen Entscheidung wäre damit unter Umständen auch seine heutige Entscheidung falsch gewesen, da sie auf falschen Annahmen über zukünftige Zahlungsströme basierte. Es handelt sich hier um ein Beispiel von **in Wechselbeziehung stehenden Entscheidungen**. Da sich rein impulsive und nicht ökonomisch fundierte Entscheidungen nur schwer bis gar nicht in zielführender Weise mithilfe ökonomischer Modelle darstellen lassen, ist es üblich, in solchen Modellen ein heute und in Zukunft ökonomisch rationales Entscheidungsverhalten zu unterstellen.

In den in Abschnitt 2.1.2 angeführten Beispielen waren alle Zahlungsströme determiniert. Nun gilt es, Modelle einzuführen, die (1) die **stochastische Natur** verschiedener Größen wie etwa Milcherlös oder Behandlungskosten und (2) das **zukünftige Entscheidungsverhalten** verantwortlicher Personen berücksichtigen. Dies erfolgt am Beispiel des Modells von Kalantari et al. (2010). Es handelt sich dabei um eine Modifikation des Modells von Van Arendonk (1985a). Entscheidungsempfehlungen werden mithilfe der sogenannten **Dynamischen Programmierung (DP)** formuliert. Dabei handelt es sich um eine mathematische Technik, um eine Abfolge *in Wechselbeziehung stehender Entscheidungen* zu treffen. Sie ist damit für die Lösung des Remontierungsproblems geeignet. Es ist bereits eine ganze Reihe von DP-Modellen zur Optimierung von Remontierungsentscheidungen entwickelt worden (Kalantari et al., 2010; De Vries, 2004; Kennedy und Stott, 1993; Kristensen, 1987; Van Arendonk, 1985a; Ben-Ari et al., 1983; Stewart et al., 1977; Smith, 1973). Neben der Dynamischen Programmierung wurden verschiedene andere mathematische Optimierungstechniken auf das Remontierungsproblem angewandt. Die Dynamische Programmierung stellt jedoch nach wie vor den Goldstandard dar (Cabrera, 2012).

Das Modell von Kalantari et al. (2010) wird im folgenden Abschnitt 2.1.4.1 zunächst in seinen allgemeinen Grundzügen dargelegt. Im Anschluss beschreibt Abschnitt 2.1.4.2 die bioökonomische Datengrundlage des Modells. In Abschnitt 2.1.4.3 folgt dann die allgemeine Erläuterung der *Dynamischen Programmierung* als mathematische Technik zur Lösung von Optimierungsproblemen sowie die Anwendung der Technik auf das Beispielmodell von Kalantari et al. (2010) und damit auf das Remontierungsproblem.

#### **2.1.4.1 Ein Entscheidungsmodell**

Dieser Abschnitt widmet sich der Beschreibung des Modells von Kalantari et al. (2010). Dies erfolgt in enger Anlehnung an die genannten Autoren. Die Notation wurde an einigen Stellen angepasst.

Wie oben erläutert, lässt sich eine ökonomisch rationale Remontierungsentscheidung treffen, indem dasjenige Szenario gewählt wird, welches den höheren Kapitalwert aufweist. Die Kapitalwerte seien wie folgt:

$Beh_t(X_t)$  = Der Kapitalwert zum Zeitpunkt  $t$  bei Entscheidung zum Behalten.

$Ers_t(X_t)$  = Der Kapitalwert zum Zeitpunkt  $t$  bei Entscheidung zum Ersetzen.

Die Kapitalwerte zum Zeitpunkt  $t$  ergeben sich unter der Maßgabe ökonomisch rationaler Entscheidungen über den gesamten Planungshorizont des Modells. Dieser beträgt 15 Jahre und wird in Monate unterteilt. Er umfasst damit  $N = 180$  Monate. Die Entscheidung über Behalten/Ersetzen und damit der Vergleich der Kapitalwerte erfolgt einmal im Monat zu den Zeitpunkten  $t = (1, \dots, N-1)$ . Spätestens am Ende des Planungshorizonts, d.h. in  $t = N$ , wird ein Tier in jedem Fall geschlachtet und ersetzt.

Der Kapitalwert zum Zeitpunkt  $t$  ist abhängig vom **Zustand des Tieres zu diesem Zeitpunkt** ( $X_t$ ). Dieser lässt sich anhand eines Vektors aus vier Zustandsvariablen beschreiben:

$$X_t = \begin{pmatrix} l \\ c \\ m \\ n \end{pmatrix}$$

Wobei:

$l$  = Parität

$c$  = Milchleistungsklasse

$m$  = Monate nach der Kalbung

$n$  = Trächtigkeitsstatus

Die Parität kann Werte zwischen 1 und 12 annehmen.

Die Milchleistung eines Tieres fällt in eine von 15 Milchleistungsklassen. Die Klassen sind relativ zum Herdendurchschnitt definiert. Dieser wird veranschlagt mit einer 305-Tage-Produktion von 9.869 kg in der ersten, 11.207 kg in der zweiten und 13.009 kg in dritter oder höherer Parität. Die mittlere Leistungsklasse 8 stellt 100%, d.h. die oben genannten Werte, dar. Tiere in der untersten Leistungsklasse 1 zeigen eine Leistung von 69% und Tiere in der obersten Leistungsklasse 15 von 130% des Herdendurchschnitts.

Die Anzahl der Monate nach der Kalbung liegt zwischen 1 und 24.

Der Trächtigkeitsstatus kann Werte zwischen 0 und 9 annehmen, wobei 0 gleichbedeutend mit nicht tragend ist und andere Werte den Trächtigkeitsmonat angeben.

Rein kombinatorisch ergeben sich damit 43.200 mögliche Zustände eines Tieres. Diese Zahl reduziert sich jedoch, da bestimmte Kombinationen der Ausprägungen der vier Variablen nicht sinnvoll sind. So kann sich ein Tier etwa nicht im vierten Trächtigkeitsmonat und gleichzeitig erst zwei Monate nach der letzten Kalbung befinden.

Zu jedem Zeitpunkt  $t$ , d.h. einmal im Monat, werden die beiden Kapitalwerte berechnet und das Szenario mit dem höheren Kapitalwert gewählt. Neben dem jeweils aktuellen Zustand des Tieres zu diesem Zeitpunkt gehen folgende weitere Größen in die Berechnung des Kapitalwertes ein.

**Der Kapitalwert bei Behalten des Tieres** ergibt sich wie folgt:

$$Beh_t(X_t) = \delta \left\{ R(X_t) + [1 - PI(X_t)] * \sum_{m'=1}^{15} PT(X_t, m') [F_{t+1}(X_{t+1})] + PI(X_t) [S(X_{t+1}) + FH_{t+1}] \right\}$$

**Der Kapitalwert bei Ersetzen des Tieres** ist:

$$Ers_t(X_t) = S(X_t) + FH_t$$

wobei

$$FH_t = -C + \delta \sum_{m=1}^{15} PH(m) \{ R(X_t) + [1 - PI(X_t)] * F_{t+1}(X_{t+1}) + PI(X_t) [S(X_{t+1}) + FH_{t+1}] \}$$

Hierbei ist:

$$\delta = \text{Diskontfaktor. Ausdruck der Zeitpräferenz. } \delta = \frac{1}{1 + \text{Alternativzinssatz}}$$

$R(X_t)$  = Nettoerlöse in Monat  $t$ . Dieser Term beinhaltet diverse Erlöse und Kosten. Siehe Abschnitt 2.1.4.2.

$PI(X_t)$  = Wahrscheinlichkeit des unfreiwilligen Ausscheidens am Ende des Monats  $t$ .

Unfreiwilliges Ausscheiden bedeutet hier Ausscheiden aus Gründen, die nicht unter der Kontrolle des Landwirtes stehen. Das Ausscheiden ergibt sich damit nicht regelbasiert aufgrund des *Kuhwertes*, sondern z.B. wegen Fundamentproblemen oder Eutererkrankungen.

$1 - PI(X_t)$  = Gegenwahrscheinlichkeit, d.h. die Wahrscheinlichkeit, dass das Tier am Ende des Monats  $t$  nicht unfreiwillig ausscheidet.

$PT(X_t, m')$  = Übergangswahrscheinlichkeit, d.h. die Wahrscheinlichkeit, dass die Kuh von Milchleistungsklasse  $m$  in Monat  $t$  in Monat  $t+1$  zur Milchleistungsklasse  $m'$  übergeht.<sup>2</sup>

$F_t(X_t)$  = Kapitalwert eines Tieres zum Zeitpunkt  $t$  bei Berücksichtigung des Zeitraums bis Monat  $N$ , d.h. bis Ende des Planungshorizonts.

$FH_t$  = Kapitalwert einer zum Zeitpunkt  $t$  eingesetzten Ersatzfärse bei Berücksichtigung des Zeitraums bis Monat  $N$ , d.h. bis Ende des Planungshorizonts.

$S(X_t)$  = Schlachtwert zu Beginn des Monats  $t$ .

$C$  = Kosten für eine Ersatzfärse.

Die Farbgebung wurde vom Autor der vorliegenden Arbeit zur besseren Übersichtlichkeit vorgenommen. Grün sind Zahlungsströme, die in jedem Fall zu Beginn oder während Monat  $t$  anfallen. Das bedeutet, diese Zahlungsströme sind die sichere Folge der getroffenen Entscheidung Ersetzen/Behalten. Blau sind Zahlungsströme, die nur unter der Maßgabe anfallen, dass das Tier nicht am Ende des Monats  $t$  unfreiwillig ausscheidet. Rot sind Zahlungsströme, die bei unfreiwilligem Ausscheiden am Ende des Monats  $t$  anfallen.

Auf diese Weise lassen sich monatlich, d.h. für jeden Wert  $t$ , für den dann aktuellen Zustand  $X_t$  eines Tieres die beiden Kapitalwerte für die Fälle Behalten/Ersetzen berechnen. Die Entscheidung über Behalten/Ersetzen wird dann, wie gehabt, über den Vergleich beider Werte getroffen<sup>3</sup>:

$$Kuhwert_t(X_t) = Beh_t(X_t) - Ers_t(X_t)$$

Die Interpretation ist wie bereits in Abschnitt 2.1.3 erläutert: Ein positiver *Kuhwert* bedeutet die Empfehlung zum Behalten des Tieres, ein negativer die zum Ersetzen.

In Abschnitt 2.1.2 wurde zur Erläuterung des Prinzips der Kapitalwertmethode der Kapitalwert einer Kuh berechnet. Dabei begann der Berechnungszeitraum mit dem Kauf des Tieres und endete mit dessen Tod. Bei den im nun vorliegenden Abschnitt ermittelten Kapitalwerten ist zu beachten, dass der Berechnungszeitraum über den Tod des Tieres hinausgeht. Das bedeutet, auch Zahlungsströme, die sich aus darauffolgenden Ersatztieren ergeben, fließen in die

---

<sup>2</sup> Die Notation mag hier auf den ersten Blick verwirrend erscheinen: Bei der Beschreibung des Zustandes des Tieres ( $X_t$ ) bezeichnet der Buchstabe  $m$  (nicht kursiv) die Zustandsvariable Monate nach der Kalbung. Die Milchleistungsklasse ist hier bezeichnet mit  $c$ . Der beschriebene Ansatz von Kalantari et al. (2010) ist eine Modifikation des Ansatzes von Van Arendonk (1985a). Kalantari et al. (2010) übernehmen dabei auch die Notation der Übergangswahrscheinlichkeit und bezeichnen die Milchleistungsklasse in diesem Zusammenhang daher mit  $m$  (kursiv).

<sup>3</sup> Kalantari et al. (2010) verwenden statt „Kuhwert“ den Begriff „retention pay-off“. Siehe dazu auch die Erläuterungen in Abschnitt 2.1.3.

Berechnung des Kapitalwertes mit ein. Dies ist notwendig, wenn, wie hier, davon ausgegangen wird, dass der Landwirt seinen Betrieb auf unbestimmte Zeit fortführt. Prinzipiell ergibt sich dadurch ein *unendlicher* Betrachtungshorizont. Aufgrund der Zeitpräferenz, die in einem Diskontfaktor  $< 1$  ihren Ausdruck findet, wird der Planungshorizont jedoch letztlich als endlich betrachtet: Je weiter eine Zahlung in der Zukunft liegt, desto geringer wird ihr Einfluss auf die Höhe des Kapitalwertes. Das Modell nähert sich damit am Ende eines bestimmten Betrachtungshorizonts einem Gleichgewicht an. Kalantari et al. (2010) wählen daher einen Planungshorizont von 15 Jahren (s.o.).

Wie in Abschnitt 2.1.4 erörtert, beinhaltet das Modell sowohl Annahmen über **stochastische Verteilungen** (z.B. die zukünftige Milchleistung oder Tierarztkosten, beide enthalten in Term  $R(X_t)$ ) als auch über das **zukünftige Entscheidungsverhalten**. Bezüglich des ersten Punktes werden im folgenden Abschnitt 2.1.4.2 noch die Datengrundlagen, d.h. das Einsetzen konkreter Zahlenwerte, für das oben beschriebene Modell erläutert. Im darauffolgenden Abschnitt 2.1.4.3 wird die Modellierung des zukünftigen Entscheidungsverhaltens mithilfe der Dynamischen Programmierung dargelegt.

#### **2.1.4.2 Bioökonomische Datengrundlage**

Das bisher beschriebene Modell der Kapitalwerte ist noch allgemein gehalten. Im Folgenden werden die von Kalantari et al. (2010) für ihr Modell verwendeten Modell-Input-Daten skizziert. Als Input-Daten sind sowohl biologische Daten – wie etwa die Entwicklung der Milchleistung – als auch ökonomische Daten – beispielsweise Preisentwicklungen – erforderlich.

Wie weiter oben bereits erwähnt, stellt das Modell von Kalantari et al. (2010) eine Modifikation des Ansatzes von Van Arendonk (1985a) dar. Die Grundstruktur ist in beiden Modellen die gleiche; die verwendeten Input-Daten unterscheiden sich jedoch zum Teil. Die Input-Daten werden im Folgenden auch für den Ansatz von Van Arendonk (1985a) kurz umrissen. Mithilfe beider Beispiel-Modelle soll ein Eindruck davon vermittelt werden, welche Art von Datenmaterial für die Lösung des Remontierungsproblems mithilfe der *Dynamischen Programmierung* notwendig ist. Eine umfassende Erläuterung der zahlreichen in der Literatur beschriebenen bioökonomischen Modelle würde den Rahmen der vorliegenden Arbeit sprengen.

Bevor im folgenden Abschnitt die Ermittlung von Zahlenwerten für die einzelnen im vorangehenden Abschnitt eingeführten Terme erläutert wird, bedürfen die Terme  $R(X_t)$ ,  $S(X_t)$  und  $C$  noch einer kurzen Erläuterung:

$R(X_t)$  stellt den **Nettoerlös** (Erlöse - Kosten) in Monat  $t$  dar und ergibt sich wie folgt: Milcherlöse + Kalberlöse - Futterkosten - Tierarztkosten - sonstige Kosten.

Der **Schlachtwert**  $S(X_t)$  geht separat als Bruttoerlös ein. Die **Kosten C für die Ersatzfärse** werden ebenfalls separat berücksichtigt.

#### 2.1.4.2.1 Erlöse

**Milcherlöse.** Kalantari et al. (2010) schätzen die Milchproduktion über die gesamte Laktation anhand der inkompletten Gamma-Funktion nach Wood (1967):

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

mit

$y_t$  = Produktion an Tag  $t$  nach der Abkalbung

$a$  = Skalierungsfaktor für die Anfangsproduktion

$b$  = Faktor für die Produktionszunahme bis zur Laktationsspitze

$c$  = Faktor für die Produktionsabnahme nach der Laktationsspitze.

Kalantari et al. (2010) schätzen für iranische Holstein-Friesian-Herden repräsentative Parameterwerte für Laktationskurven. Als Datenmaterial dienen 116.094 Testtagsgemelke. Nach Berechnung der derart kalibrierten Wood-Funktion liegen die durchschnittlichen 305-Tage-Produktionen bei 9.869, 11.207 und 13.009 kg für die erste, zweite sowie dritte und höhere Parität. Die Autoren definieren die 15 Produktionsklassen der Milchleistung mit durchschnittlich 69% der Produktion in der niedrigsten und durchschnittlich 130% der Produktion in der höchsten Klasse (siehe Abschnitt 2.1.4.1). Zur Ermittlung der Milcherlöse wird ein Milchpreis von US\$ 0,42/kg im Jahre 2008 unterstellt.

Van Arendonk (1985a, b) verwendet das Modell von Cobby und Le Du (1978), erweitert um den Effekt der Saisonalität der Abkalbung sowie die Länge der Gützeit. Der Autor integriert zusätzlich die genetische Verbesserung im Zeitablauf mit Auswirkung auf die Milchleistung. Außerdem werden Fett- und Proteingehalt der Milch berücksichtigt. Für die Modellierung der Preisgestaltung sei auf Van Arendonk (1985b) verwiesen.

Die unterstellten Übergangswahrscheinlichkeiten in die verschiedenen Milchproduktionsklassen von einem Monat zum nächsten werden weiter unten in Abschnitt 2.1.4.2.3 beschrieben.

**Kalberlöse.** Van Arendonk (1985a, b) geht davon aus, dass sowohl weibliche als auch männliche Kälber eine Woche nach Geburt verkauft werden. Der für ein Kalb anzusetzende Erlös ergibt sich aus dem Geburtsgewicht, dem Preis/kg sowie der Überlebensrate.

Kalantari et al. (2010) gehen ebenfalls von einem Verkauf beider Geschlechter nach einer Woche aus und setzen pauschal den Wert von US\$ 350 pro Kalb an.

**Schlachterlöse.** Van Arendonk (1985a, b) ermittelt den Schlachterlös eines *freiwillig* abgehenden Tieres anhand des Lebendgewichts, der prozentualen Ausschachtung und des Preises/kg Schlachtkörper. Er berücksichtigt dabei den Einfluss von Alter und Laktationsstadium. Im Fall von *unfreiwillig* (d.h. nicht regelbasiert, s.o.) ausgeschiedenen Tieren werden zusätzliche finanzielle Einbußen durch Produktionsverlust und tierärztliche Behandlung vor dem Ausscheiden, umsonst aufgewendete Produktionsfaktoren sowie – abhängig vom Ausscheidungsgrund – durch Wertminderung des Schlachtkörpers veranschlagt.

Kalantari et al. (2010) gehen unter Bezug auf Van Arendonk (1985b) in großen Teilen analog vor.

#### **2.1.4.2.2 Kosten**

**Futterkosten.** Kalantari et al. (2010) unterstellen 12 Futterrationen: Frischabkalber, neun Laktationsstadien sowie jeweils eine Ration für frühe und späte Trockensteher. Als Durchschnitt ergeben sich in der Laktation Futterkosten in Höhe von US\$ 5,63/Tag sowie bei Trockenstehern in Höhe von US\$ 2,30/Tag.

Van Arendonk (1985a, b) berechnet die Energieaufnahme in Abhängigkeit von der Milchleistung und unter Berücksichtigung von Veränderungen des Lebendgewichts. Er geht grundsätzlich davon aus, dass eine gegebene Ration ausreichend Protein und Struktur enthält, wodurch sich die Futteraufnahme allein aus dem Energiebedarf ergibt. Der Autor veranschlagt entsprechende Rationen aus Raufutter und Konzentrat. Die Ration wird monatlich auf den Bedarf der jeweiligen Laktationsphase bzw. Trockenstehphase angepasst. Bezüglich der unterstellten Futtermittelpreise sei verwiesen auf Van Arendonk (1985b).

**Tierarztkosten.** Van Arendonk (1985a, b) veranschlagt unter Bezug auf Oldenbroek (1978) Tierarztkosten von 90 niederländischen Gulden pro Jahr und Kuh. Davon entfallen 30 Gulden auf den ersten Monat der Laktation, jeweils 10 Gulden auf den zweiten und dritten Monat sowie 5 Gulden auf jeden folgenden Monat.

Kalantari et al. (2010) gehen unter Bezug auf iranische nationale Statistiken von durchschnittlichen Tierarztkosten in Höhe von US\$ 25 pro Kuh in einer typischen Laktation aus. Wieder unter Bezug auf Van Arendonk (1985b) gehen sie von folgender Verteilung dieses Betrages aus: 33% im ersten Monat der Laktation, jeweils 11% im zweiten und dritten Monat und die verbleibenden 45% verteilt auf die restliche Laktationszeit. Für die künstliche

Besamung veranschlagen die Autoren gesondert US\$ 5 Besamungskosten sowie US\$ 20 pro Spermaportion.

**Remontierungskosten.** Van Arendonk (1985a) veranschlagt für eine Ersatzfärs 2.500 niederländische Gulden, Kalantari et al. (2010) US\$ 3.000.

**Weitere Kosten.** Van Arendonk (1985a, b) veranschlagt außerdem Kosten für Gebäude, Maschinen etc. in Höhe von 90 niederländischen Gulden pro Kuh und Monat.

Arbeitskosten werden weder von Van Arendonk (1985a, b) noch von Kalantari et al. (2010) berücksichtigt.

**Diskontfaktor.** Van Arendonk (1985a) setzt einen Diskontfaktor von  $0,96^{1/12}$  pro Monat an. Kalantari et al. (2010) geben einen Alternativzinssatz von 15% an.

### 2.1.4.2.3 Wahrscheinlichkeiten

**Unfreiwilliges Ausscheiden  $PI(X_t)$ .** Van Arendonk (1985a, b) verwendet hier die Werte von Dijkhuizen (1980), Kalantari et al. (2010) diejenigen von De Vries (2004, 2006b). Die durchschnittliche Wahrscheinlichkeit des unfreiwilligen Ausscheidens variiert mit der Parität und der Anzahl der Monate nach der Abkalbung.

**Übergangswahrscheinlichkeiten  $PT(X_t, m')$ .** Van Arendonk (1985a) bestimmt die hier zu veranschlagenden Werte regressionsanalytisch auf Grundlage des Produktionsniveaus vorangegangener Laktationen des Einzeltieres. Grob gesagt werden also für ein bisher leistungsstarkes Tier auch in Zukunft hohe Produktionsklassen erwartet. Für Färsen fehlen naturgemäß Daten aus vergangenen Laktationen. Hier wird eine Normalverteilung der Produktionsklassen unterstellt. Es ergeben sich Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten verschiedener Klassen: Die mittlere Klasse 8 tritt mit der höchsten Wahrscheinlichkeit von 13,24% ein. Die niedrigste Klasse 1 und die höchste Klasse 15 treten nur noch mit einer Wahrscheinlichkeit von 1,51% ein. Kalantari et al. (2010) übernehmen die Übergangswahrscheinlichkeiten von Houben et al. (1994).

**Reproduktion.** Kalantari et al. (2010) gehen bei den reproduktionsbezogenen Wahrscheinlichkeiten von den folgenden Werten aus. Freiwillige Wartezeit: 60 Tage; Wahrscheinlichkeit für Trächtigkeit in der ersten, zweiten und dritten sowie höheren Parität: 55, 33 und 15% respektive. Diese Werte verwenden sie bezugnehmend auf Erfahrungen in typischen iranischen Herden unter Berücksichtigung von Werten für Brunsterkennung, Besamungserfolg und frühen Embryonaltod. Wahrscheinlichkeiten für Abort für die Trächtigkeitsmonate zwei bis acht übernehmen sie von Rafati (2008): 3,58; 3,36; 3,27; 2,49;

1,66; 1,67 und 1,67%. Es wird unterstellt, dass Tiere, welche 14 Monate post partum noch nicht wieder tragend waren, nicht mehr besamt werden.

Van Arendonk (1985a) geht pauschal von einer Zwischenkalbezeit von einem Jahr aus.

### **2.1.4.3 Entscheidungsverhalten und Dynamische Programmierung**

Wie weiter oben erörtert, hängt im Kontext des Remontierungsproblems die Höhe zukünftiger Zahlungsströme sowohl von stochastischen Einflüssen als auch vom zukünftigen Entscheidungsverhalten des Landwirtes ab. Es handelt sich damit um ein Beispiel von in Wechselbeziehung stehenden Entscheidungen (siehe Abschnitt 2.1.4). Die Dynamische Programmierung (DP) ist eine mathematische Technik zur Lösung von Optimierungsproblemen unter den genannten Voraussetzungen. Insbesondere für den Fall des Remontierungsproblems handelt es sich dabei um ein sehr komplexes Verfahren (Cabrera, 2012). Seine Darstellung bis ins letzte Detail würde den Rahmen der vorliegenden Arbeit sprengen. Im Folgenden soll jedoch ein Grundverständnis des mathematischen Vorgehens vermittelt werden. Dazu wird zunächst ein rein didaktisches Beispiel erläutert, welches speziell für die Vermittlung der Grundlagen entwickelt wurde (Hillier und Lieberman, 1990). Im Anschluss wird die Übertragung des Grundprinzips auf das Remontierungsproblem erläutert.

#### **2.1.4.3.1 Didaktisches Beispiel zur Einführung**

Die Ausführungen in diesem Abschnitt erfolgen in enger Anlehnung an Hillier und Lieberman (1990), Kapitel 11. Das dort beschriebene Beispiel wird im Folgenden gekürzt und leicht modifiziert wiedergegeben.

Man betrachte folgendes Szenario: Ein Reisender möchte ein bestimmtes Ziel erreichen. Ihm stehen dazu verschiedene Routen zur Verfügung. Jede Route ist mit bestimmten Reisekosten verbunden. Der Reisende möchte die Route mit den geringsten Kosten auswählen. Man betrachte dazu die folgende Abbildung 1. A bezeichnet den Startpunkt, J das Reiseziel. B bis I bezeichnen Zwischenstationen der Reise. Die möglichen Routen sind als Linien zwischen den einzelnen Stationen dargestellt. Die jeweils mit einer Teilstrecke verbundenen Kosten sind als Zahlenwerte an den Linien angegeben.

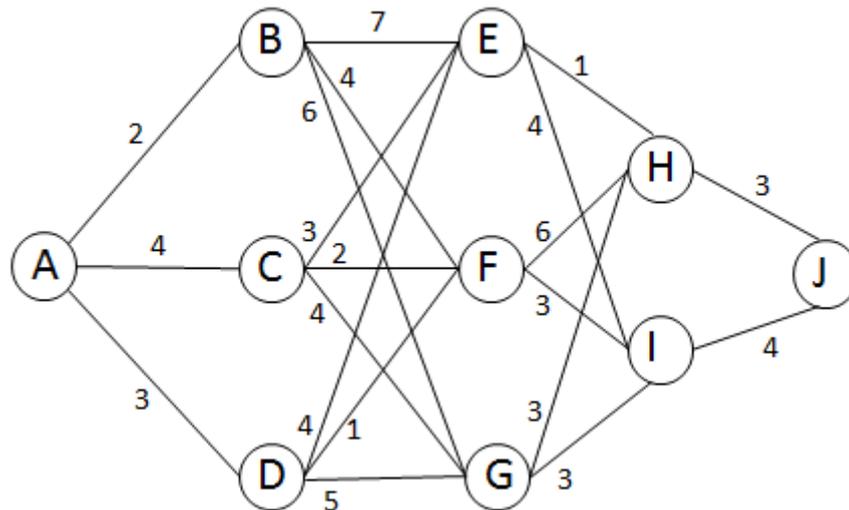


Abbildung 1: Gesamtkalkül des Reisenden. Quelle: Hillier und Lieberman (1990), S. 394, nahezu identische Reproduktion der dort dargestellten Figure 11.1.

Zunächst ist festzuhalten, dass die vielleicht spontan naheliegende Lösung, nämlich bei jeder Gabelung die günstigste Teilroute zu wählen, nicht unbedingt die beste Gesamtlösung liefert. Dies entspräche der Route  $A \rightarrow B \rightarrow F \rightarrow I \rightarrow J$  mit Gesamtkosten von 13. Gewisse Zugeständnisse auf einer Teilstrecke erlauben mitunter jedoch noch größere Ersparnisse auf einer anderen. So ist beispielsweise die Route  $A \rightarrow D \rightarrow F$  günstiger als die Route  $A \rightarrow B \rightarrow F$ .

Die Dynamische Programmierung liefert eine Möglichkeit, das Optimierungsproblem (hier handelt es sich um ein Minimierungsproblem: Minimierung der Gesamtreisekosten) zu lösen. Dabei wird das Gesamtproblem in mehrere Teilprobleme zerlegt. Zunächst wird die optimale Lösung für ein Teilproblem berechnet. Unter Nutzung der berechneten Lösung wird das Problem sukzessive erweitert, bis das Gesamtproblem gelöst ist. Eine Eigenschaft der Dynamischen Programmierung ist dabei, dass das Problem gewissermaßen „von hinten aufgerollt“ wird. Dabei wird das letzte Teilproblem zuerst gelöst.

Im beschriebenen Beispiel befinde sich der Reisende vor dem letzten Teilstück seiner Reise. Also in H oder I. Zu diesem Zeitpunkt bleibt ihm keine Wahlmöglichkeit. Seine Route wird vollständig durch seine aktuelle Position bestimmt.

Man gehe nun ein weiteres Teilstück zurück. Der Reisende befindet sich dann in Position E, F oder G. Folgende Abbildung 2 zeigt das Beispiel von Position F. Geht der Reisende nun nach H, so ergeben sich sofort Kosten von 6 und danach minimale Zusatzkosten von 3. Die sich anschließenden minimalen Zusatzkosten, d.h. die Kosten bei optimalem Entscheidungsverhalten im Anschluss, werden als Zahlen neben den Kreisen dargestellt. Der Weg über H ergibt damit Gesamtkosten von  $6+3=9$ , der Weg über I von  $3+4=7$ . Letzterer ist damit die optimale Lösung.

Die analogen Überlegungen für E und G ergeben optimale Lösungen von 4, respektive 6.

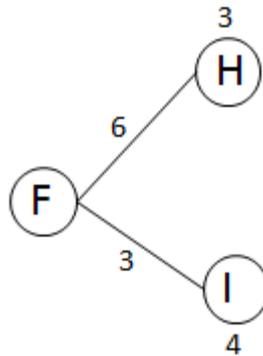


Abbildung 2: Erstes Teilproblem. Quelle: Hillier und Lieberman (1990), S. 396, nahezu identische Reproduktion der dort dargestellten Abbildung.

Man gehe nun noch ein Teilstück weiter zurück. Als Beispiel betrachte man Position C in Abbildung 3. Der optimale Weg führt von hier über E mit Gesamtkosten bis zum Endziel J in Höhe von  $3+4=7$ .

Analoge Überlegungen für B und D ergeben Gesamtkosten bis J von 11, respektive 8.

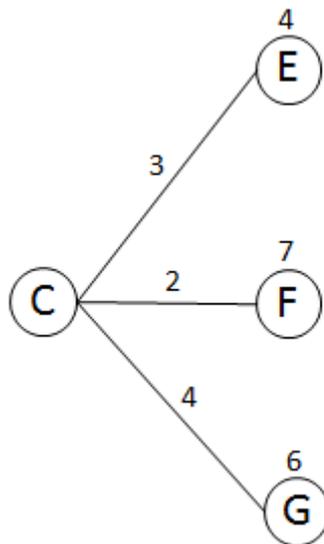


Abbildung 3: Zweites Teilproblem. Quelle: Hillier und Lieberman (1990), S. 397, nahezu identische Reproduktion der dort dargestellten Abbildung.

Als letztes betrachte man den Startpunkt A. Ein optimaler Weg führt von hier aus über C mit sofortigen Kosten von 4 und Folgekosten bei anschließend optimalem Verhalten von 7. Die Gesamtkosten betragen  $4+7=11$ . Alternativ kann der Reisende den Weg über D mit Gesamtkosten von  $3+8=11$  wählen.

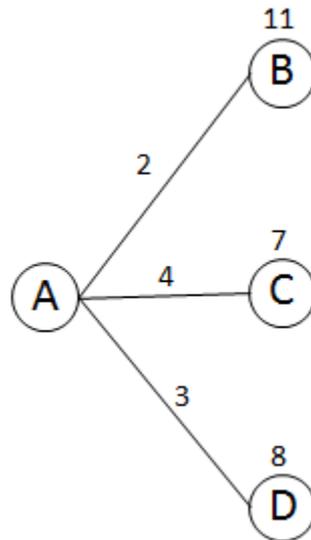


Abbildung 4: Letztes Teilproblem. Quelle: Hillier und Lieberman (1990), S. 398, nahezu identische Reproduktion der dort dargestellten Abbildung.

Insgesamt ergeben sich drei gleichwertige Gesamtrouten mit Gesamtkosten von 11:

$A \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow H \rightarrow J$

$A \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow H \rightarrow J$

$A \rightarrow D \rightarrow F \rightarrow I \rightarrow J$ .

### 2.1.4.3.2 Übertragung auf das Remontierungsproblem

Bei dem oben erläuterten Beispiel handelt es sich um ein Minimierungsproblem. Das Vorgehen lässt sich ohne Weiteres auf ein Maximierungsproblem übertragen. Ein solches Maximierungsproblem stellt das Remontierungsproblem dar: Es soll diejenige Remontierungspolitik gefunden werden, die den höchsten Kapitalwert liefert.

Statt in Anfangsposition A befindet sich ein Tier in einem aktuellen Zustand  $X_t$ .

Statt der Wahl zwischen drei Wegen stehen nur zwei Handlungsalternativen zur Verfügung: Behalten oder Ersetzen.

Beide Alternativen sind verbunden mit sofortigen Zahlungen (Milcherlös in bestimmter Höhe, Schlachterlös, Kosten für Ersatztier etc.). Diese stehen anstelle der sofortigen Reisekosten.

Statt einer neuen geographischen Position ergibt sich ein neuer Zustand  $X_{t+1}$ .

Außerdem ergeben sich aus dem neuen Zustand weitere Zahlungsströme unter der Voraussetzung zukünftiger optimaler Entscheidungen. Diese stehen an der Stelle der folgenden Gesamtreisekosten.

Der Reisende in Position A wählt seine nächste Teilstrecke, eingedenk der sich daraus ergebenden Gesamtreisekosten. Der Landwirt mit einem Tier in Zustand  $X_t$  entscheidet sich für Behalten oder Ersetzen des Tieres, je nachdem, welche der beiden Entscheidungen den höheren Kapitalwert verspricht. Das Ergebnis dieser Überlegungen ist ein positiver oder negativer *Kuhwert*.

### 2.1.5 Zusammenfassung und Diskussion

Der *Kuhwert* soll als Entscheidungshilfe bei der Wahl zwischen Behalten und Ersetzen eines Tieres (Remontierungsproblem) dienen. Er ist folgendermaßen definiert:

$$\text{Kuhwert (Tier X)} = KW (\text{Behalten}) - KW (\text{Ersetzen})$$

Hierbei sind:

*Kuhwert (Tier X)* = Kuhwert des betrachteten Einzeltieres X.

*KW (Behalten)* = Kapitalwert, der sich aus der Entscheidung ergibt, Tier X zu behalten.

*KW (Ersetzen)* = Kapitalwert, der sich aus der Entscheidung ergibt, Tier X durch ein neues Tier zu ersetzen.

Ein **positiver** *Kuhwert* bedeutet die Empfehlung zum Behalten des Tieres, ein **negativer** die zum Ersetzen.

Ganz allgemein ist der Kapitalwert definiert als der diskontierte Saldo heutiger und zukünftiger Zahlungsströme. Zur Berechnung von Kapitalwerten ist es daher notwendig, zukünftige Zahlungsströme vorherzusagen. Im speziellen Fall der Milchviehhaltung sind dabei sowohl (1) stochastische Einflüsse (Entwicklung der Milchleistung, Tierarztkosten etc.) als auch (2) das zukünftige Entscheidungsverhalten der verantwortlichen Personen zu berücksichtigen. Möglichkeiten der Modellierung beider Aspekte wurden in der vorliegenden Arbeit detailliert dargelegt.

Wie erläutert, soll der *Kuhwert* als Entscheidungshilfe mit Blick auf das Remontierungsproblem dienen. Es stellt sich die Frage, inwieweit er dieser Aufgabe gerecht werden kann. Sorge et al. (2007) nehmen eine systematische Bewertung des Moduls „COWVAL“ der Herdenmanagementsoftware *Dairy Comp 305* der Firma *Valley Agricultural Software (VAS)* vor. Wie in Abschnitt 2.1.3 dargelegt, handelt es sich bei dem durch das Modul berechneten ökonomischen Index „Cow Value“ um die Differenz zwischen dem Kapitalwert für den Fall des Behaltens und dem Kapitalwert für den Fall des Ersetzens einer Milchkuh durch ein neues Tier. Das Grundkonzept des *Cow Value* entspricht damit dem oben beschriebenen Grundkonzept des *Kuhwertes* und anderer auf Kapitalwertvergleich basierender Kennzahlen. Die Studie von Sorge et al. (2007) kann damit einen allgemeinen Eindruck für die Stärken und

Schwächen solcher Entscheidungshilfen vermitteln und soll im Folgenden kurz umrissen werden.

Die Autoren testen die von der Software berechnete Kennzahl *Cow Value* unter Feldbedingungen und gehen dabei wie folgt vor: Als Datengrundlage dienen Aufzeichnungen über zwei Testherden in Ontario, Kanada. Die Aufzeichnungen umfassen monatliche Angaben zu allen für die Berechnung des *Cow Value* erforderlichen Daten. Anhand dessen berechnen die Autoren mithilfe der Software rückblickend monatlich einen *Cow Value* pro Einzeltier über einen Zeitraum von sechs Jahren. Im Ergebnis erhalten sie damit für jedes der 1.463 betrachteten Tiere einen Überblick über den monatlichen Verlauf des *Cow Value* über mehrere Laktationen hinweg. Innerhalb der ersten 60 Tage post partum zeigt sich der Wert sehr instabil und schwankt über eine Bandbreite von mehreren Tausend Kanadischen Dollar. Danach ist er vergleichsweise stabil. Als Gründe nennen die Autoren zum einen die zu Beginn der Laktation noch unsichere Vorhersage der 305-Tage-Leistung. Hinzu komme, dass in diesem Zeitraum die Unsicherheit bzgl. der zukünftigen Reproduktionsleistung besonders hoch sei.

Besonders beachtlich ist zudem folgende Beobachtung: 170 Tiere weisen 60 Tage post partum einen negativen *Cow Value* auf. Bei 54% dieser Tiere bleibt er auch in der Folge negativ. Bei 31,6% der Tiere wird er später nicht nur wieder positiv, sondern steigt sogar wieder auf Werte von > 500 Kanadische Dollar.

Als Fazit empfehlen die Autoren insbesondere für die Zeit der frühen Laktation besondere Vorsicht bei der Interpretation der ökonomischen Kennzahl *Cow Value*. Allgemein regen sie an, den *Cow Value* als Entscheidungshilfe, nicht jedoch als alleiniges Entscheidungskriterium bei der Frage nach dem Behalten oder Ersetzen eines Tieres heranzuziehen.

## **2.2 Andere ökonomische Ansätze**

Im vorangehenden Abschnitt 2.1 wurden Ansätze zur Berechnung eines *Kuhwertes* mithilfe der *Dynamischen Programmierung* erläutert. Der nun vorliegende Abschnitt 2.2 skizziert beispielhaft einige weitere Ansätze zur Analyse und Optimierung der Ökonomie milcherzeugender Betriebe. Die Auswahl der Beispiele ergab sich wie folgt: Einerseits sollen, aufbauend auf oben bereits eingeführten Konzepten, mögliche technische und thematische Abwandlungen und Erweiterungen erläutert werden. Daneben sollen einige Analyse-Tools vorgestellt werden, die sich durch eine vergleichsweise geringe Komplexität auszeichnen und welche – anders als viele der in Abschnitt 2.1 und weiter unten in Abschnitt 2.3 beschriebenen komplexen experimentellen Modelle – direkt online zur Nutzung zur Verfügung stehen.

Heikkilä et al. (2008) und Gröhn et al. (2003): Die Autoren widmen sich ebenfalls der Entwicklung von Entscheidungsmodellen zur Lösung des Remontierungsproblems. Das

Vorgehen ist dabei ähnlich den in Abschnitt 2.1 detailliert beschriebenen Ansätzen (Vergleich von Kapitalwerten, Optimierung mithilfe der Dynamischen Programmierung). Im Vergleich zu dem in Abschnitt 2.1.4 beschriebenen Beispiel kommt nun jedoch die explizite Berücksichtigung von Erkrankungen bei der Remontierungsentscheidung hinzu. Beide Autorentams berücksichtigen nicht nur Behandlungskosten, sondern auch explizit die ökonomischen Auswirkungen der betrachteten Erkrankungen durch den Einfluss auf die Milchleistung sowie die Abgangsraten. Gröhn et al. (2003) berücksichtigen zusätzlich Auswirkungen auf Reproduktionsparameter. Die verwendeten Zahlenwerte (Inzidenzen, Ausmaß der Milchminderleistung etc.) beziehen sich nicht auf die Gegebenheiten eines konkreten Betriebes, sondern sind der Literatur entnommen (Gröhn et al., 2003) bzw. es wird eine Kombination von Literaturangaben und betriebsübergreifenden Datenbanken verwendet (Heikkilä et al., 2008).

Groenendaal et al. (2004): Die Autoren entwickeln ebenfalls ein mathematisches Modell zur Unterstützung von Remontierungsentscheidungen. Analog zur in Abschnitt 2.1.2 beschriebenen Kapitalwertmethode werden auch hier in der Herde befindliche Tiere mit Ersatztieren verglichen, hinsichtlich der mit ihnen verbundenen zukünftig zu erwartenden Einnahmen und Ausgaben. Anders als beim in Abschnitt 2.1 beschriebenen *Kuhwert* wird hier anstelle der Dynamischen Programmierung (DP) der sogenannte Marginal Net Revenue (MNR) als Optimierungstechnik verwendet. Der entscheidende Vorteil gegenüber der DP liegt laut den Autoren in einer wesentlich geringeren Komplexität des Modells, woraus sich eine höhere Nutzerfreundlichkeit ergebe. Ein möglicher Nachteil bestehe in der Tatsache, dass bei Anwendung des MNR genetischer Fortschritt nur schwer zu modellieren sei.

Auch Cabrera (2012) befasst sich mit der Lösung des Remontierungsproblems. Abermals fällt die Entscheidung zwischen Behalten und Ersetzen mithilfe des Vergleichs der mit beiden Szenarien verbundenen Kapitalwerte und der Berechnung eines entsprechenden *Kuhwertes*. Markow-Ketten stellen hier die zugrundeliegende mathematische Technik dar. Dabei handelt es sich nicht um eine Optimierungs- sondern vielmehr um eine Simulationstechnik. Vereinfacht gesagt, wird dem Nutzer keine Remontierungsstrategie empfohlen, sondern er kann verschiedene Remontierungsstrategien in das Programm eingeben und sich die jeweiligen Konsequenzen für die Herdenentwicklung simulieren lassen. Ein Vorteil liegt laut Autor auch hier in der im Vergleich zur Dynamischen Programmierung geringeren Komplexität und einer damit einhergehenden hohen Nutzerfreundlichkeit der entwickelten Entscheidungshilfe. Diese mache eine Anwendung auf tägliche praktische Entscheidungsprobleme eines milcherzeugenden Betriebes wahrscheinlicher. In diesem Modell ist auch genetischer Fortschritt berücksichtigt. Das Modell ist online verfügbar (Link im Literaturverzeichnis).

Giordano et al. (2011) beschreiben eine ökonomische Entscheidungshilfe für die betriebsspezifische Wahl eines Reproduktionsprogramms. Die ökonomischen Auswirkungen von drei verschiedenen Programmen zur künstlichen Besamung lassen sich miteinander vergleichen: Als Vergleichsmaßstab dient dabei die Strategie, zu 100% auf visuelle Östruserkennung zu setzen. Dieses Szenario lässt sich vergleichen mit Programmen mit 100% zeitlich abgepasster Besamung (timed artificial insemination, TAI) oder jeder Kombination aus visueller Östruserkennung und TAI. Die Entscheidung zur Wahl eines Programms wird getroffen durch Vergleich der mit den Programmen assoziierten Kapitalwerte. Das Modell wurde mittlerweile durch eine aktualisierte Version ersetzt. Diese ist online verfügbar (Link im Literaturverzeichnis).

Guard (1998) stellt ein in Excel (Microsoft, Washington, USA) erstelltes Tool online zur Verfügung (Link im Literaturverzeichnis). Für sieben Erkrankungen bzw. Erkrankungskomplexe lassen sich die Kosten pro individuellem Erkrankungsfall und für die gesamte Herde berechnen. Berücksichtigt werden Größen wie Milchminderleistung, verworfene Milch, Abgänge, verlängerte Güstzeit, Behandlungskosten etc. Bei der Bewertung werden Marktpreise berücksichtigt. Die einfachste Art der Nutzung besteht laut Autor darin, nur die voreingestellte Inzidenzrate einer zu betrachtenden Erkrankung für den zu untersuchenden Betrieb anzupassen und ansonsten die voreingestellten Werte zu verwenden. Es können jedoch auch die einzelnen Werte passend zum betrachteten Betrieb angepasst werden. Um dies auf zielführende Art und Weise zu tun, ist es jedoch notwendig, dass der Nutzer bereits über eine ausreichend genaue Kenntnis z.B. der in seinem Betrieb mit einer bestimmten Krankheit assoziierten Milchminderleistung, Abgangsrate etc. verfügt.

### **2.3 Einfluss ausgewählter Erkrankungen auf Produktionskennzahlen**

Der vorliegende Abschnitt 2.3 gibt einen Überblick über das Schrifttum zum Zusammenhang zwischen einer Auswahl von Erkrankungen und bestimmten Produktionskennzahlen. Die Erkrankungen sind: Sohlengeschwür, Dermatitis Digitalis, Mastitis, Nachgeburtshaltung und Ketose. Die Produktionskennzahlen fallen in die Bereiche Milchleistung, Fruchtbarkeit und Abgangsraten.

Für jede einzelne der genannten Erkrankungen findet sich im Folgenden eine kurze Einführung, gefolgt von einer Literaturübersicht in tabellarischer Form.

Kühe in der ersten Laktation werden dabei als *Erstlaktierende* (Erstlak.), Kühe mit einer Laktationsnummer > 1 als *Mehrfachlaktierende* (Mehrf.lak.) bezeichnet.

### 2.3.1 Sohlengeschwür

Beim Sohlengeschwür (SG) des Rindes handelt es sich um einen Horndefekt im Bereich der Klauensohle, welcher die Basalmembran der Epidermis mit einbezieht und damit das darunterliegende Corium freilegt. Der Defekt tritt typischerweise axial an der Klaue am Übergang vom mittleren zum hinteren Sohlendrittel auf (Bicalho et al., 2009; Dirksen, 2002a). Besonders im deutschsprachigen Schrifttum wird eine entsprechende Läsion an dieser typischen Stelle als „Rusterholzsches Sohlengeschwür“ oder „Rusterholzsches Klauensohlengeschwür“ (nach Rusterholz, 1920) bezeichnet (Dirksen, 2002a, S. 955). In der englischsprachigen Literatur werden Formulierungen wie „at the typical ulcer site“ (Bicalho et al., 2009, S. 3175) verwendet, die Bezeichnung „Rusterholtz [sic!] ulcer“ findet sich jedoch auch (Shearer und Van Amstel, 2017, S. 285). Die Läsionen zeigen sich mehrheitlich an der Außenklaue der Hintergliedmaße, regelmäßig bilateral (Shearer und Van Amstel, 2017; Dirksen, 2002a).

Die Inzidenz von Sohlengeschwüren in einer Herde ist abhängig von einer Reihe von prädisponierenden Faktoren wie mechanische Belastung, Art des Stallbodens, Klauenpflege oder genetisch bedingte anatomische Prädisposition der Klaue. Zunehmend finden sich auch Hinweise auf die Bedeutung des metabolischen Status des Tieres (siehe unten). Pathogenetisch stehen Verletzungen der Blutgefäße im Bereich zwischen der dritten Phalanx und dem Sohlenhorn am Anfang. Die resultierende Störung der Mikrozirkulation führt zu Ischämie. Die Zellproliferation und -differenzierung im Bereich der Basalmembran der Epidermis wird beeinträchtigt. Das Ergebnis sind die oben beschriebenen Läsionen (Shearer und Van Amstel, 2017; Van Amstel und Shearer, 2006; Lischer et al., 2002). Das Sohlengeschwür wird damit in der Regel den nicht-infektiösen Lahmheitsursachen zugerechnet, auch wenn sekundäre Infektionen häufig die Klinik verschlimmern (Green et al., 2014).

Schon seit längerer Zeit bestehen deutliche Hinweise darauf, dass Lahmheit vor allem ein Problem hochleistender Tiere ist (Huxley, 2013; Amory et al., 2008). Eine Reihe von Studien stützt die Hypothese, dass die mit der Hochleistung einhergehende negative Energiebilanz für bestimmte mit Lahmheit einhergehende Erkrankungen disponiert. Bicalho et al. (2009) berichten, dass ein niedriger Body Condition Score (BCS) sowohl mit einem dünnen Sohlenkissen als auch mit Lahmheit assoziiert ist. Dies steht im Einklang mit der Feststellung von Green et al. (2014), wonach die allgemeine Lipomobilisation im Rahmen einer negativen Energiebilanz auch die Fettreserven und damit das Volumen des Sohlenkissens reduziert. Sowohl Bicalho et al. (2009) als auch Van Amstel und Shearer (2006) formulieren die Hypothese, dass, je dünner das Sohlenkissen, desto geringer die schockabsorbierende Wirkung und damit der Schutz des empfindlichen Gewebes zwischen Klauenhorn und Phalanx

ist. Diese Hypothese wird durch die Untersuchungen von Green et al. (2014) gestützt. Im Rahmen ihrer Studie finden die Autoren einen negativen Zusammenhang zwischen der Dicke des Sohlenkissens und der Inzidenz von bestimmten Erkrankungen die das Klauenhorn betreffen – z.B. des Sohlengeschwürs.

Das Sohlengeschwür zählt zu den häufigsten Lahmheitsursachen des Milchrindes (Van Amstel und Shearer, 2006). Unter den Erkrankungen der distalen Gliedmaße ist es zusammen mit der White Line Disease diejenige mit den höchsten assoziierten ökonomischen Verlusten (Bicalho et al., 2009).

*Tabelle 1: Literaturübersicht zum Sohlengeschwür*

<b>Quelle und Kurzbeschreibung</b>	<b>Milchleistung</b>	<b>Fruchtbarkeit</b>	<b>Abgänge</b>
Oikonomou et al. (2014). USA. 923 Milchkühe. Erhebungszeitraum 2008 bis 2009. Erhoben wurde die Diagnose „claw horn disruption lesions“ (CHDL). Darunter werden sowohl SG als auch White Line Disease (WLD) zusammengefasst.	Keine statistisch signifikante Assoziation zwischen CHDL und Milchleistung.		
Pavlenko et al. (2011). Schweden. 10 Kühe mit SG im Vergleich zu 10 gesunden Kontrolltieren. Untersuchungszeitraum 2006. Swedish Red und Swedish Holstein.  Zwei Vergleichsperioden. Periode 1: Zwei bis drei Wochen nach Diagnose. Periode 2: Fünf bis sechs Wochen nach Diagnose.	Keine statistisch signifikante Assoziation zwischen SG und Milchleistung.		
Cha et al. (2010). Modellsimulation. Modellparameter übernommen aus diversen Literaturquellen.	Monetäre Kosten pro Fall SG verursacht durch Milchminderleistung US\$ 82,97. Basierend auf einem Milchpreis von US\$ 0,31/kg.	Monetäre Kosten pro Fall SG verursacht durch herabgesetzte Fruchtbarkeit US\$ 71,84.	

Tabelle 1 (Fortsetzung): Literaturübersicht zum Sohlengeschwür

Quelle und Kurzbeschreibung	Milchleistung	Fruchtbarkeit	Abgänge
<p>Machado et al. (2010). USA. 573 Holstein-Kühe. Erhebungszeitraum 2008 bis 2009. Diagnose von CHDL (Definition: siehe oben bei Oikonomou et al., 2014) zum Zeitpunkt des Trockenstellens. Untersuchung des Zusammenhangs mit Produktionskennzahlen in der folgenden Laktation.</p>	<p>Keine statistisch signifikante Assoziation zwischen CHDL und Milchleistung.</p>	<p>CHDL assoziiert mit erhöhter Günstzeit (GZ): 163 Tage (d) vs. 119 d bei Tieren ohne Diagnose.</p>	<p>CHDL assoziiert mit höherer Abgangsrate.</p>
<p>Cramer et al. (2009). Kanada. 6.513 Holstein-Kühe. Erhebungszeitraum 2004 bis 2005.</p>			<p>Diagnose SG assoziiert mit höherer Abgangsrate: Hazard Ratio = 1,26 (p=0,011).</p>
<p>Amory et al. (2008). England und Wales. 1.824 Kühe. Erhebungszeitraum 2003 bis 2004.</p>	<p>Diagnose SG assoziiert mit einem Milchleistungsverlust pro Laktation (300d) in Höhe von knapp 574 kg.</p>		
<p>Sogstad et al. (2007). Norwegen. 2.599 Kühe. Norwegian Red Cattle. Erhebungszeitraum 2002.</p>	<p>Keine statistisch signifikante Assoziation zwischen SG und Milchleistung.</p>		
<p>Sogstad et al. (2006). Norwegen. 2.583 Kühe. Norwegian Red Cattle. Erhebungszeitraum 2002.</p>		<p>SG assoziiert mit Verlängerung der Zwischenkalbezeit (ZKZ).</p>	
<p>Booth et al. (2004). USA. 2.520 Kühe. Überwiegend Holstein. Erhebungszeitraum 1997 bis 1998.</p>			<p>SG assoziiert mit höherem Abgangsrisiko. Besonders wenn in der Mitte der Laktation diagnostiziert.</p>

Tabelle 1 (Fortsetzung): Literaturübersicht zum Sohlengeschwür

Quelle und Kurzbeschreibung	Milchleistung	Fruchtbarkeit	Abgänge
Hultgren et al. (2004). Schweden. 2.368 Kühe. Überwiegend Swedish Red and White und Swedish Holstein. Erhebungszeitraum 1996 bis 1998.	SG assoziiert mit erhöhter Milchleistung in aktueller Laktation (305d):  + 479 kg.	SG assoziiert mit um 2% erhöhter ZKZ.	Keine statistisch signifikante Assoziation zwischen SG und Abgangsrate.
Warnick et al. (2001). USA. Überwiegend Holstein. 2 Herden.  Herde A: 1.796 Tiere.  Herde B: 724 Tiere.  Erhebungszeitraum 1997 bis 1998.	In Herde A SG assoziiert mit geringerer Milchleistung. Besonders bei Tieren mit Laktationsnummer $\geq$ 2. In Herde B keine signifikante Assoziation.		
Barkema et al. (1994). Niederlande. 2.417 Kalbungen 1988 bis 1991. Hauptsächlich Dutch Friesian und Kreuzungen mit Holstein Friesian.	Diagnose SG assoziiert mit erhöhter Milchleistung in aktueller Laktation.  100d: + 77 kg.  270d: + 171 kg.  Dieser positive Zusammenhang besteht, obwohl die 100d-Leistung der vorangehenden Laktation in das Modell mitaufgenommen wurde.	Keine Assoziation mit der Reproduktionsleistung. Es besteht zwar zunächst eine negative Assoziation, diese verschwindet jedoch, sobald frühere Laktationsleistungen in die Modelle mitaufgenommen werden.	

### 2.3.2 Dermatitis Digitalis

Bei der Dermatitis Digitalis (DD) (auch: Mortellarosche Krankheit) handelt es sich um eine infektiöse polymikrobielle multifaktorielle Erkrankung verschiedener Wiederkäuer (Wilson-Welder et al., 2015). Ursprünglich bei Milchkühen beschrieben (Cheli und Mortellaro, 1974), wird die Erkrankung zunehmend auch bei Fleischrindern und Schafen diagnostiziert; in jüngerer Zeit auch bei Elchen und Ziegen (Wilson-Welder et al., 2015).

Im Laufe der Jahre wurden in der Literatur zahlreiche Bezeichnungen für die Erkrankung verwendet. Im englischsprachigen Schrifttum finden sich etwa Bezeichnungen wie „digital

dermatitis“, „Mortellaro`s disease“, „hairy heel warts“, „strawberry foot“ (Wilson-Welder et al., 2015, S. 156), „foot warts“ (Booth et al., 2004, S. 4116) oder „papillomatous digital dermatitis“ (Hernández et al., 2001, S. 1611; Argáez-Rodríguez et al., 1997, S. 275). Die unterschiedlichen Bezeichnungen lassen sich zum Teil auf unterschiedliche Manifestationsformen der Läsionen, auch im Zeitverlauf, zurückführen (Yeruham et al., 2000; Read und Walker, 1998).

Die folgenden Ausführungen beziehen sich sämtlich auf die bovine Form der Dermatitis Digitalis. Dabei wird stets die Bezeichnung Dermatitis Digitalis (DD) verwendet, auch wenn sich in einer zitierten Quelle ursprünglich eine der genannten synonymen Bezeichnungen findet.

Die klinische Manifestation bei Rindern stellt sich typischerweise dar als „Umschriebene, gewöhnlich in der Ballenfurche lokalisierte, anfangs oberflächliche Hautentzündung, die später in ulzerös-granulomatöse Dermatitis übergeht und sich flächenhaft, mitunter bis auf die Zwischenklauenhaut, ausdehnt“ (Dirksen, 2002b, S. 965). Meist sind die Hintergliedmaßen betroffen (Wilson-Welder et al., 2015; Dirksen, 2002b). Eine Lahmheit kann bei leichteren Fällen ausbleiben, ist bei schwereren Fällen jedoch regelmäßig zu beobachten (Wilson-Welder et al., 2015; Dirksen, 2002b; Yeruham et al., 2000).

Histologisch zeigt sich ein Verlust des Stratum corneum, epidermale Hyperplasie sowie eine reaktive Entzündungsreaktion (Wilson-Welder et al., 2015).

Die genaue Ätiologie der Läsionen ist nach wie vor nicht bekannt. Die Tatsache, dass eine antibiotische Behandlung zur Besserung führt, in Kombination mit der regelmäßigen Kultivierung verschiedener Bakterien, führt jedoch zu dem Schluss, dass es sich bei der DD um eine polybakterielle Erkrankung handelt (Wilson-Welder et al., 2015). Die am häufigsten mit der DD assoziierten Bakterien sind Vertreter des Genus *Treponema*. Es wird jedoch vermutet, dass eine Reihe anderer Bakterien zwingend an der Entwicklung der Läsionen beteiligt ist (am angegebenen Ort).

Die DD hat heute weltweite Bedeutung (Wilson-Welder et al., 2015). Losinger (2006) schätzt die ökonomischen Verluste beispielsweise der US-amerikanischen Milchwirtschaft im Jahre 1996 auf US\$ 190 Millionen. Hierbei sind lediglich Verluste durch verminderte Milchleistung berücksichtigt.

Tabelle 2: Literaturübersicht zur Dermatitis Digitalis

Quelle und Kurzbeschreibung	Milchleistung	Fruchtbarkeit	Abgänge
<p>Randall et al. (2016). Schottland. 157 Tiere. Holstein Friesian. Erste Kalbung zwischen 2003 und 2006.</p> <p>Betrachtet werden nur Erkrankungen bei Erstlaktierenden. Die Auswirkungen der Erkrankung werden hingegen über die gesamte Lebensdauer des Tieres quantifiziert.</p>	<p>Die Diagnose DD in den 2 bis 4 Monaten post partum (p.p.) ist assoziiert mit einer um 2,63 kg höheren Milchleistung pro Lebenstag, wenn verglichen mit Tieren ohne DD in besagtem Zeitraum.</p> <p>Da die betroffenen Tiere jedoch durchschnittlich 341 Tage weniger in der Herde verblieben, ergibt sich ein Nettoverlust von 3.513 kg Lebensleistung.</p>		<p>Siehe Spalte Milchleistung.</p>
<p>Gomez et al. (2015). Drei Typen von Holstein-Färsen definiert nach Anzahl Diagnosen von DD während Aufzuchtperiode bis zur ersten Kalbung:</p> <p>Typ 1: Keine Diagnose Typ 2: Einmalige Diagnose Typ 3: Mehrmalige Diagnose</p> <p>Untersuchungszeitraum 2011 bis 2012. Insgesamt 719 Holstein-Färsen.</p>	<p>Assoziation der Diagnose ante partum (a.p.) mit Milchleistung in erster Laktation (305d) signifikant. Verlust an Milchleistung gegenüber Typ 1 wie folgt.</p> <p>Typ 2: 199 kg Typ 3: 335 kg</p> <p>Spätere Laktationen nicht untersucht.</p>	<p>Bei Typ 3 im Vgl. zu Typ 1 GZ um 25 Tage verlängert (signifikant).</p> <p>Signifikant niedrigere Konzeptionsrate bei Erstbesamung bei Typ 3 im Vgl. zu Typ 1: -13,3%.</p>	<p>Höhere Abgangsrate innerhalb der ersten 60 d p.p. von Typ 3 im Vgl. zu Typ 1. Unterschied jedoch statistisch signifikant.</p>
<p>Relun et al. (2013). Frankreich. 1.782 Holstein-Kühe. Erhebungszeitraum 2009 bis 2010.</p> <p>Zwei Gruppen von Kühen: Erstlaktierende (Erstlak.) vs. Mehrfachlaktierende (Mehrf.lak.).</p> <p>Je drei Kategorien für DD-Status: Keine Diagnose, moderat betroffen, stark betroffen.</p>	<p>Assoziation der Diagnose mit Milchleistung bei auf die Diagnose folgendem Testtag signifikant. Spätere Testtage nicht berücksichtigt. Verlust an Milchleistung gegenüber Tieren ohne Diagnose wie folgt.</p> <p>Erstlak., moderat: 0,63 kg/d Erstlak., stark: 0,5 kg/d Mehrf.lak., moderat: 0,5 kg/d Mehrf.lak., stark: 0,75 kg/d</p>		

Tabelle 2 (Fortsetzung): Literaturübersicht zur Dermatitis Digitalis

Quelle und Kurzbeschreibung	Milchleistung	Fruchtbarkeit	Abgänge
<p>Pavlenko et al. (2011). Schweden. 10 Kühe mit DD im Vergleich zu 10 gesunden Kontrolltieren. Untersuchungszeitraum 2006. Swedish Red und Swedish Holstein.  Zwei Vergleichsperioden. Periode 1: Zwei bis drei Wochen nach Diagnose. Periode 2: Fünf bis sechs Wochen nach Diagnose.</p>	<p>Assoziation der Diagnose DD mit Milchleistung in Periode 2 signifikant:  Kühe mit DD produzierten pro Tag durchschnittlich 7,24 kg Milch weniger als gesunde.</p>		
<p>Cha et al. (2010). Modellsimulation. Modellparameter übernommen aus diversen Literaturquellen.</p>	<p>Monetäre Kosten pro Fall DD verursacht durch Milchminderleistung US\$ 35,41. Basierend auf einem Milchpreis von US\$ 0,31/kg.</p>	<p>Monetäre Kosten pro Fall DD verursacht durch herabgesetzte Fruchtbarkeit US\$ 41,37.</p>	
<p>Green et al. (2010). Chile. 1.635 Kühe. Holstein Friesian. Erhebungszeitraum 2005 bis 2006.</p>	<p>Tiere mit DD zeigten über die gesamte Laktation eine statistisch signifikant höhere Milchleistung als Tiere ohne DD.</p>		
<p>Cramer et al. (2009). Kanada. 6.513 Holstein-Kühe. Erhebungszeitraum 2004 bis 2005.</p>			<p>Keine statistisch signifikante Assoziation zwischen DD und Abgangsrate.</p>
<p>Amory et al. (2008). England und Wales. 1.824 Kühe. Erhebungszeitraum 2003 bis 2004.</p>	<p>Keine statistisch signifikante Assoziation zwischen DD und Milchleistung.</p>		

Tabelle 2 (Fortsetzung): Literaturübersicht zur Dermatitis Digitalis

Quelle und Kurzbeschreibung	Milchleistung	Fruchtbarkeit	Abgänge
<p>Ettema et al. (2007). Dänemark. 1.492 Testtagsgemelke von Erstlak., 2.715 Testtagsgemelke von Mehrf.lak. Hauptsächlich Holstein Friesian. Erhebungszeitraum 2002 bis 2003.</p>	<p>Signifikante Assoziationen der Diagnose DD mit Milchleistung pro Testtagsgemelk unterteilt nach Parität und Laktionszeitraum wie folgt.</p> <p>Erstlak.: &lt; 101 p.p.: -1,22 kg 101 bis 200 p.p.: +0,61 kg (&gt; 200 p.p.: keine statistisch signifikante Assoziation)</p> <p>Mehrf.lak.: &gt; 200 p.p.: +1,10 kg (Restliche Zeiträume: keine signifikante Assoziation)</p>		
<p>Booth et al. (2004). USA. 2.520 Kühe. Überwiegend Holstein. Erhebungszeitraum 1997 bis 1998.</p>			<p>Keine statistisch signifikante Assoziation zwischen DD und Abgangsrisiko.</p>
<p>Hernández et al. (2001). USA. 837 Kalbungen 1997 bis 1998. Holstein-Kühe. Künstliche Besamung mit Synchronisationsprotokoll.</p>		<p>Kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen alleinigem Vorliegen einer DD und der GZ.</p>	
<p>Warnick et al. (2001). Selbe Datengrundlage wie Booth et al. (2004). Analyse des Zusammenhangs zwischen Milchleistung und allgemeiner Lahmheitsdiagnose einerseits sowie einzelnen Lahmheitsursachen andererseits.</p>	<p>Kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Milchleistung und DD bei von anderen Lahmheitsursachen getrennter Analyse.</p>		

Tabelle 2 (Fortsetzung): Literaturübersicht zur Dermatitis Digitalis

Quelle und Kurzbeschreibung	Milchleistung	Fruchtbarkeit	Abgänge
Yeruham et al. (2000). Israel. 270 Kühe. Israeli-Holstein. Erhebungszeitraum 1998.	DD assoziiert mit Milchleistungsverlust in Höhe von durchschnittlich 1,7%/betroffenes Tier/Tag.		
Argáez-Rodríguez et al. (1997). Mexiko. 577 Kalbungen 1993 bis 1994. Holstein Friesian. Künstliche Besamung für die ersten beiden Besamungen. Danach Bulle.	Kein statistisch signifikanter Zusammenhang mit der Milchleistung.	GZ der betroffenen Tiere statistisch signifikant höher:  Gesunde Tiere 93 Tage, betroffene Tiere 113 Tage.	
Barkema et al. (1994). Niederlande. 2.417 Kalbungen 1988 bis 1991. Hauptsächlich Dutch Friesian und Kreuzungen mit Holstein Friesian.	Kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen DD und Milchleistung. Betrachtet wurden die 100d- sowie die 270d-Leistung.	Kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen DD und Rastzeit. Dasselbe gilt für die Verzögerungszeit.  Daraus ergibt sich ein fehlender Zusammenhang mit der Gützeit, auch wenn von den Autoren nicht explizit angeführt.	

### 2.3.3 Mastitis

Die „[...] Entzündung der Milchdrüse in der Gesamtheit ihrer milchbildenden, speichernden und ableitenden Abschnitte [...]“ wird als Mastitis bezeichnet (Schulz, 1986, S. 198). Bei den zugrundeliegenden Pathogenen handelt es sich für gewöhnlich um Bakterien. Schimmelpilze, Hefen und Prototheken können jedoch ebenfalls eine Mastitis induzieren (El-Sayed et al., 2017).

Für viele Teile der Welt wird die Mastitis regelmäßig als eine der Erkrankungen des Milchrindes mit besonders hoher ökonomischer Relevanz angeführt (Liang et al., 2017; Ruegg, 2017; De Vliegher et al., 2012; Geary et al., 2012; Wolfová et al., 2006; Seegers et al., 2003).

Die Mastitis kann sowohl als klinische als auch als subklinische Form auftreten (Schulz, 1986). Die folgende Literaturübersicht beschränkt sich auf Fälle klinischer Mastitis (KM). Laut Ruegg (2011) wird die KM definiert über das Auftreten visuell abnormaler Milch mit oder ohne gleichzeitigem Vorliegen weiterer Symptomatik wie etwa geschwollene und gerötete

Euterviertel und Zeichen systemischer Erkrankung. Laut Wenz und Giebel (2012) handelt es sich bei der KM um die häufigste infektiöse Erkrankung des Milchrindes und den häufigsten Grund für den Einsatz von Antibiotika in Milchviehbetrieben in den USA. Angaben zu Inzidenzraten schwanken indes stark. Ein wesentlicher Grund hierfür liegt in den Unterschieden hinsichtlich der Diagnostik: Sowohl die Intensität der Überwachung als auch die in den einzelnen Betrieben verwendeten konkreten Arbeitsdefinitionen für das Stellen einer Diagnose variieren und beeinflussen damit die Anzahl der erhobenen Fälle (Ruegg, 2011). Kelton et al. (1998) werten die Angaben zur Inzidenz klinischer Mastitiden in unterschiedlichen Ländern in 62 Veröffentlichungen aus den Jahren 1982 bis 1996 aus. Die Angaben schwanken zwischen einer Laktationsinzidenzrate (LIR) von 1,7% und einer jährlichen Inzidenzrate von 54,6%. Der Median der Angaben zur LIR liegt bei 14,2%. Für Holstein Friesians in 10 Betrieben in Niedersachsen finden Fleischer et al. (2001) für den Erhebungszeitraum 1990 bis 1996 LIR von 13,5% bei Erstlaktierenden und 25,7% bei Mehrfachlaktierenden.

Tabelle 3: Literaturübersicht zur Mastitis

Quelle und Kurzbeschreibung	Milchleistung	Fruchtbarkeit	Abgänge
Haine et al. (2017a). Kanada. 3.952 Erstlak., 8.724 Mehrf.lak. >95% Holstein. Erhebungszeitraum 2010. Berücksichtigt werden Fälle klinischer Mastitis in den ersten 120 Tagen p.p.			KM assoziiert mit erhöhtem Abgangsrisiko.  Erstlak.: Hazard Ratio = 1,96  Mehrf.lak.: Hazard Ratio = 1,47
Liang et al. (2017). Modellsimulation. Modellparameter übernommen aus diversen Literaturquellen oder vorhergesagt aufgrund historischer Entwicklung.  Getrennt simuliert für Erstlak. (P1) und Mehrf.lak. (P2).  Modell bezieht sich auf Gegebenheiten in den USA.	KM assoziiert mit monetärem Verlust pro Fall aufgrund von Milchminderleistung in folgender Höhe.  P1: US\$ 162,17 P2: US\$ 165,17	KM assoziiert mit monetärem Verlust pro Fall aufgrund verlängerter GZ für P2 i.H.v. US\$ 86,16.  Für P1 ergibt sich hingegen eine Ersparnis i.H.v. US\$ 1,54.	KM assoziiert mit monetärem Verlust pro Fall aufgrund erhöhter Abgangsrate (genauer: Abgänge + Todesfälle) in folgender Höhe.  P1: US\$ 22,31 P2: US\$ 23,14

Tabelle 3 (Fortsetzung): Literaturübersicht zur Mastitis

Quelle und Kurzbeschreibung	Milchleistung	Fruchtbarkeit	Abgänge
<p>Hertl et al. (2014a). USA. 17.265 Laktationen von Erstlak., 21.011 Laktationen von Mehrf.lak. Holstein. Erhebungszeitraum 2003 bis 2011.</p> <p>Unterscheidung der Krankheitsfälle nach zugrundeliegendem Pathogen.</p>	<p>Mit wenigen Ausnahmen KM mit Koagulasenegativen Staphylokokken als verantwortlichem Pathogen nicht assoziiert mit Milchleistungsverlust.</p> <p>Alle anderen Pathogen-Kategorien: KM assoziiert mit Milchleistungsverlust. Ausmaß variiert, je nach Pathogen und Parität.</p>		
<p>Hertl et al. (2014b). USA. 20.328 Tiere (40% Erstlak.). Holstein. 39.361 Laktationen. 90.271 künstliche Besamungen (KB). Erhebungszeitraum 2003 bis 2011.</p> <p>Betrachtet werden Fälle von KM von 6 Wochen vor bis 6 Wochen nach der KB. Unterscheidung nach zugrundeliegendem Pathogen.</p>		<p>Mit ganz wenigen Ausnahmen KM assoziiert mit niedrigerer Wahrscheinlichkeit der Konzeption. Allgemeine Tendenz: Negative Auswirkungen am höchsten bei Fällen im Zeitraum 1 Woche vor bis 2 Wochen nach KB.</p> <p>Bzgl. der verschiedenen Pathogene größter negativer Effekt durch <i>Escherichia coli</i> und <i>Klebsiella</i> spp.</p>	

Tabelle 3 (Fortsetzung): Literaturübersicht zur Mastitis

Quelle und Kurzbeschreibung	Milchleistung	Fruchtbarkeit	Abgänge
<p>Hertl et al. (2011). USA. 10.655 Laktationen von Erstlak., 19.578 Laktationen von Mehrf.lak. Holstein. Erhebungszeitraum 2003 bis 2008.</p> <p>Prinzipiell Betrachtung der ersten 10 Monate jeder Laktation. Gegebenenfalls nur bis Tod oder Abgang oder bis Ende des Erhebungszeitraums.</p> <p>Unterscheidung der Krankheitsfälle nach zugrundeliegendem Pathogen.</p>			<p>Erstlak.: KM assoziiert mit erhöhter Mortalität innerhalb eines Monats. KM auch assoziiert mit erhöhter Abgangsrate. Hier auch über den Zeitraum eines Monats hinaus.</p> <p>Mehrf.lak.: KM aufgrund gramnegativer Bakterien assoziiert mit erhöhter Mortalität. Keine Assoziation bei anderen verantwortlichen Pathogenen. KM allgemein assoziiert mit erhöhter Abgangsrate.</p>

Tabelle 3 (Fortsetzung): Literaturübersicht zur Mastitis

Quelle und Kurzbeschreibung	Milchleistung	Fruchtbarkeit	Abgänge
<p>Hertl et al. (2010). USA. 14.148 Tiere. Holstein. 23.695 Laktationen. 55.372 KB. Erhebungszeitraum 2003 bis 2008.</p> <p>Wie bei Hertl et al. (2014b) Betrachtung von Fällen klinischer Mastitis von 6 Wochen vor bis 6 Wochen nach der KB. Unterscheidung Erreger hier (2010) jedoch weniger spezifisch, nämlich nur nach drei Gruppen von Pathogenen: Grampositive Bakterien, gramnegative Bakterien und andere Organismen.</p>		<p>KM 14 d vor bis 35 d nach KB assoziiert mit niedrigerer Wahrscheinlichkeit der Konzeption. Assoziation am stärksten, wenn KM unmittelbar um den Zeitpunkt der KB. Von den drei Gruppen gramnegative Bakterien mit stärkster Assoziation. Stärkster Effekt (Reduktion der Konzeptionswahrscheinlichkeit um 80%): KM aufgrund gramnegativer Bakterien in der Woche nach KB.</p>	
<p>Schukken et al. (2009). USA. 7.721 Laktationen von Erstlak., 13.566 Laktationen von Mehrf.lak. Holstein.</p> <p>Einteilung der Erreger in drei Gruppen: grampositive Bakterien, gramnegative Bakterien sowie andere Organismen.</p>	<p>KM allgemein assoziiert mit Milchleistungsverlust. Ausmaß der Assoziation am größten bei Fällen mit gramnegativen Bakterien als verantwortlichem Pathogen. Milchleistungsverlust in den 50 Tagen nach Erkrankung wie folgt.</p> <p>Gramnegativ: Mehrf.lak. 304 kg, Erstlak. 228 kg.</p> <p>Grampositiv: Mehrf.lak. 128 kg, Erstlak. 133 kg.</p> <p>Andere: Mehrf.lak. 92 kg, Erstlak. 112 kg.</p>		

Tabelle 3 (Fortsetzung): Literaturübersicht zur Mastitis

Quelle und Kurzbeschreibung	Milchleistung	Fruchtbarkeit	Abgänge
<p>Gröhn et al. (2004). USA. 3.071 Tiere. Holstein. Erhebungszeitraum 1999 bis 2001.</p> <p>Unterscheidung von Fällen von KM anhand zugrundeliegendem Pathogen. Eigene Kategorie sind Fälle von KM, ohne dass ein Pathogen isoliert wurde. Milchleistung wöchentlich erhoben.</p>	<p>Angaben zu Auswirkung auf wöchentliche Milchleistung über mehrere Wochen a.p. und p.p., getrennt nach Pathogen.</p> <p>Bei Erstlak. größte Milchleistungsverluste assoziiert mit <i>Staph. aureus</i>, <i>E. coli</i>, <i>Klebsiella</i> spp. und Fällen ohne isoliertes Pathogen.</p> <p>Bei Mehrf.lak. größte Milchleistungsverluste assoziiert mit <i>Streptococcus</i> spp., <i>Staph. aureus</i>, <i>A. pyogenes</i>, <i>E. coli</i> und <i>Klebsiella</i> spp.</p> <p>Tendenz bei beiden Gruppen: größte Verluste unmittelbar nach Diagnose.</p>		
<p>Maizon et al. (2004). Schweden. 23.927 Tiere. Swedish Red and White. Erhebungszeitraum 1991 bis 1992.</p>		<p>Fälle von KM zwischen Tag 45 und Tag 145 p.p. assoziiert mit verlängerter GZ.</p>	

Tabelle 3 (Fortsetzung): Literaturübersicht zur Mastitis

Quelle und Kurzbeschreibung	Milchleistung	Fruchtbarkeit	Abgänge
<p>Wilson et al. (2004). USA. 1.028 Laktationen von Erstlak., 2.004 Laktationen von Mehrf.lak. Holstein. Erhebungszeitraum 1999 bis 2001.</p> <p>Milchleistung täglich erhoben. Mehrf.lak. mit KM zeigten vor Auftreten der Erkrankung eine durchschnittlich höhere Milchleistung als Mehrf.lak. ohne. Unterstellt wird daher ein um 583 kg höheres Milchleistungspotential über die 305d-Laktation.</p>	<p>Assoziation zwischen KM und Milchleistung wie folgt.</p> <p>Mehrf.lak.: Wenn Vgl. mit Tieren ohne KM, Milchminderleistung über 305d i.H.v. 598 kg. Wenn verglichen mit eigener potentieller Leistung, Minderleistung i.H.v. 1.181 kg (=583+598).</p> <p>Erstlak.: Wenn Vgl. mit Tieren ohne KM, Milchminderleistung über 305d i.H.v. 690 kg. Hier kein signifikant höheres Leistungspotential der Tiere mit KM.</p>		
<p>Bareille et al. (2003). Frankreich. Versuchsbetrieb. 551 Holstein-Kühe. Erhebungszeitraum 1988 bis 1998.</p> <p>Zwei Arten klinischer Mastitiden definiert: systemisch vs. lokal. In beiden Fällen veränderte Milch oder Euterentzündung. Systemisch zusätzlich mit Fieber oder systemischer klinischer Symptomatik.</p> <p>Gesamteffekt definiert als kumulierte Verluste zwischen Krankheitsbeginn und Gesundung, maximal jedoch bis Tag 140 p.p.</p>	<p>Tägliche Erhebung der Milchleistung. Eingang in die Analyse bis 140 Tage p.p. Kumulierte Verluste assoziiert mit erstem Auftreten der Erkrankung in laufender Laktation wie folgt.</p> <p>Systemisch: 159,9 kg Lokal: 13,1 kg</p>		

Tabelle 3 (Fortsetzung): Literaturübersicht zur Mastitis

Quelle und Kurzbeschreibung	Milchleistung	Fruchtbarkeit	Abgänge
<p>Rajala-Schultz et al. (1999a). Finnland. 24.276 Tiere. Finnish Ayrshire. Erhebungszeitraum: Tiere mit Kalbung 1993.</p> <p>Berücksichtigt werden einerseits Tiere mit KM, aber ohne andere Erkrankungen und andererseits Tiere ohne jegliche Erkrankung (gesunde Tiere) während der betrachteten Laktation.</p>	<p>KM assoziiert mit Milchminderleistung über gesamte Laktation i.H.v. 110 bis 552 kg, abhängig von Parität und Zeitpunkt der Erkrankung.</p>		
<p>Guard (1998). Excel-Tool zur Berechnung der Kosten verschiedener Erkrankungen. Nebenstehend die im Tool verwendeten Default-Werte.</p>	<p>Milchminderleistung pro Fall KM i.H.v. 124,7 kg.</p>	<p>KM nicht assoziiert mit der Länge der GZ.</p>	<p>Pro Fall KM 1,1% Todesfälle und 7% Abgänge.</p>
<p>Deluyker et al. (1991). USA. 388 Laktationen. Holstein. Erhebungszeitraum 1986 bis 1987. Milchleistung in den ersten 119 Tagen p.p. täglich erhoben.</p>	<p>Assoziation zwischen Fällen von KM und 119d-Leistung abhängig vom Zeitpunkt der Erkrankung:</p> <p>Tage 1-21 p.p.: nicht signifikant Tage 22-49 p.p.: nicht signifikant Tage 50-119 p.p.: Minderleistung von 281 kg.</p>		
<p>Milian-Suazo et al. (1988). USA. 7.763 Laktationen. Holstein. Erhebungszeitraum 1981 bis 1985.</p>			<p>KM assoziiert mit 2,0-fachem Abgangsrisiko. Keine Angaben zu Signifikanz.</p>

Tabelle 3 (Fortsetzung): Literaturübersicht zur Mastitis

Quelle und Kurzbeschreibung	Milchleistung	Fruchtbarkeit	Abgänge
Cobo-Abreu et al. (1979a, b). Kanada. Universitätsherde. Erhebungszeitraum 1970 bis 1976.	KM assoziiert mit Minderleistung i.H.v. 95 kg über Gesamtlaktation.	Keine statistisch signifikante Assoziation zwischen KM und ZKZ.	KM assoziiert mit erhöhter Abgangsrate (OR = 4,95; $p \leq 0,05$ ).

### 2.3.4 Nachgeburtshaltung

Die Nachgeburtshaltung (NGV) des Rindes ist definiert als der unterbliebene oder unvollständige Abgang der Eihäute aus dem Uterus innerhalb eines bestimmten Zeitraums post partum. Die Länge des maßgeblichen Zeitraums wird in der Literatur nicht einheitlich gewählt. Häufig findet sich die Angabe von 6 oder 24 Stunden (Liang et al., 2017; Laven und Peters, 1996), jedoch auch 12, 48 oder sogar 71 Stunden werden zur Definition herangezogen (Van Werven et al., 1992).

Wilson et al. (2004) finden LIR bei Holsteinrindern in den USA von 7,2% bei Erstlaktierenden und 12,2% bei Mehrfachlaktierenden. In einer schon älteren Veröffentlichung stellen Laven und Peters (1996) fest, dass Inzidenzen bei Rindern im Vereinigten Königreich üblicherweise mit etwa 4 bis 8% angegeben werden. Fleischer et al. (2001) finden für Holstein Friesians in 10 Betrieben in Niedersachsen für den Erhebungszeitraum 1990 bis 1996 LIR von 6,7% bei Erstlaktierenden und 9,9% bei Mehrfachlaktierenden.

Tabelle 4: Literaturübersicht zur Nachgeburtshaltung

Quelle und Kurzbeschreibung	Milchleistung	Fruchtbarkeit	Abgänge
Haine et al. (2017b). Kanada. 10.529 Kühe. Geschätzt mindestens 90% Holstein. Erhebungszeitraum 2010.			Kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen NGV und Abgangsrate.

Tabelle 4 (Fortsetzung): Literaturübersicht zur Nachgeburtsverhaltung

Quelle und Kurzbeschreibung	Milchleistung	Fruchtbarkeit	Abgänge
<p>Liang et al. (2017). Modellsimulation. Modellparameter übernommen aus diversen Literaturquellen oder vorhergesagt aufgrund historischer Entwicklung.  Getrennt simuliert für Erstlak. (P1) und Mehrf.lak. (P2).  Modell bezieht sich auf Gegebenheiten in den USA.</p>	<p>NGV assoziiert mit monetärem Verlust pro Fall aufgrund von Milchminderleistung in folgender Höhe.  P1: US\$ 48,37 P2: US\$ 134,93</p>	<p>NGV assoziiert mit monetärem Verlust pro Fall aufgrund verlängerter GZ in folgender Höhe.  P1: US\$ 5,41 P2: US\$ 84,79</p>	
<p>Dubuc et al. (2011). Kanada, USA. 2.178 Holstein-Kühe. Erhebungszeitraum 2007 bis 2008.  Milchleistung erhoben an ersten vier monatlichen Testtagen.</p>	<p>Kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen NGV und Milchleistung bei Erstlak.  Bei Mehrf.lak. NGV assoziiert mit Milchverlust in Höhe von 2,6 kg/Tag über die ersten vier Testtage. Hochgerechneter Milchverlust über 305d: 753 kg.</p>		<p>Kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen NGV und Abgangsrate in den ersten 300 Tagen p.p.</p>
<p>Maizon et al. (2004). Schweden. 23.927 Tiere. Swedish Red and White. Erhebungszeitraum 1991 bis 1992.</p>		<p>NGV assoziiert mit verlängerter GZ.</p>	
<p>Bareille et al. (2003). Frankreich. Versuchsbetrieb. 551 Holstein-Kühe. Erhebungszeitraum 1988 bis 1998.</p>	<p>NGV assoziiert mit Milchminderleistung von Tag 0 bis 56 p.p. von durchschnittlich 33 kg.</p>		

Tabelle 4 (Fortsetzung): Literaturübersicht zur Nachgeburtsverhaltung

Quelle und Kurzbeschreibung	Milchleistung	Fruchtbarkeit	Abgänge
<p>Fourichon et al. (2000). Metaanalyse.</p>		<p>NGV assoziiert mit um durchschnittlich 11,3 Tage verlängerter GZ und pro tragende Kuh durchschnittlich 0,19 Besamungen mehr.</p>	
<p>Fourichon et al. (1999). Metaanalyse.</p>	<p>Betrachtung von insgesamt 13 Studien.</p> <p>5 Studien fanden keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen NGV und Milchleistung.</p> <p>5 Studien fanden eine Minderleistung von 0,8 kg/Tag über die gesamte Laktation bis 2,5 kg/Tag über die ersten 100 Tage p.p.</p> <p>2 Studien fanden eine Mehrleistung über 305d, eine Studie nur über den Zeitraum von Tag 36-70 p.p.</p>		
<p>Emanuelson und Oltenacu (1998). Schweden. 33.748 Erstlak. Swedish Friesian. Erhebungszeitraum 1983 bis 1987. Herden unterteilt in 4 Leistungsniveaus bzgl. durchschnittlicher 200d-Laktationsleistung:</p> <p>1) 2.869 – 3.952 kg 2) 3.953 – 4.202 kg 3) 4.203 – 4.430 kg 4) 4.431 – 5.824 kg</p>		<p>Assoziation zwischen NGV und GZ nach Leistungsniveau:</p> <p>1) + 8,7 Tage 2) +2,5 Tage 3) + 5,9 Tage 4) + 1,7 Tage</p>	<p>Abgangsrisiko in % nach Leistungsniveau. Jeweils ohne/mit NGV:</p> <p>1) 23,9/26,7 2) 23,4/33,4 3) 21,9/25,7 4) 21,4/22,4</p>

Tabelle 4 (Fortsetzung): Literaturübersicht zur Nachgeburtsverhaltung

Quelle und Kurzbeschreibung	Milchleistung	Fruchtbarkeit	Abgänge
<p>Guard (1998). Excel-Tool zur Berechnung der Kosten verschiedener Erkrankungen. NGV hier im Verbund mit Metritis betrachtet.  Nebenstehend die im Tool verwendeten Default-Werte.</p>	<p>Milchminderleistung pro Fall NGV/Metritis i. H.v. 249,5 kg.</p>	<p>Pro Fall NGV/Metritis Verlängerung der GZ um 15 Tage.</p>	<p>Pro Fall NGV/Metritis 1,5% Todesfälle und 6% Abgänge.</p>
<p>Rajala und Gröhn (1998).  Finnland. 37.776 Kühe. Finnish Ayrshire. Erhebungszeitraum 1993.</p>	<p>Kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen NGV und 305d-Leistung. Zum Teil kurzfristige Minderleistung (u.a. abhängig von Laktationsnummer).</p>		
<p>Kossaibati und Esslemont (1997).  England. 13.680 Kühe. Holstein Friesian. Erhebungszeitraum 1992 bis 1993.</p>	<p>NGV assoziiert mit Senkung der Milchleistung um 385 Liter.</p>	<p>NGV assoziiert mit Verlängerung der ZKZ um 22 Tage.</p>	<p>NGV assoziiert mit Erhöhung des Abgangsrisikos um 18,6%.</p>
<p>Mellado und Reyes (1994).  Mexiko. 6.565 Laktationen. Holstein. Erhebungszeitraum 1977 bis 1989.</p>		<p>NGV assoziiert mit Verlängerung der ZKZ um 15 Tage sowie Erhöhung der Besamungen pro Trächtigkeit um 0,28.</p>	

Tabelle 4 (Fortsetzung): Literaturübersicht zur Nachgeburtsverhaltung

Quelle und Kurzbeschreibung	Milchleistung	Fruchtbarkeit	Abgänge
<p>Simerl et al. (1992). USA. 1.144 Erstlak. Verschiedene Rassen: 41,3% Holstein, 39,3% Jersey. Daneben Guernsey, Ayrshire, Brown Swiss. Ergebnisse sind Durchschnitt über alle Rassen. Erhebungszeitraum 1959 bis 1979.</p>	<p>NGV assoziiert mit Minderleistung von 238,7 kg.</p>	<p>NGV assoziiert mit Verlängerung der ZKZ um 33,1 Tage.</p>	
<p>Deluyker et al. (1991). USA. 388 Laktationen. Holstein. Erhebungszeitraum 1986 bis 1987.  Milchleistung in den ersten 119 Tagen p.p. täglich erhoben.</p>	<p>Kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen NGV und 119d-Leistung.</p>		
<p>Oltenacu et al. (1990).  Schweden. 69.832 Laktationen Swedish Red and White (SRB), 39.178 Laktationen Swedish Friesian (SLB).  Bei beiden Rassen nur Erstlak.</p>		<p>NGV assoziiert mit Verlängerung der GZ um etwa 7 Tage.</p>	<p>NGV assoziiert mit erhöhtem Abgangsrisiko.  SRB: 1,7-fach.  SLB: 1,2-fach.</p>
<p>Francos und Mayer (1988).  Israel. 84.818 Laktationen. Israeli-Holsteins. Erhebungszeitraum 1983 bis 1985.</p>		<p>NGV assoziiert mit um 26 Tage verlängerter GZ im Vgl. zu bzgl. Reproduktionskrankheiten unauffälligen Tieren (115 vs. 89 d). 39% der Tiere mit NGV waren 150 d p.p. nicht tragend.</p>	

Tabelle 4 (Fortsetzung): Literaturübersicht zur Nachgeburtsverhaltung

Quelle und Kurzbeschreibung	Milchleistung	Fruchtbarkeit	Abgänge
Joosten et al. (1988). Niederlande. 160.188 Kühe. Zweinutzungsrasse: Meuse-Rhine-Yssel. Erhebungszeitraum 1975 bis 1984.	NGV assoziiert mit Senkung der Milchleistung um 207 kg.	NGV assoziiert mit Verlängerung der ZKZ um 10,3 Tage.	NGV assoziiert mit Erhöhung der Abgangsrate um 7,9%.
Milian-Suazo et al. (1988). USA. 7.763 Laktationen. Holstein. Erhebungszeitraum 1981 bis 1985.			NGV assoziiert mit 1,6-fachem Abgangsrisiko. Keine Angaben zu Signifikanz.
Halpern et al. (1985). USA. 1.111 Erstlak., 2.493 Mehrf.lak. Holstein. Erhebungszeitraum 1981 bis 1983.  U.a. Untersuchung der Auswirkung der Dauer der Verhaltung.		Bei der überwiegenden Mehrheit der Tiere kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen NGV und folgender Reproduktionsleistung. Einziger signifikanter Effekt: GZ um 57 Tage erhöht bei Tieren, die sämtliche folgende Eigenschaften aufweisen. Verhalten der Nachgeburt für > 7 Tage, Laktationsnummer $\geq 2$ , weder Metritis noch Endometritis noch Pyometra noch Ovarzysten.	
Dohoo und Martin (1984a).  Datenmaterial gesondert beschrieben in Dohoo et al. (1983).	NGV assoziiert mit Abnahme der Milchleistung pro Tag um 0,4%.	NGV assoziiert mit einer Erhöhung der GZ um 4,7 Tage.	
Cobo-Abreu et al. (1979a, b).  Kanada. Universitätsherde. Erhebungszeitraum 1970 bis 1976.	Keine statistisch signifikante Assoziation mit der Milchleistung.	NGV assoziiert mit um ca. 1,14 Monate erhöhter ZKZ.	NGV assoziiert mit erhöhter Abgangsrate (OR = 2,33; $p \leq 0,05$ ).

### 2.3.5 Ketose

Die Subklinische Ketose (SKK) ist definiert als eine erhöhte Konzentration von Ketonkörpern im Blut, ohne das Vorliegen klinischer Symptome. Bei der Klinischen Ketose (KK) liegen zusätzlich klinische Symptome vor. Dazu gehören verminderte Fresslust, Rückgang der Körpermasse, Hypoglykämie, neurologische Symptome u.a. (Duffield et al., 2009; Stöber, 2002). Die Ketose ist assoziiert mit einer negativen Energiebilanz. Eine solche tritt bei Milchkühen regelmäßig in den ersten Wochen der Laktation auf: Der erhöhte Energiebedarf für Geburt und Laktogenese kann nicht durch die Futteraufnahme kompensiert werden (Stöber, 2002; Herdt, 2000; Bauman und Currie, 1980). Als Reaktion auf eine Reduktion der verfügbaren Glukose kommt es zu einer verstärkten Lipolyse und zur Freisetzung von freien Fettsäuren (engl. non-esterified fatty acids, NEFA) ins Blut. NEFA können von verschiedenen Geweben direkt als Metabolit verwendet werden. Ein Teil wird jedoch durch die Leber zu Ketonkörpern (Aceton, Acetoacetat und  $\beta$ -Hydroxybutyrat [BHBA]<sup>4</sup>) umgewandelt, welche als alternative Metabolitquelle fungieren (Herdt, 2000).

Unterschieden wird zwischen einer *primären Ketose*, welche eine direkte Folge der oben beschriebenen peripartalen negativen Energiebilanz ist, und einer *sekundären Ketose* bei der eine anderweitige Primärerkrankung zur negativen Energiebilanz führt (via reduzierte Fresslust und/oder anderweitig verminderte Nährstoffversorgung) (Stöber, 2002).

Eine KK kann anhand der klinischen Symptomatik diagnostiziert werden. Die Diagnostik ist dabei naturgemäß bis zu einem gewissen Grad subjektiv (Koeck et al., 2013; McArt et al., 2013). Eine andere Möglichkeit ist die Definition über einen Schwellenwert für die BHBA-Konzentration im Serum, analog zum im Folgenden beschriebenen Vorgehen für die SKK, wobei die Schwellenwerte entsprechend höher liegen (Vanholder et al., 2015; Oetzel, 2004).

Da eine negative Energiebilanz, und damit ein Anstieg der Ketonkörper im Blut, ein regelmäßiges Phänomen bei Milchkühen in der Früh-laktation ist, bedarf die Definition der SKK eines entsprechenden Schwellenwertes (Duffield et al., 2009). Einheitliche Schwellenwerte finden sich in der Literatur nicht. Der verwendete Schwellenwert für die post partum beobachtete BHBA-Konzentration im Blut reicht von 0,9 bis 1,6 mmol/L, wobei die Mehrzahl

---

<sup>4</sup> Die  *$\beta$ -Hydroxybuttersäure* (engl.  *$\beta$ -hydroxybutyric acid*) liegt im Plasma vorwiegend ionisiert vor und wird daher i.d.R. als  *$\beta$ -Hydroxybutyrat* (engl.  *$\beta$ -hydroxybutyrate*) bezeichnet (Stöber, 2002). Im englischsprachigen Schrifttum wird  *$\beta$ -hydroxybutyrate* regelmäßig mit *BHBA* abgekürzt (Vanholder et al., 2015; Chapinal et al., 2012; Duffield et al., 2009; Walsh et al., 2007; Duffield et al., 1998). Die vorliegende Arbeit folgt dieser Konvention, auch wenn die Abkürzung *BHBA* für die eigentliche Säure ( *$\beta$ -hydroxybutyric acid*) sinnvoller erscheint und mitunter auch so verwendet wird (McArt et al., 2013; Roberts et al., 2012). Insgesamt entsteht der Eindruck, dass beide Begriffe in der englischsprachigen Literatur häufig synonym verwendet werden. Für die Frage, für welche der beiden Moleküle die Abkürzung *BHBA* jeweils steht, sei auf die aufgeführte Literatur verwiesen.

im Bereich 1,2 bis 1,4 mmol/L liegt (McArt et al., 2013; Chapinal et al., 2012; Roberts et al., 2012; Seifi et al., 2011; Ospina et al., 2010; Duffield et al., 2009; Seifi et al., 2007; Walsh et al., 2007; Oetzel, 2004). Eine übliche Herangehensweise zur Definition von Schwellenwerten ist die Betrachtung der resultierenden Sensitivität und Spezifität bzgl. der Vorhersage von bestimmten Folgen, z.B. der Entwicklung einer KK oder Auswirkungen auf die Milchleistung. Niedrigere Schwellenwerte führen typischerweise zu höherer Sensitivität und niedrigerer Spezifität. Das Gegenteil gilt für höhere Schwellenwerte. Die Entscheidung für einen Schwellenwert hängt damit sowohl von den betrachteten abhängigen Variablen als auch von den Gründen für die Testdurchführung und den Folgen falsch positiver und falsch negativer Ergebnisse ab (McArt et al., 2013). Sie bleibt in gewissem Maße willkürlich (Duffield et al., 2009). Da die Ketose neben der Hyperketonämie auch mit Hyperketonurie und -laktie einhergeht, können auch Urin und Milch als Testsubstrat für die Bestimmung der Ketonkörperkonzentration verwendet werden. Auch die Bestimmung der NEFA-Konzentration im Blut ist möglich. Der Goldstandard ist jedoch die Blutuntersuchung auf BHBA (McArt et al., 2013).

Eine weitere Möglichkeit zur Definition einer SKK liefert das Verhältnis von Fett- zu Proteingehalt in der Milch (engl. fat-to-protein ratio, FPR). Jenkins et al. (2015) beschäftigen sich mit der Frage nach dem zu verwendenden Grenzwert. Als vorherzusagende Variablen wählen sie die Entwicklung einer KK und die Milchleistung. Für eine klinische Studie verwenden sie einen Grenzwert von  $FPR > 1,5$ , um ein ausgeglichenes Verhältnis von Sensitivität und Spezifität zu erhalten (75% zu 78%). Ab diesem Grenzwert werden Tiere mit Propylenglykol behandelt. Inzidenzen von KK und Milchleistung sind jedoch ähnlich bei Vergleich von Tieren mit und ohne Behandlung. Die Autoren empfehlen daher einen niedrigeren Grenzwert von  $FPR > 1,42$  zum Zwecke des Screenings (Sensitivität/Spezifität = 92%/65%).

Fleischer et al. (2001) finden für Holstein Friesians in 10 Betrieben in Niedersachsen für den Erhebungszeitraum 1990 bis 1996 Laktationsinzidenzraten für KK von 0,5% bei Erstlaktierenden und 2,2% bei Mehrfachlaktierenden.

Insbesondere Inzidenzraten für die SKK hängen u.a. von der Art der Diagnostik und von verwendeten Grenzwerten ab. Es überrascht daher nicht, dass die in der Literatur angegebenen Werte weit auseinandergehen (Duffield et al., 1998). Geishauser et al. (2000) finden etwa eine Inzidenz von ca. 12% bei Verwendung eines Grenzwertes von  $> 1,4$  mmol BHBA/L Serum.

### 2.3.5.1 Klinische Ketose

Tabelle 5: Literaturübersicht zur Klinischen Ketose

Quelle und Kurzbeschreibung	Milchleistung	Fruchtbarkeit	Abgänge
<p>Liang et al. (2017). Modellsimulation. Modellparameter übernommen aus diversen Literaturquellen oder vorhergesagt aufgrund historischer Entwicklung. Getrennt simuliert für Erstlak. (P1) und Mehrf.lak. (P2). Modell bezieht sich auf Gegebenheiten in den USA.</p>	<p>KK assoziiert mit monetärem Verlust pro Fall aufgrund von Milchminderleistung in folgender Höhe. P1: US\$ 1,00 P2: US\$ 6,67</p>	<p>KK assoziiert mit monetärem Verlust pro Fall aufgrund verlängerter GZ in folgender Höhe. P1: US\$ 1,67 P2: US\$ 85,29</p>	<p>KK assoziiert mit monetärem Verlust pro Fall aufgrund von erhöhten Abgangsraten (genauer: Abgänge + Todesfälle) in folgender Höhe. P1: US\$ 10,14 P2: US\$ 12,67</p>
<p>Dhakal et al. (2015). USA. 77.004 Erstlaktationen. US-Holstein. Verwendung von Daten aus Management-Software. Diagnose Ketose durch Landwirt festgehalten. Vermutlich klinische Fälle gemeint, jedoch keine eindeutige Angabe. Daten vorhanden für die Jahre 1996 bis 2013. Erkrankungen bis 30 Tage p.p. berücksichtigt.</p>	<p>Keine statistisch signifikante Assoziation zwischen Ketose und Milchleistung.</p>		<p>Ketose assoziiert mit Erhöhung der Abgangsrate um knapp 4%.</p>
<p>Vanholder et al. (2015). Niederlande. Hauptsächlich Holstein Friesian. Erhebungszeitraum 2009 bis 2010. Messung BHBA im Serum bei 1.715 Tieren in 2. Woche p.p. Definition SKK und KK wie folgt. SKK: 1,2 bis 2,9 mmol BHBA/L Serum. KK: <math>\geq 3,0</math> mmol BHBA/L Serum.</p>	<p>Erhebung der Milchleistung am ersten Testtag. Für SKK und KK statistisch signifikante positive Assoziation mit Milchleistung. Vergleich mit Tieren mit <math>&lt; 1,2</math> mmol/L (definiert als keine Ketose) wie folgt. SKK: + 1,2 Liter KK: + 1,7 Liter</p>		

Tabelle 5 (Fortsetzung): Literaturübersicht zur Klinischen Ketose

Quelle und Kurzbeschreibung	Milchleistung	Fruchtbarkeit	Abgänge
<p>Bareille et al. (2003). Frankreich. Versuchsbetrieb. 551 Holstein-Kühe. Erhebungszeitraum 1988 bis 1998.</p> <p>Diagnose Ketose durch Betriebspersonal nach folgender Definition: Verringerte Futteraufnahme und Milchproduktion eine Woche bis zwei Monate p.p. bei positiver Reaktion auf eine Therapie mit Propylenglykol.</p>	<p>Tägliche Erhebung der Milchleistung. Eingang in die Analyse bis 140 Tage p.p. Erstes Auftreten der Erkrankung in laufender Laktation assoziiert mit Milchminderleistung von 19,9 kg über einen Zeitraum von 59 Tagen. (Durchschnittliche Dauer der Erkrankung 56 Tage. Beginn der Minderleistung schon 3 Tage vor Diagnose.)</p>		
<p>Fourichon et al. (2000). Metaanalyse.</p>		<p>KK assoziiert mit um durchschnittlich 5,9 Tage verlängerter GZ und pro tragender Kuh durchschnittlich 0,13 Besamungen mehr.</p>	
<p>Fourichon et al. (1999). Metaanalyse.</p> <p>11 betrachtete Arbeiten befassen sich mit dem Zusammenhang zwischen Klinischer Ketose und Milchleistung.</p>	<p>3 von 11 Arbeiten ohne signifikanten Einfluss.</p> <p>2 von 11 Arbeiten finden Mehrleistung über 305d i.H.v. 0,5 bis 0,7 kg/d. Eine davon jedoch einen negativen Kurzzeiteffekt.</p> <p>7 von 11 Arbeiten finden signifikante negative Assoziation mit Milchleistung. Eine dieser Studien betrachtet gesamte 305d und findet für diesen Zeitraum eine durchschnittliche Minderleistung von 1,2 kg/d. Die anderen 6 betrachten nur kürzere Zeiträume und finden Kurzzeiteffekte von 2,6 bis 5,7 kg/d.</p>		

Tabelle 5 (Fortsetzung): Literaturübersicht zur Klinischen Ketose

Quelle und Kurzbeschreibung	Milchleistung	Fruchtbarkeit	Abgänge
<p>Gröhn et al. (1999). USA. 2.604 Laktationen. Holstein. Laktationsnummer ≥ 2. Kalbungen zwischen 1991 und 1993.</p> <p>KK diagnostiziert durch Tierarzt unter Feldbedingungen.</p>	<p>Monatliche Testtagsgemelke über 305d. 2 verschiedene Analysemethoden:</p> <p>1. Abhängige Variable ist die 305d- Milchleistung als kontinuierliche Variable, hochgerechnet aus den monatlichen Testtagsergebnissen. Ergebnis: Ketose ohne Effekt.</p> <p>2. Abhängige Variable sind die einzelnen Testtagsergebnisse. Ergebnis: Statistisch signifikante negative Kurzeffekte der Ketose.</p>		
<p>Rajala-Schultz et al. (1999b). Finnland. 23.416 Kühe. Finnish Ayrshire. Erhebungszeitraum 1993 bis 1994.</p> <p>Klinische Diagnose der Ketose durch Tierarzt unter Feldbedingungen.</p>	<p>Erhebung der monatlichen Testtagsleistung für die Dauer einer Laktation. Laktationsdauer definiert als Zeitraum bis zum Abgang oder zur nächsten Abkalbung. Jedoch nur Testtagsgemelke bis maximal 330d berücksichtigt. Ketose assoziiert mit Minderleistung über gesamte Laktation wie folgt.</p> <p>Laktation 1+2: -126 kg Laktation 3: -67,2 kg Laktation ≥4: -535,4 kg</p>		

Tabelle 5 (Fortsetzung): Literaturübersicht zur Klinischen Ketose

Quelle und Kurzbeschreibung	Milchleistung	Fruchtbarkeit	Abgänge
<p>Guard (1998).</p> <p>Excel-Tool zur Berechnung der Kosten verschiedener Erkrankungen.</p> <p>Nebstehend die im Tool verwendeten Default-Werte.</p>	<p>Milchminderleistung pro Fall KK i.H.v. 229,5 kg.</p>	<p>Pro Fall KK Verlängerung der GZ um 10 Tage.</p>	<p>Pro Fall KK 0,5% Todesfälle und 5% Abgänge.</p>
<p>Detilleux et al. (1994).</p> <p>Finnland. 60.851 Tiere. Finnish Ayrshire.</p> <p>Laktationsnummer &lt;7. Erhebungszeitraum 1985 bis 1988.</p> <p>Ketose gegeben, wenn Ketosebehandlung durch Tierarzt.</p>	<p>Monatliche Testtagsgemelke über 305d.</p> <p>Kurzzeitige negative Assoziation: Über 17 Tage nach Diagnose Minderleistung von 44,3 kg.</p> <p>Über 305d Milchleistung jedoch 141,1 kg höher als bei Tieren ohne Ketose.</p>		
<p>Deluyker et al. (1991).</p> <p>USA. 388 Laktationen. Holstein. Kalbung 1986 bis 1987.</p> <p>Definition Ketose: Verminderte Futteraufnahme, verringerte Milchleistung und positive Reaktion auf Ketosebehandlung ohne gleichzeitiges Vorliegen einer anderen Erkrankung.</p>	<p>Betrachtung der Milchleistung in den ersten 119d p.p. Milchleistung täglich erhoben.</p> <p>Minderung der 119d-Milchleistung abhängig vom Zeitpunkt der Erkrankung wie folgt.</p> <p>1-21 d p.p.: -2,1 kg/d</p> <p>22-49 d p.p.: -2,2 kg/d</p> <p>50-119 d p.p.: -2,8 kg/d</p>		
<p>Oltenacu et al. (1990).</p> <p>Schweden. 69.832 Laktationen Swedish Red and White (SRB), 39.178 Laktationen Swedish Friesian (SLB).</p> <p>Bei beiden Rassen nur Erstlaktierende.</p> <p>Ketose ist die Diagnose KK durch Tierarzt innerhalb der ersten 50 Tage p.p.</p>		<p>SRB: KK assoziiert mit Verlängerung der GZ um 8,53 Tage.</p> <p>SLB: Keine statistisch signifikante Assoziation.</p>	<p>SRB: Keine statistisch signifikante Assoziation.</p> <p>SLB: KK assoziiert mit Senkung der Abgangsrate (OR=0,8; p&lt;0,05).</p>

Tabelle 5 (Fortsetzung): Literaturübersicht zur Klinischen Ketose

Quelle und Kurzbeschreibung	Milchleistung	Fruchtbarkeit	Abgänge
Milian-Suazo et al. (1988). USA. 7.763 Laktationen. Holstein. Erhebungszeitraum 1981 bis 1985.			KK assoziiert mit 1,2-fachem Abgangsrisiko. Keine Angaben zu Signifikanz.
Rowlands und Lucey (1986). Großbritannien. 1.200 Laktationen bis einschließlich Laktationsnummer 5. Kreuzung aus British Friesian, Ayrshire und Holstein. Kalbung 1977 bis 1982. Diagnose Ketose über Klinik und bestätigt durch Bestimmung der Ketonkörperkonzentration in Milch oder Urin (Rothera's Test).	Ketose assoziiert mit signifikanter Verringerung der Peak-Leistung, aber auch der anschließenden Geschwindigkeit der Abnahme der Leistung.  In Summe keine signifikante Abnahme der 305d-Leistung.		
Dohoo und Martin (1984a, b).  Datenmaterial gesondert beschrieben in Dohoo et al. (1983).  KK diagnostiziert durch Tierarzt oder Betriebspersonal anhand der Klinik.	Nach Pfadanalyse keine statistisch signifikante Assoziation der KK mit 305d-Leistung, wenn verglichen mit Herdendurchschnitt.	Nach Pfadanalyse keine statistisch signifikante Assoziation der KK mit der GZ, wenn verglichen mit Herdendurchschnitt.	KK assoziiert mit geringerer Abgangsrate.
Cobo-Abreu et al. (1979a, b). Kanada. Universitätsherde. Erhebungszeitraum 1970 bis 1976.	KK assoziiert mit Minderleistung i.H.v. 103 kg über Gesamtlaktation.	Keine statistisch signifikante Assoziation zwischen KK und ZKZ.	Keine statistisch signifikante Assoziation zwischen KK und Abgangsrate.

### 2.3.5.2 Ketotischer Status, angezeigt durch diagnostischen Test

Es sei an dieser Stelle festgehalten, dass nicht jede Überschreitung eines entsprechenden diagnostischen Grenzwertes automatisch das Vorliegen einer SKK definiert. Vielmehr kann dieses Kriterium grundsätzlich auch von Tieren erfüllt werden, welche zusätzlich klinische Symptome zeigen und damit per definitionem eine KK aufweisen. Zur Definition einer SKK ist daher neben der Grenzwertüberschreitung zusätzlich das Kriterium der Abwesenheit entsprechender klinischer Symptome heranzuziehen. Einige Studien tun dies, viele andere jedoch nicht. Vor diesem Hintergrund ist die folgende Literaturübersicht zu betrachten.

Tabelle 6: Literaturübersicht zu ketotischem Status, angezeigt durch diagnostischen Test

Quelle und Kurzbeschreibung	Milchleistung	Fruchtbarkeit	Abgänge
<p>Viña et al. (2017).</p> <p>Spanien. 59.187 Holstein-Kühe. Erhebungszeitraum 2013 und 2014.</p> <p>Eine Milchprobe pro Tier am ersten Testtag p.p. Infrarot-Spektrometrie: Bestimmung BHBA-Gehalt.</p> <p>Einteilung der Tiere in drei Gruppen nach BHBA-Konzentration in Milch:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. &lt;0,10 mmol/L</li> <li>2. ≥0,10 mmol/L</li> <li>3. ≥0,17 mmol/L</li> </ol> <p>Erhebung der Milchleistung sowohl an diesem ersten Testtag als auch an folgenden Testtagen über gesamte Laktation.</p>	<p>Vgl. der Milchleistung der Gruppen 2 und 3 mit Gruppe 1. Signifikante Minderleistung nur an erstem Testtag p.p. (zeitgleich zur BHBA-Bestimmung):</p> <p>2 vs. 1: -1,68 Liter</p> <p>3 vs. 1: -4,50 Liter</p> <p>Im späteren Laktationsverlauf keine statistisch signifikante Assoziation zwischen BHBA-Konzentration und Milchleistung.</p>		<p>Zugehörigkeit zu Gruppen 2 und 3 assoziiert mit Erhöhung der Abgangsrate im Vgl. zu Gruppe 1.</p> <p>2 vs. 1: 1,19-fach</p> <p>3 vs. 1: 1,22-fach</p>
<p>Vanholder et al. (2015).</p> <p>Die Autoren definieren eine SKK.</p> <p>Näheres s.o. im Abschnitt zur KK.</p>	<p>S.o. Abschnitt zur KK.</p>		

Tabelle 6 (Fortsetzung): Literaturübersicht zu ketotischem Status, angezeigt durch diagnostischen Test

Quelle und Kurzbeschreibung	Milchleistung	Fruchtbarkeit	Abgänge
<p>Raboisson et al. (2014). Metaanalyse von insgesamt 131 Modellen in 23 Veröffentlichungen. Dabei Reanalyse der Modelle unter Vornahme einiger Modifikationen, um die Heterogenität unter den Studien zu reduzieren. Die beiden wichtigsten Modifikationen laut Autoren:</p> <p>1. Definition der SKK wie in folgender Spalte (bei Abwesenheit klinischer Symptome). Laut Autoren dadurch Korrektur der Unterschätzung der Krankheitsrisiken in Studien mit geringeren Grenzwerten.</p> <p>2. Bei univariaten Modellen Aufnahme weiterer Variablen.</p>	<p>SKK definiert als (jeweils und/oder):</p> <p>1. BHBA im Blut &gt; 1,4 mmol/L</p> <p>2. NEFA im Blut &gt; 0,4 mmol/L a.p.</p> <p>3. NEFA im Blut &gt; 1,0 mmol/L p.p.</p> <p>SKK assoziiert mit Milchminderleistung von 251 kg über 305d.</p>	<p>SKK assoziiert mit Verlängerung der GZ um 16 bis 22 Tage.</p>	<p>SKK assoziiert mit 1,92-facher Abgangsrate.</p>

Tabelle 6 (Fortsetzung): Literaturübersicht zu ketotischem Status, angezeigt durch diagnostischen Test

Quelle und Kurzbeschreibung	Milchleistung	Fruchtbarkeit	Abgänge
<p>Chapinal et al. (2012). USA und Kanada. 2.365 Kühe. Holstein. Erhebungszeitraum 2006 bis 2007.</p> <p>Serumkonzentration BHBA und NEFA. Zusätzlich Erhebung der Kalziumkonzentration. Probennahmen wöchentlich ab einer Woche a.p. bis 3 Wochen p.p.</p>	<p>Betrachtung der 120d-Laktation (erste vier monatliche Testtagsgemelke).</p> <p>Proben eine Woche a.p.: BHBA <math>\geq 600 \mu\text{mol/L}</math> NEFA <math>\geq 0,5 \text{ mEq/L}</math></p> <p>assoziiert mit Milchminderleistung i.H.v. 1,7 respektive 1,6 kg/d über 120d. Für NEFA Assoziation nur signifikant bei Laktationsnummer <math>\geq 2</math>.</p> <p>Proben in Woche 1, 2 p.p.: BHBA <math>\geq 1400</math> (Woche 1) und <math>\geq 1200</math> (Woche 2) <math>\mu\text{mol/L}</math> NEFA <math>\geq 0,7</math> (Woche 1) und <math>\geq 1,0</math> (Woche 2) <math>\text{mEq/L}</math></p> <p>assoziiert mit Milchminderleistung nur bei erstem Testtagsgemelk.</p>	<p>Unabhängig vom Zeitpunkt der Probennahme Serumkonzentration BHBA und NEFA nicht signifikant assoziiert mit Erstbesamungserfolg.</p>	

Tabelle 6 (Fortsetzung): Literaturübersicht zu ketotischem Status, angezeigt durch diagnostischen Test

Quelle und Kurzbeschreibung	Milchleistung	Fruchtbarkeit	Abgänge
<p>Ospina et al. (2010).</p> <p>USA. 2.259 bzw. 2.290 Kühe zur Untersuchung des Zusammenhangs mit Reproduktionsparametern bzw. Milchleistung.</p> <p>Blutproben a.p. und p.p. a.p.-Proben untersucht auf NEFA-Konzentration, p.p.-Proben zusätzlich auf BHBA-Konzentration. Jeweils Serumkonzentration.</p> <p>Milchleistung ist 305d-Leistung.</p> <p>Fruchtbarkeit: Wahrscheinlichkeit der Trächtigkeit innerhalb einer Periode von 70 Tagen nach Ablauf der (herdenspezifischen) Freiwilligen Wartezeit.</p>	<p>a) Proben a.p.:</p> <p>Unabhängig von Laktationsnummer bei NEFA <math>\geq 0,33</math> mEq/L Milchminderleistung i.H.v. 683 kg.</p> <p>b) Proben p.p.:</p> <p>Erstlak.: Wenn BHBA <math>\geq 9</math> mg/dL  <math>\rightarrow</math> 403 kg <u>mehr</u> Milch.</p> <p>Mehrf.lak.: Wenn BHBA <math>\geq 10</math> mg/dL  <math>\rightarrow</math> 393 kg <u>weniger</u> Milch.</p> <p>Gleiche Vorzeichen ergaben sich auch bei Betrachtung von NEFA statt BHBA.</p>	<p>a) Proben a.p.:</p> <p>NEFA <math>\geq 0,27</math> mEq/L  <math>\rightarrow</math> Wahrscheinlichkeit der Trächtigkeit um 19% reduziert.</p> <p>b) Proben p.p.:</p> <p>NEFA <math>\geq 0,72</math> mEq/L  <math>\rightarrow</math> Wahrscheinlichkeit der Trächtigkeit um 16% reduziert.</p> <p>BHBA <math>\geq 10</math> mg/dL  <math>\rightarrow</math> Wahrscheinlichkeit der Trächtigkeit um 13% reduziert.</p>	
<p>Duffield et al. (2009).</p> <p>Kanada. 1.010 Holstein-Kühe. Erhebungszeitraum 1989 bis 1994. Je eine Serumprobe in erster und zweiter Woche p.p. zur Bestimmung der BHBA-Konzentration.</p>	<p>Erhebung der Milchleistung am ersten Testtag. Statistisch signifikante negative Assoziationen zwischen BHBA und Milchleistung <u>ab</u> folgenden Grenzwerten (<math>\mu\text{mol/L}</math> Serum):</p> <p>1. Probe <math>\geq 1.200</math>  <math>\rightarrow</math> - 1,22 kg/d</p> <p>2. Probe <math>\geq 1.400</math>  <math>\rightarrow</math> - 1,39 kg/d</p> <p><u>Maximale</u> negative Assoziation (basierend auf größtem Effekt und geringstem p-Wert):</p> <p>1. Probe <math>\geq 1.400</math>  <math>\rightarrow</math> - 1,88 kg/d</p> <p>2. Probe <math>\geq 2.000</math>  <math>\rightarrow</math> - 3,30 kg/d</p>		

Tabelle 6 (Fortsetzung): Literaturübersicht zu ketotischem Status, angezeigt durch diagnostischen Test

Quelle und Kurzbeschreibung	Milchleistung	Fruchtbarkeit	Abgänge
<p>Fourichon et al. (1999). Metaanalyse.</p> <p>7 betrachtete Arbeiten befassen sich mit dem Zusammenhang zwischen ketotischem Status, angezeigt durch einen diagnostischen Test, und der Milchleistung. Vier der Studien beziehen Tiere mit klinischen Symptomen mit ein; zwei Studien nicht und definieren damit eine SKK. Eine Studie verfährt differenziert, je nach Untersuchungszeitraum.</p>	<p>5 Studien finden eine Assoziation des ketotischen Status mit Minderleistung.</p> <p>2 Studien finden keinen Zusammenhang.</p>		
<p>Gustafsson und Emanuelson (1996).</p> <p>38.624 Laktationen. Swedish Red and White (SRB) und Swedish Friesian (SLB).</p> <p>Mehrere Milchproben innerhalb der ersten 60 d p.p. Für jedes Tier höchster in diesem Zeitraum gefundener Acetongehalt für Analyse verwendet.</p>	<p>Tiere mit Milchacetongehalt von &gt; 1,4 mmol/L produzierten sowohl über 100d als auch über 200d ca. 190 kg weniger Milch, wenn verglichen mit Tieren mit &lt; 0,7 mmol/L.</p>	<p>Tiere mit Milchacetongehalt von &gt; 1,4 mmol/L zeigten eine um ca. 5 Tage verlängerte Rastzeit, wenn verglichen mit Tieren mit &lt; 0,7 mmol/L.</p> <p>Kein statistisch signifikanter Zusammenhang mit Besamungsaufwand.</p>	
<p>Miettinen (1994).</p> <p>Finnland. 10 Kühe. Universitätsherde. Finnish Ayrshire.</p> <p>Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Milchacetongehalt und Milchleistung in den ersten neun Wochen p.p.</p>	<p>Negative Assoziation zwischen Milchacetongehalt und Milchleistung.</p>		

Tabelle 6 (Fortsetzung): Literaturübersicht zu ketotischem Status, angezeigt durch diagnostischen Test

Quelle und Kurzbeschreibung	Milchleistung	Fruchtbarkeit	Abgänge
<p>Dohoo und Martin (1984c). Datenmaterial gesondert beschrieben in Dohoo et al. (1983). Nitroprussid-basierter Test der Testtagsgemelke auf Ketonkörper. Ergebnis entweder negativ oder +1 oder +2. Schließt damit potentiell Tiere mit SKK und KK ein.</p>	<p>Statistisch signifikante negative Assoziation zwischen Ketonkörperkonzentration und Milchleistung wie folgt.  Score +1: -1,0 kg/d (-4,4%)  Score +2: -1,4 kg/d (-6,0%)</p>		

### 3 Material und Methoden

#### 3.1 Material

Dem Autor der vorliegenden Arbeit wurde im Juli 2016 durch die *dsp-Agrosoft GmbH* die Software *Herde* für Windows in der Version 5.9 zur Verfügung gestellt. Im September des gleichen Jahres erhielt der Autor vom genannten Unternehmen zusätzlich das Programm-Modul *Entgangener Ertrag* sowie einige Schriftstücke mit Informationen zur grundlegenden Konzeption des Moduls. Die Software *Herde* wurde außerdem auf die Version 5.10 aktualisiert. Vor Beginn der im Rahmen der vorliegenden Arbeit dargestellten Berechnungen wurde im Januar 2017 seitens des Unternehmens ein Update des Moduls in Form einer neuen .dll-Datei vorgenommen. Auf diese Version des Softwarepakets beziehen sich sämtliche entsprechende Ausführungen in der vorliegenden Arbeit.

Darüber hinaus wurden dem Autor seitens des Unternehmens die Backup-Dateien des Programms *Herde* von zwei deutschen milcherzeugenden Betrieben zum Zwecke der anonymisierten Auswertung im Rahmen der vorliegenden Arbeit überlassen. Die folgende Tabelle zeigt für beide Betriebe den Bestand an Milchkühen zum 30.06.2016 – und damit kurz vor der letzten Datensicherung. Für die im Jahr davor (01.07.2015 bis 30.06.2016) abgegangenen Tiere sind das durchschnittliche Abgangsalter und einige Milchleistungsparameter angegeben. Die Auswertung erfolgte über die Programmfunktionen *Viehzählung* und *Analyse Lebensleistung* jeweils für den Gesamtbetrieb.

Tabelle 7: Einige Eckdaten zu den Betrieben 1 und 2

	Betrieb 1	Betrieb 2
Anzahl Milchkühe am 30.06.2016	455	1.146
Rasse laut Rasseschlüssel des Programms	Ca. 99% „Holstein-Schwarzbunt“	Ca. 89% „Holstein-Schwarzbunt“. Jeweils ca. 5% Kreuzungen Fleischrind x Milchrind und Milchrind x Milchrind.
Durchschnittliches Abgangsalter	4,9 Jahre	4,6 Jahre
Durchschnittliche 305d-Leistung	9.380 kg	8.836 kg
Durchschnittliche Lebensleistung	27.757 kg	22.717 kg
Durchschnittliche Lebenseffektivität	15,3 kg	13,1 kg

Die Backup-Datei eines dritten Betriebes diente lediglich dazu, in Abschnitt 4.1 die Details der Konzeption und des mathematischen Vorgehens des Moduls *Entgangener Ertrag* anhand eines Berechnungsbeispiels zu erläutern.

## 3.2 Methoden

Laut Vertriebsunternehmen ist das Ziel des Moduls *Entgangener Ertrag* die „Schätzung des Einflusses von Erkrankungen und Abgängen auf die Wirtschaftlichkeit des Betriebes“ (dsp-Agrosoft GmbH, 2018). Das Grundprinzip ist dabei wie folgt: Der Nutzer wählt eine Erkrankung aus, deren wirtschaftliche Auswirkungen er dargestellt haben möchte. Das Modul stellt daraufhin zwei Tiergruppen nebeneinander dar: Tiere mit der in Frage stehenden Diagnose und Tiere ohne diese Diagnose. Die beiden Gruppen werden mit Blick auf die in der Vergangenheit realisierte Milchleistung, Reproduktionsparameter sowie Bestandsergänzungs- und Haltungskosten miteinander verglichen. Der mit der Diagnose assoziierte *Entgangene Ertrag*, definiert als die Differenz des ökonomischen Ergebnisses der beiden Tiergruppen, wird ausgegeben. Die Analyse der Auswirkungen von Erkrankungen erfolgt damit spezifisch für den betrachteten Betrieb. Hier liegt ein entscheidender Unterschied zu der Strategie, sich bei der Einschätzung der Auswirkungen von Erkrankungen auf Angaben des einschlägigen Schrifttums zu verlassen.

Neben den Diagnosen lassen sich der Quotient aus Milchfett- und Milchproteingehalt (Screening bzgl. ketotischem Status) sowie die Zellzahl (Indikator für Eutergesundheit) hinsichtlich ihrer ökonomischen Bedeutung auswerten. Das Auswertungsprinzip ist dabei analog zu dem oben für die Diagnosen beschriebenen. Außerdem lassen sich anstelle eines *Entgangenen Ertrages* die Auswirkungen auf das *Income over feedcost* darstellen (siehe Abschnitt 4.1.5).

Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist die kritische Diskussion des beschriebenen Moduls. Sämtliche entsprechende Ausführungen beziehen sich hierbei, wie oben bereits erwähnt, auf die im vorangehenden Abschnitt 3.1 beschriebene Version des Softwarepakets. Die zu beantwortende Forschungsfrage ist dabei zum einen, (1) ob das Modul in seiner derzeitigen Form die Auswirkung einer Erkrankung auf das ökonomische Betriebsergebnis ausreichend präzise wiedergibt, um eine wertvolle Entscheidungshilfe darzustellen, bei der Planung von ökonomisch fundierten Investitionsstrategien im Bereich Bekämpfung und Prophylaxe von Erkrankungen. Zum anderen gilt es, nicht nur etwaige Kritikpunkte zu identifizieren, sondern auch zu erläutern, (2) welche Änderungen gegebenenfalls vorzunehmen sind, um das Modul mit Blick auf das oben genannte Anwendungsszenario methodisch weiterzuentwickeln.

Im folgenden Abschnitt 4.1 werden das dem Modul zugrundeliegende methodische Konzept und das mathematische Vorgehen detailliert erläutert. Dies erfolgt in Form eines Berechnungsbeispiels unter Verwendung der Daten des oben genannten dritten Betriebes. Das Modul wurde durch den Autor der vorliegenden Arbeit auch auf die Daten der oben

skizzierten Betriebe 1 und 2 angewandt. Die Beschreibung der Ergebnisse folgt in Abschnitt 4.2.

In den Kapiteln 5 und 6 folgen Diskussion und Schlussfolgerungen mit Blick auf die beiden genannten Forschungsfragen.

Die beiden folgenden Screenshots zeigen Ausschnitte aus der Modulmaske und sollen dem bisher nicht mit dem Modul vertrauten Leser vorab einen groben Eindruck von der Benutzeroberfläche vermitteln: Der obere Teil der Modulmaske (Abbildung 5) zeigt den Vergleich des ökonomischen Ergebnisses der beiden Gruppen (mit/ohne Diagnose), der untere Teil (Abbildung 6) stellt den Vergleich umgerechnet auf das Einzeltier („Ergebnis je Kuh“) sowie die Berechnung des *Entgangenen Ertrages* durch Differenzbildung dar. Als Beispiel wurde die Diagnose *Nachgeburtshaltung* gewählt.

<b>Nachgeburtshaltungen</b>	mit Diagnosen			ohne Diagnosen		
	Abgänge	lebende	gesamt	Abgänge	lebende	gesamt
Anzahl Kühe	8	11	19	76	244	320
Haltungstage	156	305		164	305	
Milchertrag	41.208	117.733	158.941	450.300	2.695.712	3.146.012
Milcherlös	14.835	42.384	57.219	162.108	970.456	1.132.564
ZKZ		411	411		404	404
Differenz ZKZ		6	6		-1	-1
Differenz ZKZ/€		-15,0	-15,0		2,5	2,5
ZKZ-Einfluss		-135	-135		570	570
Ergebnis nach ZKZ	14.835	42.249	57.084	162.108	971.026	1.133.134
Spermaportion/Kuh	3,5	2,2	2,7	2,3	2,5	2,5
Spermakosten	-504	-436	-940	-3.146	-10.980	-14.126
Ergebnis nach Sperma	14.331	41.813	56.144	158.962	960.046	1.119.008
Abgänge		<b>AH %</b>	<b>Anzahl</b>		<b>AH %</b>	<b>Anzahl</b>
- Schlachtung	-7.600	42,1	8	-70.300	23,1	74
- Tierkörperbeseitigung	0	0,0	0	-3.000	0,6	2
Best.ergänz.-kosten (BE)	-7.600	<b>42,1</b>	8	-73.300	<b>23,8</b>	76
Ergebnis nach BE-Kosten	6.731		48.544	85.662		1.045.708
Haltungskosten	-8.986	-24.156	-33.142	-89.741	-535.824	-625.565
<b>Ergebnis gesamt</b>	<b>-2.255</b>	<b>17.657</b>	<b>15.402</b>	<b>-4.079</b>	<b>424.222</b>	<b>420.143</b>

Abbildung 5: Vergleich des ökonomischen Ergebnisses der beiden Gruppen (mit/ohne Diagnose). Screenshot des oberen Teils der Modulmaske.

Ergebnis je Kuh							Entgang. Ertrag = mit - ohne		
	Abgänge	lebende	gesamt	Abgänge	lebende	gesamt	Abgänge	lebende	gesamt
Mkg/MT	33,0	35,1	27,4	36,1	36,2	32,2			
Milchertrag	5.151	10.703	8.365	5.925	11.048	9.831	-774	-345	-1.466
Milcherlös	1.854	3.853	3.012	2.133	3.977	3.539	-279	-124	-527
ZKZ-Einfluss		-15,0	-15,0		2,5	2,5		-17,5	
Ergebnis nach ZKZ	1.854	3.841	3.004	2.133	3.980	3.541	-279	-139	-537
Spermakosten	-63	-40	-49	-41	-45	-44	-22	5	-5
Ergebnis nach Sperma	1.791	3.801	2.955	2.092	3.935	3.497	-301	-134	-542
Best.ergänz.-kosten (BE)	-950		-400	-964		-229	14		-171,0
Ergebnis nach BE-Kosten	841		2.555	1.127		3.268	-286		-713
Haltungskosten	-1.123	-2.196	-1.744	-1.181	-2.196	-1.955	58	0	211
<b>Ergebnis gesamt</b>	<b>-282</b>	<b>1.605</b>	<b>811</b>	<b>-54</b>	<b>1.739</b>	<b>1.313</b>	<b>-228</b>	<b>-134</b>	<b>-502</b>

Abbildung 6: Vergleich umgerechnet auf das Einzeltier und Berechnung des Entgangenen Ertrages durch Differenzbildung. Screenshot des unteren Teils der Modulmaske.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Beschreibung der Kalkulation des *Entgangenen Ertrages* und weiterer Modulfunktionen

Im vorliegenden Abschnitt werden die Details der Berechnung des *Entgangenen Ertrages* anhand eines Beispiels erörtert. Die hier dargestellten Zahlenwerte beziehen sich auf Daten des in Abschnitt 3.1 genannten Beispielbetriebes. Das verwendete Zahlenbeispiel liegt auch den im vorangehenden Abschnitt dargestellten Screenshots zugrunde. Die Tierzahl ist absichtlich gering gehalten, um die Erläuterung der Rechenschritte möglichst übersichtlich zu gestalten. Aus didaktischen Gründen wird bereits hier auf einige der durch den Autor identifizierten problematischen Aspekte der derzeitigen Programmierung hingewiesen. Eine ausführliche Diskussion der grundlegenden Konzeption des Moduls folgt in Abschnitt 5.1.

Die Ausführungen im vorliegenden Abschnitt 4.1 beruhen neben Beobachtungen des Autors bei der Auseinandersetzung mit dem Modul auch auf schriftlicher und persönlicher Kommunikation des Autors mit Vertretern der *dsp-Agrosoft GmbH*.

Anders als in den übrigen Teilen der Arbeit, sind die im vorliegenden Abschnitt 4.1 dargestellten Tabellen nicht mit einer separaten Tabellenüberschrift mit fortlaufender Nummerierung versehen. Die abweichende Darstellung wurde gewählt, da die hier gezeigten Tabellen bis auf wenige Ausnahmen ganz einfach Inhalte der Modulmaske wiedergeben und eine gesonderte Beschriftung mit fortlaufender Nummerierung nach Ansicht des Autors keinen zusätzlichen Nutzen bringen, sondern sich lediglich negativ auf das Schriftbild und damit die Lesbarkeit des Textes auswirken würde.

Am Anfang der Berechnung eines *Entgangenen Ertrages* steht die Auswahl eines zu betrachtenden Zeitraumes und damit der berücksichtigten Tiere. Der Nutzer des Moduls muss hierbei den sogenannten **Auswertungszeitraum (AZ)** festlegen. Der AZ ist derjenige Zeitraum, in dem ein Tier gekalbt haben muss, um in die Auswertung mit einzufließen. Bei Wahl eines ausreichend großen AZ kann ein und das selbe Tier damit auch mit mehreren Laktationen in die Auswertung eingehen.

Die zweite Voraussetzung für die Berücksichtigung eines Tieres in der Auswertung ist das Vorliegen eines vollständigen Datensatzes zur Laktationsleistung. Hierbei wird zwischen den beiden Tiergruppen „Abgänge“ und „lebende“ unterschieden:

#### Abgänge:

Als *Abgänge* werden Tiere gewertet, welche im AZ abgekalbt haben und nach Ablauf von 305 Tagen nicht mehr lebten. Das Programm unterscheidet hier weiter zwischen

1. Tieren, die geschlachtet wurden  
und
2. Tieren, die in die Tierkörperbeseitigung gingen.

#### Lebende:

Hierunter fallen Tiere, welche im AZ abgekalbt haben und nach Ablauf von 305 Tagen noch lebten.

Für Tiere der Gruppe *Lebende* gilt ein Datensatz als vollständig, wenn Informationen bis mindestens Tag 305 post partum vorliegen, bzw. bis zum Zeitpunkt des Trockenstellens, für den Fall, dass dies vor Tag 305 post partum erfolgt. Für Tiere der Gruppe *Abgänge* müssen Daten bis zum Abgangszeitpunkt vorliegen.

Ein Tier muss damit **zwei Bedingungen erfüllen**, um in der Auswertung berücksichtigt zu werden: (1) Es muss im AZ gekalbt haben. (2) Ab dem Zeitpunkt der Abkalbung muss ein vollständiger Datensatz zur Laktationsleistung vorliegen.

Hieraus ergibt sich für den Nutzer die Notwendigkeit, für eine sinnvolle Analyse nur solche Erkrankungen in seine Auswertung einzubeziehen, die ausreichend weit in der Vergangenheit liegen. Zur Verdeutlichung betrachte man bspw. einen Nutzer, der am 1.1.2017 eine Auswertung starten möchte. Er möchte einen AZ von einem Jahr wählen. Der aktuellst mögliche sinnvolle AZ ist dann in etwa der 1.2.2015 bis 1.2.2016. Es ist dann sichergestellt, dass auch noch für diejenigen Tiere, die ganz am Ende des AZ abkalben, ein vollständiger Datensatz über 305 Tage post partum vorliegen kann. Dabei ist ein gewisser zusätzlicher Puffer berücksichtigt, da der genaue Zeitpunkt der monatlichen Milchleistungsprüfung (MLP) variiert. Liegt das Ende des AZ hingegen weniger weit in der Vergangenheit, gehen Tiere, die spät im AZ kalben, unter Umständen nicht mehr in die Bewertung ein – allein aufgrund der Tatsache, dass ein wie oben definierter vollständiger Datensatz zur Milchleistung zum Zeitpunkt der Auswertung noch gar nicht vorliegen *kann*.

Bei derzeitiger Programmierung des Moduls ist der AZ für den Nutzer frei wählbar. Auch AZ, welche im oben beschriebenen Sinne nicht ausreichend weit in der Vergangenheit liegen, sind daher möglich. Hieraus ergibt sich in bestimmten Szenarien ein systematisches Problem. Man betrachte hierzu folgendes Beispiel: Ein Nutzer stellt eine Auswertung mit einem AZ von einem Jahr an. Das Ende des AZ liegt 40 Tage in der Vergangenheit. Ein Tier, das am letzten Tag des AZ kalbt und dann 30 Tage post partum abgeht, geht in die Auswertung als *Abgang* ein, sofern für die kurze Zeit nach der Kalbung Daten zur Milchleistung vorliegen. Hingegen wird ein anderes Tier, welches am selben Tag kalbt, aber bis zum Zeitpunkt der Erstellung der Auswertung nicht abgeht, nicht berücksichtigt. Grund ist, dass es zu diesem Zeitpunkt weder

der Gruppe *Abgänge* noch der Gruppe *Lebende* zugeordnet werden kann. Man nehme an, das zweite Tier lebe mindestens 305 Melktage und wäre damit eigentlich der Gruppe *Lebende* zuzuordnen gewesen. Es wird nun deutlich, dass abgegangene Tiere in einer Auswertung prozentual überrepräsentiert sein können, wenn das Ende des AZ nicht ausreichend weit in der Vergangenheit liegt. Dies führt zu systematischen Fehlern im Modul, etwa in der Darstellung des Zusammenhangs zwischen einer Diagnose und der prozentualen Abgangsrate. Dieses Problem ließe sich lösen durch eine Änderung der Programmierung dahingehend, dass für den Nutzer nur AZ wählbar sind, deren Ende ausreichend weit in der Vergangenheit liegt.

Für das im Folgenden zu beschreibende Zahlenbeispiel wurde ein AZ von einem Jahr gewählt. Zwischen dem Ende des Auswertungszeitraums und dem Zeitpunkt der Auswertung wurde ein ausreichender Zeitabstand berücksichtigt, um alle kalbenden Tiere potentiell in die Auswertung einfließen zu lassen.

Nach der Wahl des AZ ist die zweite Entscheidung, die der Nutzer zu treffen hat, die zu betrachtende Diagnose. Als Beispiel wurde hier „Nachgeburtshaltungen“ gewählt.

Als drittes muss der Nutzer entscheiden, für welche von drei möglichen Stichproben die Auswertung stattfinden soll:

1. nur Erstlaktierende
2. nur Tiere mit Laktationsnummer > 1
3. alle Laktationsnummern (> 0).

Die vierte Entscheidung des Nutzers betrifft die Wahl des **Beobachtungszeitraums (BZ)**. Dabei handelt es sich um denjenigen Laktationszeitraum, in dem eine Erkrankung aufgetreten sein muss, um als Fall in die Auswertung einzufließen. Der Nutzer kann hier zwischen zwei Voreinstellungen des Programms wählen. Die erste berücksichtigt Erkrankungen bis Tag 305, die zweite nur bis Tag 100 der Laktation. Alternativ kann der Nutzer jedoch auch frei einen Zeitraum innerhalb der Laktation festlegen. Grundsätzlich ist festzuhalten, dass ein Tier mit der zur Auswertung gewählten Diagnose stets nur als ein einzelner Fall in die Auswertung eingeht. Dies gilt unabhängig davon, wie oft die Diagnose im gewählten BZ gestellt wurde. Wiederholungen von Erkrankungsfällen innerhalb des BZ werden damit nicht berücksichtigt.

Für das zu beschreibende Beispiel wurden folgende Parameter gewählt:

1. Auswertungszeitraum: Ein Jahr
2. Diagnose: Nachgeburtshaltung
3. Laktationsnummern > 0
4. BZ = 305 Tage.

Speziell für die Diagnose *Nachgeburtshaltung* mag es sinnvoller erscheinen, einen BZ von nur wenigen Tagen post partum zu wählen. Hierbei ist zu bedenken, dass Diagnosen unter Umständen verspätet in das Programm eingegeben werden. Für den Datensatz des folgenden Beispiels ergeben sich anstatt 19 Tieren mit Diagnose bspw. noch 18 Tiere bei Berücksichtigung von Erkrankungen bis einschließlich Tag 5 der Laktation und nur 11 Tiere bei Berücksichtigung von Erkrankungen bis einschließlich Tag 3. Für die folgende Darstellung der grundsätzlichen Vorgehensweise des Moduls ist diese Überlegung nicht von Bedeutung. In der Praxis ist jedoch zu beachten, dass eine Abwägung zu treffen ist, zwischen dem Ziel der Berücksichtigung von verspätet eingepflegten Diagnosen einerseits und einer gewissen Plausibilitätsprüfung andererseits. Hierbei sollte der Nutzer auch die in dem jeweiligen Betrieb vorherrschende Praxis der Eingabe der Diagnosen berücksichtigen.

Der weitere Aufbau des Abschnitts 4.1 ist wie folgt: In den Abschnitten 4.1.1 und 4.1.2 erfolgt die Beschreibung der Berechnung des *Ergebnisses je Gruppe*, respektive des *Ergebnisses je Kuh*. Die Darstellung beschränkt sich dabei auf Tiere mit Diagnose. Abschnitt 4.1.3 erläutert die Berechnung des *Entgangenen Ertrages* durch Vergleich mit Tieren ohne Diagnose. In Abschnitt 4.1.4 folgt die Beschreibung der *Auswertung nach Parametern aus der MLP* anstelle der Auswertung nach Diagnosen. Die Abschnitte 4.1.5 und 4.1.6 widmen sich dem Vergleich des *Income over feedcost* sowie der Modulfunktion der *Intensivanalyse*. Den Schluss bildet die Beschreibung der *Übersichtsfunktion* in Abschnitt 4.1.7.

#### 4.1.1 Ergebnis je Gruppe

Bis einschließlich Zeile „Milcherlös“ berechnet das Programm folgende Werte:

<b>MIT DIAGNOSE</b>	Abgänge	lebende	gesamt
Anzahl Kühe	8	11	19
Haltungstage	156	305	
Milchertrag	41.208	117.733	158.941
Milcherlös	14.835	42.384	57.219

##### Abgänge und Lebende:

Die Definition der beiden Gruppen wurde in Abschnitt 4.1 erläutert.

##### Haltungstage:

Hierbei handelt es sich um die durchschnittliche Haltungsdauer der Tiere (arithmetisches Mittel der Gruppe). Im Falle der *Lebenden* sind dies per definitionem stets 305 Tage.

### Milchertrag:

Hierbei handelt es sich um kg Milch. Die hier vom Programm verwendeten Zahlen stammen aus der MLP.

### Milcherlös:

Es handelt sich hierbei um eine Angabe in Euro. Der Milcherlös ist das Ergebnis der Multiplikation des Milchertrags mit einem unterstellten Milchpreis. Als Werkseinstellung (im Beispiel zugrunde gelegt) verwendet das Programm hier € 0,36/kg Milch. Dieser Wert ist jedoch durch den Nutzer frei wählbar.

### Einfluss der Zwischenkalbezeit (ZKZ):

MIT DIAGNOSE	Abgänge [8]	lebende [11]	gesamt [19]
ZKZ		411	411
Differenz ZKZ		6	6
Differenz ZKZ/€		-15,0	-15,0
ZKZ-Einfluss		-135	-135
Ergebnis nach ZKZ	14.835	42.249	57.084

An dieser Stelle sollen Zusammenhänge zwischen einer Erkrankung und der ZKZ dargestellt werden. Es wird dabei davon ausgegangen, dass je Tag verlängerter ZKZ Kosten entstehen.

Die in der Modulmaske als „ZKZ“ angegebene Zahl wird für die Gruppe *Lebende* ausgehend von der hinterlegten Gützeit (GZ) berechnet: Für jedes Einzeltier wird der Wert  $ZKZ = GZ + 281$  bestimmt. Es handelt sich damit hierbei um die *voraussichtliche* ZKZ; also um eine, zumindest hinsichtlich der Tragezeit, nicht empirisch ermittelte Zahl. Der entsprechende Wert wird für sämtliche Tiere berechnet, für die eine GZ vorliegt. Dabei ist es unerheblich, ob gleichzeitig eine tatsächlich empirische ZKZ für das entsprechende Tier vorliegt. Selbst wenn eine solche ZKZ im Programm hinterlegt ist, wird sie nicht verwendet, sondern stets auf die oben beschriebene Rechnung zurückgegriffen. Aus den so ermittelten Einzeltierwerten wird das arithmetische Mittel gebildet und dieses im Modul als „ZKZ“ angegeben. Für die Gruppe *Abgänge* wird kein entsprechender Wert angezeigt. Für die Gruppe *Gesamt* wird der für die Gruppe *Lebende* berechnete Wert wiederholt.

Die Bezeichnung „ZKZ“ ist damit innerhalb des Moduls nicht konsistent. Bei Doppelklick an der entsprechenden Stelle in der Modulmaske wird die Liste mit Einzeltieren geöffnet. Soweit hinterlegt, wird für jedes Tier eine GZ und eine ZKZ dargestellt. Der hier angegebene Wert der ZKZ ist der empirische und damit nicht identisch mit dem in der Modulmaske angegebenen.

Zur Interpretation sowohl der in der Modulmaske angegebenen „ZKZ“ als auch der empirischen ZKZ in der Einzeltierliste nach Doppelklick muss man sich ferner vor Augen führen, dass es sich hier um die Zeitspanne bis zur auf die aktuelle Laktation *folgenden* Kalbung handelt. An anderen Stellen im Programm, beispielsweise in der Einzeltierübersicht, werden hingegen die (empirischen) ZKZ bis zu der der aktuellen Laktation *vorangehenden* Kalbung dargestellt. Zur Verdeutlichung ein Beispiel: Ein Tier kalbt im AZ zum vierten Mal. Nach Doppelklick im Modul wird die Einzeltierliste geöffnet und die Laktationsnummer mit 4 angegeben. Die (empirische) ZKZ wird mit 376 angegeben. Hierbei handelt es sich um den Zeitraum bis zur fünften Kalbung. Nach Aufruf der Einzeltierübersicht für das betreffende Tier und Wahl des Reiters „Kalbung“ wird unter der Laktationsnummer 4 jedoch eine (empirische) ZKZ von 477 angegeben. Die ZKZ von 376 wird jedoch unter der Laktationsnummer 5 angegeben.

Zur Darstellung der ökonomischen Auswirkungen wird die im Modul angegebene „ZKZ“ mit einer Standard-ZKZ verglichen. Diese beträgt bei Werkseinstellung 405 Tage, kann jedoch durch den Nutzer geändert werden. Die in der Tabelle angegebene ZKZ von 411 weicht um 6 Tage von der voreingestellten ZKZ von 405 ab (= „Differenz ZKZ“). Bei Werkseinstellung veranschlagt das Programm pro Tier und zusätzlichem Tag ZKZ Kosten in Höhe von € 2,50.

Die „Differenz ZKZ/€“ ergibt sich aus der Rechnung  $6 \times 2,50 = 15$ .

Der Wert für „ZKZ-Einfluss“ ergibt sich durch Multiplikation mit der entsprechenden Tierzahl, d.h.  $15 \times 9 = 135$ . Eine Tierzahl von 9, anstelle der in der Modulmaske angegebenen 11 *Lebenden*, ergibt sich aufgrund der Tatsache, dass für zwei der *Lebenden* eine GZ fehlt. Diese beiden Tiere gehen damit auch nicht in die Berechnung des arithmetischen Mittels der „ZKZ“ ein.

Im vorliegenden Fall verringert sich das Gesamtergebnis durch den Einfluss der ZKZ. In anderen Fällen kann es jedoch auch zu einer Erhöhung des Gesamtergebnisses kommen, wenn die „ZKZ“ die Standard-ZKZ unterschreitet.

### **Einfluss der Spermakosten:**

<b>MIT DIAGNOSE</b>	Abgänge [8]	lebende [11]	gesamt [19]
Spermaportion/Kuh	3,5	2,2	2,7
Spermakosten	-504	-436	-940
Ergebnis nach Sperma	14.331	41.813	56.144

Unter „Spermaportion/Kuh“ ist das arithmetische Mittel der Anzahl der insgesamt für alle Tiere verwendeten Spermaportionen angegeben. Die Zahl bezieht sich auf Besamungen im Anschluss an die Kalbung im AZ.

Für das vorliegende Beispiel wird nach Aufruf der Einzeltierliste durch Doppelklick in die Spalte der *Abgänge* deutlich, dass nur für zwei der acht abgegangenen Tiere die Anzahl der verwendeten Spermaportionen hinterlegt ist. Für das eine Tier wurden 3, für das andere 4 Spermaportionen verwendet. So ergibt sich ein arithmetisches Mittel von 3,5.

Das Modul veranschlagt pro Spermaportion einen Preis. Die Werkseinstellung ist hier € 18. Auch hier ist der Wert jedoch durch den Nutzer veränderbar.

Die Ermittlung der „Spermakosten“ erfolgt durch Multiplikation der „Spermaportion/Kuh“, des Preises der einzelnen Spermaportion sowie der Anzahl der Tiere:  $3,5 \times 18 \times 8 = 504$ .

Geht man davon aus, dass nur diejenigen Tiere, für welche in der Einzeltierliste die entsprechende Anzahl verwendeter Spermaportionen hinterlegt ist, auch tatsächlich besamt wurden, so wird augenscheinlich, dass bei derzeitiger Programmierung des Moduls die Spermakosten – unter Umständen deutlich – übertrieben werden: Auch für die 6 Tiere welche nicht besamt wurden werden Kosten veranschlagt.

Das Problem besteht in diesem Fall analog für die Gruppe der *Lebenden*. Hier wurden dann zwei der elf Tiere nicht mehr besamt und gingen an Melktag 311, respektive 336 ab.

„Spermaportion/Kuh“ für die Gruppe *Gesamt* wird berechnet als gewichtetes Mittel der beiden Werte für die Gruppen *Abgänge* und *Lebende*. Das Problem der Übertreibung der Spermakosten setzt sich hier also fort. Ferner fällt auf, dass im Falle der Gruppe *Gesamt* die Variable „Spermakosten/Kuh“ zur Berechnung der Variable „Spermakosten“ nicht wie in der Modulmaske angegeben gerundet wird. Es ergäben sich sonst hier Spermakosten in Höhe von  $2,7 \times 18 \times 19 = € 923,40$ . Bei Verwendung des gewichteten Mittels ohne Rundung, also bei einem Wert für „Spermakosten/Kuh“ von etwa 2,747368... ergibt die Rechnung hingegen den in der Maske angegebenen Wert von € 940. Für die Gruppen *Abgänge* und *Lebende* wird hingegen der in der Maske angegebene gerundete Wert verwendet. Für diese unterschiedlichen Vorgehensweisen ist kein sachlicher Grund erkennbar.

### **Einfluss der Bestandsergänzungskosten (BE):**

Bestandsergänzungskosten ergeben sich dadurch, dass abgegangene Tiere durch neue Tiere ersetzt werden. Dabei veranschlagt das Modul je abgegangenen Tier Kosten im Sinne eines Kaufpreises für eine neue Färse. Die Höhe dieser Kosten ist dabei unabhängig von der Abgangsart des zu ersetzenden Tieres. Bei Werkseinstellung wird der Kaufpreis mit € 1.400 veranschlagt. Auch hier ist der Wert jedoch durch den Nutzer veränderbar. Außerdem werden ein etwaiger Schlachterlös des abgegangenen Tieres oder anfallende Kosten für die Tierkörperbeseitigung veranschlagt. Die hier angesetzten Zahlenwerte sind nun naturgemäß

abhängig davon, in welche der folgenden **zwei** durch das Modul unterschiedenen **Abgangsarten** ein abgegangenes Tier fällt. Es ergeben sich folgende BE:

1. Schlachtung: Kaufpreis Färsen – Schlachtkuherlös
2. Tierkörperbeseitigung: Kaufpreis Färsen + Tötungskosten

Bei Werkseinstellung veranschlagt das Modul einen Schlachtkuherlös von € 450 sowie Tötungskosten von € 100. Auch diese beiden Werte sind durch den Nutzer veränderbar.

Im beschriebenen Beispiel wurden sämtliche der 8 *Abgänge* der Schlachtung zugeführt. Es ergeben sich folgende Werte:

	Abgänge [8]	lebende [11]	gesamt [19]
<b>Abgänge</b>		<b>AH %</b>	<b>Anzahl</b>
• Schlachtung	-7.600	42,1	8
• Tierkörperbeseitigung	0	0,0	0
Bestandsergänzungskosten (BE)	-7600	<b>42,1</b>	8
Ergebnis nach BE	6.731		48.544

Die veranschlagten Bestandsergänzungskosten betragen  $8 \times (1.400 - 450) = € 7.600$ .

Die grau hinterlegten Felder der Tabelle fallen aus dem Spaltenschema *Lebende/Gesamt* heraus. AH steht für Abgangshäufigkeit und gibt an, welcher Prozentsatz der Gruppe *Gesamt der betreffenden Abgangsart zugeführt* wurde. Im vorliegenden Beispiel wurden  $8 / 19 \times 100 \approx 42,1\%$  der Abgangsart Schlachtung zugeführt. Die fettgedruckte Zahl (in der Modulmaske rot dargestellt) gibt an, welcher Prozentsatz der Gruppe *Gesamt insgesamt abgegangen* ist. Im vorliegenden Beispiel ist die Zahl identisch mit der obigen, da keine Tiere der Tierkörperbeseitigung zugeführt wurden. Die Zahl rechts daneben ist die Summe aller *Abgänge*.

Die letzte Zeile des grau hinterlegten Bereiches fällt somit nicht nur aus dem Spaltenschema, sondern auch aus dem Zeilenschema heraus, da hier nicht die BE angegeben werden.

Man beachte, dass für die Gruppe *Lebende* kein Wert für „Ergebnis nach BE“ angegeben wird. Die Idee dahinter ist, dass sich das Ergebnis dieser Gruppe nicht ändert, da hier keine *Abgänge* stattgefunden haben. Nach dieser Logik könnte hier alternativ das „Ergebnis nach Sperma“ erneut angegeben werden. Weiter unten in Abschnitt 5.1.2 erfolgt eine grundsätzliche Diskussion der Methodik zur Berechnung von Bestandsergänzungskosten. Dort wird dargelegt, dass das oben beschriebene Vorgehen verschiedene Aspekte unberücksichtigt lässt. Vorbehaltlich dieser späteren Diskussion ist schon an dieser Stelle festzuhalten, dass selbst bei Zugrundelegung der durch das Modul verwendeten Methodik nicht alle anfallenden

Bestandsergänzungskosten berücksichtigt werden. Man rufe sich die weiter oben genannten Definitionen der Gruppen *Abgänge* und *Lebende* in Erinnerung: Als *Abgänge* werden Tiere gewertet, welche im AZ abgekalbt haben und nach Ablauf von 305 Tagen nicht mehr lebten. Die Gruppe *Lebende* beinhaltet Tiere, welche im AZ abgekalbt haben und nach Ablauf von 305 Tagen noch lebten. Im vorliegenden Beispiel gingen jedoch zwei Tiere an Tag 311, respektive 336 ab. Beide wurden der Schlachtung zugeführt. Beim derzeitigen Stand der Programmierung werden diese Tiere bei der Berechnung der BE nicht berücksichtigt, da sie nach der beschriebenen Definition nicht als *Abgänge* gelten. Die BE werden daher systematisch unterschätzt. Mögliche Ansätze zu einer entsprechenden Änderung des Moduls finden sich in Abschnitt 5.1.2.

#### **Einfluss der Haltungskosten:**

<b>MIT DIAGNOSE</b>	Abgänge [8]	lebende [11]	gesamt [19]
Haltungskosten	- 8.986	- 24.156	- 33.142

Bei Werkseinstellung veranschlagt das Modul Haltungskosten in Höhe von € 7,20 pro Tier und Tag. Auch dieser Wert ist durch den Nutzer veränderbar. Die Haltungskosten berechnen sich für jede der drei Gruppen durch Multiplikation der Haltungstage mit der Anzahl der Tiere in der jeweiligen Gruppe sowie mit den Haltungskosten pro Tier und Tag. Für die Gruppe *Abgänge* ergibt sich bspw. ein Wert von  $156 \times 8 \times 7,20 \approx \text{€ } 8.986$ .

Als Wert für die Haltungstage wird das arithmetische Mittel der Haltungstage der Gruppe verwendet. Per definitionem ergibt sich für die Gruppe *Lebende* stets ein Wert von 305, da über diesen Zeitraum hinausgehende Tage nicht berücksichtigt werden. Der Wert für die Gruppe *Gesamt* ist das gewichtete Mittel der beiden anderen Gruppen.

#### **Ergebnis gesamt:**

Als Saldo ergeben sich folgende Werte für das Gesamtergebnis je Gruppe:

<b>MIT DIAGNOSE</b>	Abgänge [8]	lebende [11]	gesamt [19]
Ergebnis gesamt	- 2.255	17.657	15.402

#### **4.1.2 Ergebnis je Kuh**

Neben den Werten für die verschiedenen Gruppen gibt das Modul die Werte je Einzeltier in der jeweiligen Gruppe an. Durch Vergleich der Werte je Einzeltier mit und ohne Diagnose wird dann in einem späteren Schritt der mit der jeweiligen Diagnose assoziierte *Entgangene Ertrag* je Einzeltier ermittelt.

### Milcherlös:

MIT DIAGNOSE	Abgänge [8]	lebende [11]	gesamt [19]
Mkg/MT	33,0	35,1	27,4
Milchertrag	5.151	10.703	8.365
Milcherlös	1.854	3.853	3.012

Der Wert für „Mkg/MT“ (kg Milch pro Melktag) berechnet sich für die Gruppen *Abgänge* und *Lebende* wie folgt: Milchertrag der gesamten Gruppe / Haltungstage / Anzahl Tiere in der Gruppe. Für die Gruppe der *Abgänge* ergibt sich z.B. folgende Rechnung:  $41.208 / 156 / 8 \approx 33,0$ . Für diese Gruppe berechnen sich die Haltungstage als arithmetisches Mittel der Werte der Einzeltiere (siehe vorangehender Abschnitt). Für die Gruppe *Lebende* wird für die Anzahl der Haltungstage stets der Wert 305 verwendet.

Für die Gruppe *Gesamt* mag es naheliegend erscheinen, analog vorzugehen und als Wert für die Haltungstage das gewichtete Mittel der beiden anderen Gruppen zu verwenden. Das Ergebnis wäre eine Aussage über die Milchleistung pro Tier der Gruppe *Gesamt* und Haltungstag. Stattdessen verwendet das Modul als Wert für die Haltungstage der Gruppe *Gesamt* jedoch stets die Zahl 305. Durch Vergleich der beiden entsprechenden Felder der Gruppen mit und ohne Diagnose lässt sich so die mittlere tägliche Leistung über einen standardisierten Zeitraum von 305 Tagen vergleichen.

Dieses Vorgehen erklärt, warum „Mkg/MT“ der Gruppe *Gesamt* unter den Werten beider anderer Gruppen liegt. Bei Verwendung des gewichteten Mittels der Haltungstage der beiden anderen Gruppen läge er hingegen dazwischen – mit einem Wert von etwa 34,5.

Der durchschnittliche „Milchertrag“ je Kuh über 305 Tage ist jedoch in beiden Fällen derselbe. Dieser wird für alle drei Gruppen berechnet als Milchertrag der Gruppe / Tierzahl der Gruppe.

Für die Berechnung des „Milcherlöses“ (Multiplikation des Milchertrages mit dem voreingestellten Kilopreis von € 0,36) und damit auch für die Berechnung des Gesamtergebnisses sind diese Überlegungen daher unerheblich.

### Einfluss der ZKZ:

MIT DIAGNOSE	Abgänge [8]	lebende [11]	gesamt [19]
ZKZ-Einfluss		- 15,0	- 15,0
Ergebnis nach ZKZ	1.854	3.841	3.004

Für die Variable „ZKZ-Einfluss“ muss an dieser Stelle zwischen zwei Werten unterschieden werden. Einerseits wird in der Modulmaske der Wert für „Differenz ZKZ/€“ aus dem

vorangehenden Abschnitt *angezeigt*. Dies ist, andererseits, jedoch nicht der Wert, mit dem das Modul an dieser Stelle tatsächlich rechnet. Dies zeigt sich durch Vergleich der Werte des Milcherlöses und des „Ergebnis nach ZKZ“. Für die Gruppe *Lebende* nimmt das Ergebnis um 12, für die Gruppe *Gesamt* um 8 ab. Der tatsächlich verwendete Wert für „ZKZ-Einfluss“ lässt sich wie folgt berechnen: „ZKZ-Einfluss“ aus dem *oberen* Teil der Modulmaske / Tierzahl der Gruppe. Dies ergibt für die beiden Gruppen folgende Werte:

Gruppe *Lebende*:  $-135 / 11 \approx -12,3$

Gruppe *Gesamt*:  $-135 / 19 \approx -7,1$ .

Geringe Abweichungen zu den vorher genannten Werten ergeben sich wahrscheinlich lediglich durch Rundungsdifferenzen: Vermutlich berechnet das Modul de facto nicht die jeweilige Differenz, sondern dividiert die Werte für „Milcherlös“ und „Ergebnis nach ZKZ“ im oberen Teil der Modulmaske und gibt die Ergebnisse in den gleichnamigen Zeilen im unteren Teil der Modulmaske gerundet wieder.

In Ermangelung eines erkennbaren sachlichen Grundes für die derzeitige Darstellung ist eine Änderung der Programmierung dahingehend anzuraten, dass die zur Berechnung herangezogenen Werte zukünftig auch in der Modulmaske angezeigt werden.

#### **Einfluss der Spermakosten:**

<b>MIT DIAGNOSE</b>	Abgänge [8]	lebende [11]	gesamt [19]
Spermakosten	- 63	- 40	- 49
Ergebnis nach Sperma	1.791	3.801	2.955

Der Wert für die „Spermakosten“ ergibt sich durch Division der gleichnamigen Variable im oberen Teil der Modulmaske durch die Tierzahl der jeweiligen Gruppe. Das im vorangehenden Abschnitt erläuterte Problem der Übertreibung der Spermakosten setzt sich damit auch in der Betrachtung des *Ergebnisses je Kuh* fort.

#### **Einfluss der Bestandsergänzungskosten:**

<b>MIT DIAGNOSE</b>	Abgänge [8]	lebende [11]	gesamt [19]
BE	- 950		- 400
Ergebnis nach BE	841		2.555

Der Wert für „BE“ wird analog zu den Spermakosten berechnet. Auch hier haben damit die im vorangehenden Abschnitt erläuterten Überlegungen zur Beurteilung der BE innerhalb der Gruppe *Lebende* Relevanz.

### **Einfluss der Haltungskosten:**

<b>MIT DIAGNOSE</b>	Abgänge [8]	lebende [11]	gesamt [19]
Haltungskosten	- 1.123	- 2.196	- 1.744

Die Berechnung des Wertes für die „Haltungskosten“ erfolgt abermals analog zu den vorangehenden Variablen.

### **Ergebnis gesamt:**

Für das Ergebnis je Kuh ergeben sich die folgenden Werte:

<b>MIT DIAGNOSE</b>	Abgänge [8]	lebende [11]	gesamt [19]
Ergebnis gesamt	- 282	1.605	811

### **4.1.3 *Entgangener Ertrag***

In den beiden vorangehenden Abschnitten wurde die Berechnung der durch das Modul verwendeten ökonomischen Parameter beschrieben. Dies erfolgte dabei beispielhaft für Tiere mit Diagnose. Die folgende Tabelle fasst die oben beschriebenen Werte noch einmal zusammen und stellt ihnen die – analog berechneten – Werte für die Tiere ohne Diagnose gegenüber. Die Tabelle beschränkt sich dabei auf die Werte für die Ergebnisse je Kuh, da nur diese unmittelbar zur Berechnung des *Entgangenen Ertrages* herangezogen werden.

Anders als in der folgenden Tabelle, werden in der eigentlichen Modulmaske die beiden Gruppen mit „ohne Diagnosen“ bzw. „mit Diagnosen“ bezeichnet - also die Pluralform des Wortes „Diagnose“ verwendet. Der Unterschied ist nicht trivial. Die Verwendung der Pluralform kann vielmehr irreführend sein: Tiere „ohne Diagnosen“ sind nicht etwa Tiere ohne *jegliche* Diagnose. Das Auswahlkriterium der Gruppe ist vielmehr, dass genau *eine* Diagnose, nämlich die vom Nutzer gewählte, nicht gestellt wurde – im vorliegenden Beispiel also die Nachgeburtshaltung. Die Definition gilt im Übrigen analog für die Tiere „mit Diagnosen“. Die beschriebene Definition der beiden Vergleichsgruppen (mit/ohne) wird weiter unten in Abschnitt 5.1.1 kritisch diskutiert.

Ergebnis je Kuh	Mit Diagnose			Ohne Diagnose		
	Abgänge [8]	lebende [11]	gesamt [19]	Abgänge [76]	lebende [244]	gesamt [320]
Mkg/MT	33,0	35,1	27,4	36,1	36,2	32,2
Milchertrag	5.151	10.703	8.365	5.925	11.048	9.831
Milcherlös	1.854	3.853	3.012	2.133	3.977	3.539
ZKZ-Einfluss		- 15,0	- 15,0		2,5	2,5
Ergebnis nach ZKZ	1.854	3.841	3.004	2.133	3.980	3.541
Spermakosten	- 63	- 40	- 49	- 41	- 45	- 44
Ergebnis nach Sperma	1.791	3.801	2.955	2.092	3.935	3.497
BE	- 950		- 400	- 964		- 229
Ergebnis nach BE	841		2.555	1.127		3.268
Haltungskosten	- 1.123	- 2.196	- 1.744	- 1.181	- 2.196	- 1.955
Ergebnis gesamt	- 282	1.605	811	- 54	1.739	1.313

Zur Berechnung des *Entgangenen Ertrages* werden die Werte der Tiere ohne Diagnose von denjenigen der Tiere mit Diagnose subtrahiert. Das Ergebnis ist in der folgenden Tabelle dargestellt.

Entgangener Ertrag = mit - ohne			
Ergebnis je Kuh	Abgänge	lebende	gesamt
Mkg/MT			
Milchertrag	- 774	- 345	- 1.466
Milcherlös	- 279	- 124	- 527
ZKZ-Einfluss		- 17,5	
Ergebnis nach ZKZ	- 279	- 139	- 537
Spermakosten	- 22	5	- 5
Ergebnis nach Sperma	- 301	- 134	- 542
BE	14		- 171, 0
Ergebnis nach BE	- 286		- 713
Haltungskosten	58	0	211
Ergebnis gesamt	- 228	- 134	- 502

Für „Mkg/MT“ werden in der Modulmaske bei derzeitiger Programmierung keine Werte angezeigt. Dies ist für die Berechnung des Milcherlöses unerheblich, da hier der „Milchertrag“ zugrunde gelegt wird.

Für „ZKZ-Einfluss“ wird für den Vergleich der Gruppen *Gesamt* bei derzeitiger Programmierung kein Wert angegeben. Hierfür ist kein sachlicher Grund zu erkennen.

Im vorangehenden Abschnitt wurde außerdem erläutert, dass die im unteren Teil der Modulmaske angezeigten Werte für „ZKZ-Einfluss“ nicht den tatsächlich für die weiteren Berechnungen verwendeten entsprechen. Dieses Problem setzt sich in obiger Tabelle fort, da

sich der dort angegebene Wert von -17,5 aus der Subtraktion der oben beschriebenen *angezeigten* Werte ergibt. Im Sinne der im vorangehenden Abschnitt dargestellten Argumentation sollte auch hier stattdessen die Differenz der tatsächlich verwendeten Werte angezeigt werden.

Des Weiteren fällt auf, dass der Wert für BE für die Gruppe *Gesamt* als einziger mit einer Nachkommastelle angegeben wird. Der Zahlenwert nach dem Komma ist dabei stets (nicht nur in obigem Beispiel) Null. Für diese von den anderen Maskenfeldern abweichende Darstellung ist abermals kein sachlicher Grund erkennbar.

Eine gesonderte Erwähnung verdienen darüber hinaus die Haltungskosten der Gruppe *Lebende*. In obiger Tabelle ist die Differenz mit Null angegeben. Dies ist nicht nur im hier verwendeten Zahlenbeispiel der Fall, sondern immer. Dies liegt daran, dass die Haltungskosten je Kuh in der Gruppe *Lebende* sowohl für Tiere mit als auch ohne Diagnose stets identisch sind. Dies ist dem Umstand geschuldet, dass für die Gruppe *Lebende* durchweg 305 Haltungstage veranschlagt werden. Bei Werkseinstellung (€ 7,20 je Haltungstag) betragen die Haltungskosten damit z.B. stets € 2.196.

#### **4.1.4 Auswertung nach Parametern aus der Milchleistungsprüfung**

Neben der Auswertung nach Diagnosen erlaubt das Modul auch eine Auswertung nach zwei Parametern aus der Milchleistungsprüfung (MLP). Dies ist zum einen der Quotient aus Milchfett- und Milchproteingehalt (engl. fat-to-protein ratio, FPR) und zum anderen die Zellzahl.

Die **FPR** wird zum Screening bzgl. ketotischem Status herangezogen. Das Unterscheidungskriterium ist eine  $FPR > 1,5$  bei mindestens einer MLP in den ersten 100 Laktationstagen. Die beiden so definierten Tiergruppen werden analog zur oben beschriebenen Auswertung nach Diagnosen verglichen und es wird ein *Entgangener Ertrag* berechnet.

Bei Verwendung der **Zellzahl** (Indikator für Eutergesundheit) als Auswertungskriterium kann zwischen 5 verschiedenen Tiergruppen gewählt werden. Diese sind in der folgenden Tabelle beschrieben. Zur Berechnung des *Entgangenen Ertrages* wird mit denjenigen Tieren verglichen, die das jeweilige Unterscheidungskriterium nicht erfüllen. Auch hier wird der *Entgangene Ertrag* analog zur Auswertung nach Diagnosen berechnet.

Tiergruppe	Unterscheidungskriterium MLP – Zellzahlen: (Wiederholte Zellzahlüberschreitungen müssen nicht aufeinanderfolgen.)
1	mind. 1x > 100.000
2	mind. 1x > 200.000
3	mind. 1x > 400.000
4	mind. 2x > 400.000
5	mind. 3x > 400.000

#### 4.1.5 Vergleich des *Income over feedcost*

Anstatt des Vergleiches der Gesamtergebnisse, wie in Abschnitt 4.1.3 beschrieben, kann der Nutzer sich den Vergleich des jeweiligen *Income over feedcost* anzeigen lassen. Verglichen wird wie gehabt zwischen Tieren mit und ohne Diagnose oder wahlweise auch hinsichtlich der Parameter der MLP wie im vorangehenden Abschnitt beschrieben.

Die Unterschiede zum bisher beschriebenen Prinzip sind wie folgt:

1. Anstelle von Haltungskosten pro Tier und Tag werden nur Futterkosten berücksichtigt. Bei (veränderbarer) Werkseinstellung werden € 4,20 pro Tier und Tag veranschlagt.
2. Kosten für eine verlängerte ZKZ werden nicht berücksichtigt.
3. Spermakosten bleiben ebenfalls unberücksichtigt.

Die Punkte 2. und 3. gelten bei Werkseinstellung. Die Werte für die Variablen „€ Kosten/Tag ZKZ“ und „€ Sperma-Kosten“ bei den Einstellungen rechts in der Modulmaske werden hierzu bei Klicken auf „Futter“ automatisch auf „0“ gestellt.

Zu beachten ist, dass die Bezeichnung „Income over feedcost“ nur für die Gruppe *Lebende* zutreffend ist, da für die Gruppen *Abgänge* und *Gesamt* auch Bestandsergänzungskosten berücksichtigt werden.

Erwähnt sei noch, dass der Nutzer für beide oben genannten Variablen Werte  $\neq 0$  eintragen und sich durch Klicken auf den Button „Berechnen“ ein entsprechend verändertes Ergebnis anzeigen lassen kann. In diesem Fall wäre die Bezeichnung „Income over feedcost“ natürlich auch für die Gruppe *Lebende* nicht mehr zutreffend.

#### 4.1.6 Intensivanalyse

Die aus dem Modul heraus aufrufbare „Intensivanalyse“ entspricht im Wesentlichen der Option „Intensivauswertung“ in der Reproduktionsanalyse des Programms *Zuchtmanagementsystem (ZMS)*, vertrieben durch die *dsp-Agrosoft GmbH*. Getrennt für die sechs Tiergruppen (*Abgänge*, *Lebende*, *Gesamt*, jeweils für mit/ohne Diagnose bzw. nach MLP-Parametern) werden hier zusätzliche Angaben zur Besamung und Fruchtbarkeit, zur Leistung, zu Abgangsarten sowie zur Analyse der Milch angezeigt. Indem zunächst eine der sechs

Gruppen als Vergleichsmaßstab festgelegt wird, können durch erneutes Aufrufen der *Intensivanalyse* für eine andere Gruppe die jeweiligen Werte der beiden Gruppen verglichen werden. So lassen sich bspw. die beiden Gruppen *Gesamt* mit/ohne Diagnose zusätzlich hinsichtlich der Abgangsarten vergleichen.

Die in der Intensivanalyse angezeigten Daten sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

Daten	Anmerkungen
Anzahl Tiere	Anzahl Tiere der jeweiligen Gruppe
davon abgegangen	Hier werden unter Umständen auch bei Auswahl der Gruppe <i>Lebende</i> Werte $\neq 0$ angegeben. Nämlich dann, wenn Tiere > 305 Tage Laktation abgehen.
tragend	
aus EB	aus Erstbesamung
Erstkalbealter	
Zwischenkalbezeit (VL)	Der aktuellen Laktation vorangehende ZKZ (Keine Angabe zur Bedeutung der Abkürzung)
Rastzeit	
Verzögerungszeit	
Besamungsindex	
Trächtigkeitsrate EB	Trächtigkeitsrate Erstbesamung
Güstzeit	
vor. ZKZ	Voraussichtliche ZKZ. Entspricht der „ZKZ“ aus der Modulmaske, also berechnet als GZ + 281 (siehe Abschnitt 4.1.1).
Einsatz	
100-Tage	
305-Tage	
Gesamt	

Da die *Intensivanalyse*, wie erwähnt, im Wesentlichen mit der entsprechenden Option des Programms *Zuchtmanagementsystem (ZMS)* übereinstimmt, sollen die Angaben an dieser Stelle nicht im Detail erläutert werden. Einige Besonderheiten im Zusammenhang mit dem Modul *Entgener Ertrag* seien jedoch genannt:

In der Zeile „davon abgegangen“ finden sich unter Umständen auch bei Analyse der Gruppe *Lebende* Werte  $\neq 0$ . Dies ist dann der Fall, wenn Daten über Abgänge zu einem Zeitpunkt > 305 Tage post partum vorliegen. Wie in Abschnitt 4.1.1 erläutert, gingen zwei Tiere an Laktationstag 311, respektive 336 ab. Für das beschriebene Beispiel wird daher in der betreffenden Zeile die Zahl 2 angezeigt.

Die „Zwischenkalbezeit (VL)“ ist die der aktuellen Laktation vorangehende ZKZ. Bei alleiniger Betrachtung von Erstlaktierenden werden hier daher keine Werte angezeigt. Die „vor. ZKZ“ entspricht der in der Modulmaske angegebenen „ZKZ“ und berechnet sich als GZ + 281 (siehe

Abschnitt 4.1.1). Gelegentlich treten geringe Abweichungen zu Werten in der Modulmaske auf, die vermutlich Rundungsdifferenzen geschuldet sind.

#### 4.1.7 Übersichtsfunktion zu fünf Diagnosen

Das Modul bietet die Möglichkeit, sich die Auswertungen für fünf verschiedene Diagnosen oder für die fünf Gruppen der MLP-Zellzahlen gleichzeitig in einer Übersichtstabelle nebeneinander anzeigen zu lassen. Für jede der fünf Diagnosen bzw. Gruppen wird eine Auswahl der oben beschriebenen Werte für Tiere mit und ohne Diagnose gegenübergestellt.

Die Darstellung beschränkt sich dabei auf eine der drei Untergruppen *Abgänge/Lebende/Gesamt*. Der Nutzer entscheidet, für welche der drei Untergruppen die Darstellung erstellt werden soll. In der Übersicht werden die weiter oben beschriebenen Ergebnisse je Gruppe und je Kuh dargestellt.

Für die Angaben zu den Abgängen ergibt sich folgendes Problem: Wie in Abschnitt 4.1.1 erläutert, fallen hier Teile der Darstellung aus dem sonst üblichen Spalten- und Zeilenschema heraus. Dies wurde jedoch augenscheinlich bei der Programmierung der Übersichtstabelle nicht berücksichtigt. Vielmehr wurden anscheinend die Werte aus der jeweiligen Spalte in der Modulmaske für die Übersichtsdarstellung übernommen. Für die Gruppe *Gesamt* ergibt sich für das bisher verwendete Zahlenbeispiel folgende Darstellung:

	mit	ohne
<b>Abgänge</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Anzahl</b>
• Schlachtung	8	74
• Tierkörperbeseitigung	0	2
Bestandsergänzungskosten (BE)	8	76

In der Zeile „Bestandsergänzungskosten (BE)“ wird die Summe beider Abgangsarten und nicht die tatsächlichen BE angegeben.

Das Problem besteht analog für die Gruppen *Abgänge* und *Lebende*.

## 4.2 Auswertung der Betriebe 1 und 2

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Auswertung der Datensätze der in Abschnitt 3.1 skizzierten Betriebe 1 und 2 mithilfe des Moduls vorgestellt. Für die in Abschnitt 2.3 genannten fünf Erkrankungen wurden die jeweils assoziierten *Entgangenen Erträge* berechnet. Die Präsentation der Ergebnisse folgt im Wesentlichen der tabellarischen Darstellung unter „Entgang. Ertrag“ unten rechts in der Modulmaske. Die Darstellung wurde jedoch in einigen Punkten sowohl verändert als auch erweitert:

Verändert wurde die Darstellung des *ZKZ-Einflusses* in Euro, aufgrund der in Abschnitt 4.1.2 erläuterten Probleme bei der derzeitigen Ausweisung in der Modulmaske. In den folgenden Tabellen wird an dieser Stelle der tatsächlich für die Berechnung verwendete Wert angegeben. Hierzu wurde für beide Gruppen (mit/ohne Diagnosen) der Wert für „ZKZ-Einfluss“ aus dem oberen Teil der Modulmaske durch die jeweilige Tierzahl der Gruppe *Gesamt* dividiert (siehe Abschnitt 4.1.2). Der sich für Tiere ohne Diagnose ergebende Wert wurde von demjenigen der Tiere mit Diagnose subtrahiert. In den folgenden Tabellen wurden außerdem an einigen Stellen mathematische Vorzeichen sowie €-Zeichen eingefügt, welche sich in der Modulmaske nicht finden. Das Ziel war hierbei lediglich eine Verdeutlichung der Darstellung für den mit dem Modul bisher nicht vertrauten Leser.

Erweitert wurde die Darstellung um die folgenden drei Angaben: *Tage ZKZ*, *Spermaportionen* und *Abgangsrate %*. Grund für die Zunahme war die Tatsache, dass diese Größen direkt mit Angaben der einschlägigen Literatur zu den Auswirkungen von Erkrankungen auf Leistungsparameter vergleichbar sind – im Gegensatz zu den in der Modulmaske angegebenen Werten in Euro.

Der angegebene Wert für *Tage ZKZ* bezieht sich auf den Wert „ZKZ“ im oberen Teil der Modulmaske für die Gruppen *Lebende* (bzw. *Gesamt*, weil identisch). Es wurde der Wert der Tiere ohne Diagnose von demjenigen der Tiere mit Diagnose subtrahiert. Ein Wert von +8 an entsprechender Stelle in den untenstehenden Tabellen bedeutet z.B., dass Tiere der Gruppe *Lebende mit* der in Frage stehenden Diagnose eine im Durchschnitt acht Tage längere Zwischenkalbezeit hatten als Tiere der Gruppe *Lebende ohne* die Diagnose. Hinsichtlich eines Vergleichs mit Literaturergebnissen ist hier noch zu beachten, dass es sich, wie in Abschnitt 4.1.1 erläutert, um die *voraussichtlichen* Zwischenkalbezeiten (= Günstzeit + 281) handelt.

Der angegebene Wert für *Spermaportionen* bezieht sich auf den Wert „Spermaportion/Kuh“ im oberen Teil der Modulmaske für die Gruppen *Gesamt*. Auch hier wurde der Wert der Tiere ohne Diagnose von demjenigen der Tiere mit Diagnose subtrahiert. Ein Wert von +0,2 an entsprechender Stelle in den untenstehenden Tabellen bedeutet z.B., dass Tiere der Gruppe *Gesamt mit* der in Frage stehenden Diagnose im Durchschnitt mit 0,2 Spermaportionen mehr besamt wurden als Tiere der Gruppe *Gesamt ohne* die Diagnose. Es ist zu beachten, dass sich die hier wiedergegebenen Werte unter Berücksichtigung der Daten aller besamten Tiere ergeben – unabhängig davon, ob ein Tier letztendlich tragend wurde. Dies ist zu bedenken bei Vergleich mit Ergebnissen von Studien welche nur tragende Tiere miteinbeziehen.

Der angegebene Wert für *Abgangsrate %* bezieht sich auf die im oberen Teil der Modulmaske rot dargestellten Abgangshäufigkeiten. Der Wert gibt an, welcher Prozentsatz der Gruppe

*Gesamt* insgesamt abgegangen ist. Abermals wurde der Wert der Tiere ohne Diagnose von demjenigen der Tiere mit Diagnose subtrahiert.

Die Zahlenwerte für *Tage ZKZ*, *Spermaportionen* und *Abgangsrate %* sind in den untenstehenden Tabellen in Klammern dargestellt, da sie in der Modulmaske selbst nicht auftauchen.

Mit dem Ziel einer differenzierten Auswertung der Datensätze wurde der *Entgangene Ertrag* für jede Erkrankung für vier verschiedene Beobachtungszeiträume (BZ) berechnet: Einzelnen für jedes Laktationsdrittel (LD) sowie über die 305d-Laktation. Eine Ausnahme bildet das Kriterium  $FPR > 1,5$  (Screening bzgl. ketotischem Status). Hierbei beträgt der BZ per definitionem stets 100 Tage (siehe Abschnitt 4.1.4). Die zweite Ausnahme bildet die Diagnose Nachgeburtshaltung, für welche als einziger BZ Tag 0 bis 3 post partum gewählt wurde.

Abermals unterteilt wurde die Auswertung in die drei Gruppen Erstlaktierende, Laktationsnummern  $>1$  und Laktationsnummern  $>0$ .

Der berechnete *Entgangene Ertrag* wird für jede Erkrankung in einer Übersichtstabelle angegeben. Hierin sind, zur Wahrung der Übersichtlichkeit, nur die Ergebnisse des Vergleichs der Gruppen *Gesamt* mit/ohne Diagnose dargestellt. Die in diesen Tabellen zu beobachtenden Tendenzen und Muster werden beschrieben.

Im Anhang der vorliegenden Arbeit finden sich Tabellen mit zusätzlicher Angabe des *Entgangenen Ertrages* bei Vergleich innerhalb der Gruppen *Abgänge* und *Lebende* für das Beispiel der Diagnose Sohlengeschwür in Betrieb 1. Der zugrunde gelegte Auswertungszeitraum ist derselbe wie der für die im vorliegenden Abschnitt vorgestellten Berechnungen verwendete (siehe unten).

Kleine Abweichungen bei der Summation der Tabellenwerte zum *Ergebnis gesamt* sind aller Wahrscheinlichkeit nach rundungsbedingt. Die Werte sind in der Modulmaske bereits auf ganze Zahlen gerundet und wurden so in die unten dargestellten Tabellen übernommen. Mit Ausnahme der Angaben zu den Spermaportionen (Angabe einer Nachkommastelle) sind auch die zusätzlich in die Tabelle aufgenommenen Angaben sowie die Werte für den ZKZ-Einfluss auf ganze Zahlen gerundet. Dasselbe gilt für die entsprechenden Tabellen im Anhang.

Der Auswertungszeitraum betrug für beide Betriebe ca. 2 Jahre (01.07.2013 bis 30.06.2015). In Betrieb 1 gingen 759, in Betrieb 2 1.969 Kalbungen in die Analyse ein.

Wie in Abschnitt 4.1 erläutert, geht ein Tier mit der zur Auswertung gewählten Diagnose stets nur als einzelner Fall in die Auswertung ein – unabhängig davon, wie oft die Diagnose im BZ gestellt wurde. Wiederholungen von Erkrankungsfällen innerhalb des BZ werden damit nicht

berücksichtigt. Die Anzahl der Tiere mit mindestens einer Diagnose wird in einer eigenen Tabelle getrennt nach Laktationsnummer und BZ wiedergegeben. Diese Tabelle zur deskriptiven Statistik wird den Ergebnissen zur Höhe des *Entgangenen Ertrages* vorangestellt. Für den BZ von 305 Tagen wird hier außerdem eine prozentuale Laktationsinzidenzrate (LIR) angegeben. Diese ist hier folgendermaßen definiert: (Anzahl Tiere mit mindestens einer Diagnose / Laktationen unter Risiko, d.h. die Summe aller berücksichtigten Laktationen von Tieren mit und ohne Diagnose) x 100. Diese Definition der LIR folgt der von Kelton et al. (1998) für retrospektive Analysen empfohlenen, da sie sowohl abgeschlossene Laktationen (d.h.  $\geq 305$ d) als auch früher beendete Laktationen (durch Trockenstellen und/oder Abgang) einbezieht und, wie oben erläutert, pro Tier stets nicht mehr als ein Fall der untersuchten Erkrankung innerhalb der Laktation erfasst wird. Nicht angegeben wird eine solche LIR für die Auswertung nach dem Kriterium  $FPR > 1,5$ . Der Grund liegt in der Formulierung des Unterscheidungskriteriums: eine  $FPR > 1,5$  bei mindestens einer MLP *in den ersten 100 Laktationstagen* (siehe Abschnitt 4.1.4). Der BZ beschränkt sich damit stets auf die ersten 100 Tage der Laktation und die Angabe einer *Laktationsinzidenzrate* ist daher nicht sinnvoll.

Beim Vergleich der Inzidenzen der Betriebe 1 und 2 ist zu beachten, dass sich (außer im Fall der FPR) Unterschiede u.a. auch aus der Untersuchungshäufigkeit und der Praxis des Einpflegens der Diagnosen in dem Betrieb ergeben können.

### 4.2.1 Sohlengeschwür

Wortlaut der im Modul ausgewählten Diagnose: „Sohlengeschwür“.

#### Laktationsinzidenzrate (LIR):

In Betrieb 1 weisen sowohl Erstlaktierende als auch Mehrfachlaktierende eine höhere LIR auf als in Betrieb 2.

#### Milchleistung:

Erkrankungen im **zweiten oder dritten** Laktationsdrittel (LD) sind durchweg assoziiert mit einer **höheren Milchleistung**. Bei Erkrankung im **ersten** LD gilt das **Gegenteil**, außer bei Erstlaktierenden in Betrieb 1.

#### Fruchtbarkeit:

- a) Sohlengeschwür tendenziell assoziiert mit **längerer ZKZ**. In Betrieb 1 teils keine Assoziation.
- b) Sohlengeschwür tendenziell assoziiert mit **mehr Spermaportionen**. Selbe Ausnahme in beiden Betrieben: Mehrfachlaktierende bei Erkrankung im ersten LD.

#### Abgänge:

Sohlengeschwür tendenziell assoziiert mit **niedrigeren Abgangsraten**. Ausnahme: Gegenteil bei Erkrankung im ersten LD. Ausnahme gilt in Betrieb 1 nicht bei Erstlaktierenden.

Tabelle 8: Deskriptive Statistik zum Sohlengeschwür in Betrieb 1

<b>Betrieb 1: Sohlengeschwür</b>												
Laktationsnummer (Kalbungen gesamt)	1 (n=304)				>1 (n=455)				>0 (n=759)			
Beobachtungszeitraum in Tagen post partum	100d	101-200	201-305	305d	100d	101-200	201-305	305d	100d	101-200	201-305	305d
Anzahl Tiere mit mindestens einer Diagnose (LIR)	49	53	51	117 (38%)	101	117	114	232 (51%)	150	170	165	349 (46%)

Tabelle 9: Deskriptive Statistik zum Sohlengeschwür in Betrieb 2

<b>Betrieb 2: Sohlengeschwür</b>												
Laktationsnummer (Kalbungen gesamt)	1 (n=730)				>1 (n=1.239)				>0 (n=1.969)			
Beobachtungszeitraum in Tagen post partum	100d	101-200	201-305	305d	100d	101-200	201-305	305d	100d	101-200	201-305	305d
Anzahl Tiere mit mindestens einer Diagnose (LIR)	114	150	85	255 (35%)	153	198	149	364 (29%)	267	348	234	619 (31%)

Tabelle 10: Ergebnisse der Modulanalyse zum Sohlengeschwür in Betrieb 1

<b>Betrieb 1: Sohlengeschwür</b>												
Laktationsnummer	1				>1				>0			
Beobachtungszeitraum (Anzahl Tiere mit mind. einer Diagnose)	100d (n=49)	101-200 (n=53)	201-305 (n=51)	305d (n=117)	100d (n=101)	101-200 (n=117)	201-305 (n=114)	305d (n=232)	100d (n=150)	101-200 (n=170)	201-305 (n=165)	305d (n=349)
Milchertrag	+599	+660	+554	+803	-384	+1.091	+2.339	+1.421	-65	+914	+1.706	+1.139
Milcherlös €	+215	+238	+199	+289	-138	+392	+842	+511	-23	+329	+614	+410
ZKZ-Einfluss € (Tage ZKZ)	-19 (+8)	-9 (+2)	-3 (0)	-19 (+7)	0 (+2)	-17 (+9)	-14 (+3)	-3 (0)	-7 (+5)	-13 (+6)	-9 (+1)	-8 (+3)
Ergebnis nach ZKZ	196	228	196	270	-138	376	828	509	-30	316	606	402
Spermakosten € (Spermaportionen)	-4 (+0,2)	-2 (+0,2)	-6 (+0,3)	-6 (+0,4)	+4 (-0,2)	-6 (+0,3)	-1 (+0,1)	-2 (+0,1)	+2 (0)	-5 (+0,2)	-3 (+0,1)	-3 (+0,2)
Ergebnis nach Sperma	193	226	190	264	-135	371	826	507	-29	311	603	399
BE € (Abgangsrate %)	+41 (-3)	+105 (-9)	+148 (-13)	+127 (-11)	-92 (+9)	+78 (-7)	+372 (-35)	+143 (-13)	-66 (+7)	+62 (-5)	+270 (-25)	+108 (-9)
Ergebnis nach BE- Kosten	234	331	338	390	-227	449	1.198	650	-95	374	873	507
Haltungskosten	-92	-136	-162	-173	+24	-246	-418	-276	+2	-184	-307	-208
Ergebnis gesamt	142	195	177	218	-203	202	781	373	-92	190	566	300

Tabelle 11: Ergebnisse der Modulanalyse zum Sohlengeschwür in Betrieb 2

<b>Betrieb 2: Sohlengeschwür</b>												
Laktationsnummer	1				>1				>0			
Beobachtungszeitraum (Anzahl Tiere mit mind. einer Diagnose)	100d (n=114)	101-200 (n=150)	201-305 (n=85)	305d (n=255)	100d (n=153)	101-200 (n=198)	201-305 (n=149)	305d (n=364)	100d (n=267)	101-200 (n=348)	201-305 (n=234)	305d (n=619)
Milchertrag	-21	+1.310	+1.707	+1.077	-449	+916	+2.119	+925	-393	+938	+1.986	+868
Milcherlös €	-8	+471	+615	+388	-162	+330	+763	+333	-141	+337	+714	+312
ZKZ-Einfluss € (Tage ZKZ)	-30 (+18)	-41 (+17)	-67 (+25)	-47 (+22)	+8 (+1)	-22 (+14)	-57 (+22)	-30 (+16)	-7 (+8)	-29 (+14)	-62 (+24)	-35 (+17)
Ergebnis nach ZKZ	-37	430	549	341	-153	308	706	304	-149	308	653	278
Spermakosten € (Spermaportionen)	-3 (+0,2)	-7 (+0,3)	-11 (+0,7)	-8 (+0,5)	+6 (-0,3)	-2 (+0,1)	-16 (+0,9)	-2 (+0,1)	+2 (-0,1)	-3 (+0,1)	-13 (+0,8)	-3 (+0,1)
Ergebnis nach Sperma	-41	424	537	332	-148	307	690	301	-147	306	639	275
BE € (Abgangsrate %)	-20 (+2)	+155 (-15)	+238 (-24)	+112 (-11)	-61 (+6)	+63 (-5)	+244 (-23)	+83 (-7)	-40 (+4)	+105 (-10)	+242 (-23)	+97 (-9)
Ergebnis nach BE- Kosten	-60	579	775	444	-209	370	935	384	-187	411	881	372
Haltungskosten	-8	-343	-396	-251	+45	-219	-384	-197	+22	-269	-389	-218
Ergebnis gesamt	-69	236	377	194	-164	151	552	187	-165	143	493	154

## 4.2.2 Dermatitis Digitalis

Wortlaut der im Modul ausgewählten Diagnose: „Mortellarosche Krankheit (D.digitalis)“.

### Laktationsinzidenzrate:

Bei Erstlaktierenden in beiden Betrieben ähnlich. Im Falle der Mehrfachlaktierenden geringere LIR in Betrieb 1.

### Milchleistung:

Die Diagnose DD ist durchweg assoziiert mit einer **höheren Milchleistung**.

Bei Erkrankung im ersten LD ist die Assoziation deutlich schwächer, verglichen mit späteren Krankheitsfällen. Eine Ausnahme bilden hier Erstlaktierende in Betrieb 1, für welche dieses Muster fehlt.

### Fruchtbarkeit:

- a) DD tendenziell assoziiert mit **längerer ZKZ**. Die deutlichste Ausnahme bilden Erstlaktierende in Betrieb 1, bei Diagnosestellung im ersten LD.
- b) DD tendenziell assoziiert mit **mehr Spermaportionen**.

### Abgänge:

DD durchweg assoziiert mit **niedrigeren Abgangsraten**.

Tabelle 12: Deskriptive Statistik zur Dermatitis Digitalis in Betrieb 1

<b>Betrieb 1: Dermatitis Digitalis</b>												
Laktationsnummer (Kalbungen gesamt)	1 (n=304)				>1 (n=455)				>0 (n=759)			
Beobachtungszeitraum in Tagen post partum	100d	101-200	201-305	305d	100d	101-200	201-305	305d	100d	101-200	201-305	305d
Anzahl Tiere mit mindestens einer Diagnose (LIR)	12	41	62	94 (31%)	34	42	48	111 (24%)	46	83	110	205 (27%)

Tabelle 13: Deskriptive Statistik zur Dermatitis Digitalis in Betrieb 2

<b>Betrieb 2: Dermatitis Digitalis</b>												
Laktationsnummer (Kalbungen gesamt)	1 (n=730)				>1 (n=1.239)				>0 (n=1.969)			
Beobachtungszeitraum in Tagen post partum	100d	101-200	201-305	305d	100d	101-200	201-305	305d	100d	101-200	201-305	305d
Anzahl Tiere mit mindestens einer Diagnose (LIR)	112	91	81	221 (30%)	223	140	112	369 (30%)	335	231	193	590 (30%)

Tabelle 14: Ergebnisse der Modulanalyse zur Dermatitis Digitalis in Betrieb 1

<b>Betrieb 1: Dermatitis Digitalis</b>												
Laktationsnummer	1				>1				>0			
Beobachtungszeitraum (Anzahl Tiere mit mind. einer Diagnose)	100d (n=12)	101-200 (n=41)	201-305 (n=62)	305d (n=94)	100d (n=34)	101-200 (n=42)	201-305 (n=48)	305d (n=111)	100d (n=46)	101-200 (n=83)	201-305 (n=110)	305d (n=205)
Milchertrag	+615	+516	+411	+618	+415	+992	+1.878	+1.448	+435	+780	+1.110	+1.096
Milcherlös €	+221	+186	+148	+222	+150	+357	+676	+522	+157	+281	+400	+395
ZKZ-Einfluss € (Tage ZKZ)	+43 (-20)	0 (-1)	-36 (+14)	-23 (+8)	-7 (+3)	-9 (+3)	-17 (+3)	-15 (+5)	+7 (-4)	-8 (+2)	-28 (+9)	-18 (+6)
Ergebnis nach ZKZ	264	185	112	200	143	348	659	506	164	274	372	377
Spermakosten € (Spermaportionen)	-4 (+0,2)	-5 (+0,3)	-13 (+0,7)	-7 (+0,4)	0 (0)	+3 (-0,2)	-4 (+0,2)	-1 (0)	-1 (0)	-1 (0)	-9 (+0,5)	-5 (+0,2)
Ergebnis nach Sperma	260	180	99	192	143	352	655	505	163	273	362	371
BE € (Abgangsrate %)	+128 (-11)	+116 (-10)	+155 (-14)	+164 (-14)	+75 (-6)	+118 (-12)	+355 (-34)	+222 (-21)	+57 (-4)	+139 (-13)	+284 (-27)	+213 (-20)
Ergebnis nach BE-Kosten	388	296	253	356	218	470	1.011	728	220	411	646	584
Haltungskosten	-140	-135	-169	-183	-138	-235	-362	-297	-110	-208	-291	-262
Ergebnis gesamt	248	161	85	172	80	234	647	431	111	203	355	322

Tabelle 15: Ergebnisse der Modulanalyse zur Dermatitis Digitalis in Betrieb 2

<b>Betrieb 2: Dermatitis Digitalis</b>												
Laktationsnummer	1				>1				>0			
Beobachtungszeitraum (Anzahl Tiere mit mind. einer Diagnose)	100d (n=112)	101-200 (n=91)	201-305 (n=81)	305d (n=221)	100d (n=223)	101-200 (n=140)	201-305 (n=112)	305d (n=369)	100d (n=335)	101-200 (n=231)	201-305 (n=193)	305d (n=590)
Milchertrag	+732	+1.718	+1.750	+1.468	+315	+1.497	+1.931	+1.019	+541	+1.534	+1.751	+1.177
Milcherlös €	+264	+619	+630	+528	+114	+539	+695	+367	+195	+552	+630	+424
ZKZ-Einfluss € (Tage ZKZ)	-23 (+9)	-73 (+30)	-30 (+2)	-37 (+11)	-7 (+2)	-6 (-5)	-46 (+8)	-16 (+3)	-13 (+5)	-33 (+10)	-39 (+5)	-25 (+7)
Ergebnis nach ZKZ	240	545	600	491	106	532	649	351	182	519	590	399
Spermakosten € (Spermaportionen)	-8 (+0,4)	-14 (+0,8)	-7 (+0,4)	-9 (+0,5)	-3 (+0,2)	-10 (+0,5)	-10 (+0,6)	-11 (+0,5)	-4 (+0,2)	-12 (+0,7)	-9 (+0,5)	-8 (+0,5)
Ergebnis nach Sperma	233	531	593	483	103	523	639	341	178	507	581	389
BE € (Abgangsrate %)	+74 (-8)	+141 (-14)	+254 (-25)	+149 (-15)	+51 (-5)	+223 (-21)	+286 (-27)	+151 (-15)	+57 (-6)	+193 (-19)	+275 (-26)	+150 (-15)
Ergebnis nach BE- Kosten	307	672	846	632	155	747	925	491	235	700	857	540
Haltungskosten	-159	-316	-402	-301	-42	-340	-392	-201	-81	-329	-397	-241
Ergebnis gesamt	148	356	445	331	113	406	532	290	154	370	460	299

### 4.2.3 Mastitis

Wortlaut der im Modul ausgewählten Diagnose: „Mastitis nach Ausbreitung, Umfang“.

#### Laktationsinzidenzrate:

Sowohl für Erstlaktierende als auch Mehrfachlaktierende in Betrieb 1 deutlich niedriger als in Betrieb 2.

#### Milchleistung:

Die allgemeine Tendenz ist wie folgt: Diagnosen im ersten LD sind assoziiert mit einer niedrigeren, spätere Diagnosen mit einer höheren Milchleistung.

Bei Diagnose im zweiten LD ist die Milchmehrleistung allgemein deutlich niedriger als bei Diagnose im letzten Drittel. Bei Erstlaktierenden in Betrieb 2 sind Diagnosen im zweiten LD sogar mit einer Minderleistung assoziiert.

Zusammengefasst: Je später die Diagnose, desto besser die Milchleistung im Vgl. mit Tieren ohne Mastitis.

#### Fruchtbarkeit:

- a) Allgemeine Tendenz bzgl. der ZKZ: Diagnosen sowohl im ersten als auch letzten LD sind assoziiert mit einer geringeren ZKZ. Das Gegenteil gilt für Diagnosen im mittleren Drittel.

Dieses Muster fehlt lediglich bei Erstlaktierenden in Betrieb 1.

- b) Diagnose Mastitis im ersten LD durchweg assoziiert mit weniger Spermaportionen. Ansonsten kein klares Muster.

#### Abgänge:

Allgemeine Tendenz: Diagnosen sowohl im ersten als auch zweiten LD assoziiert mit höherer Abgangsrate. Das Gegenteil gilt für Diagnosen im letzten LD. Einzige Ausnahme bilden Mehrfachlaktierende in Betrieb 1, für die auch die Diagnose im zweiten LD mit einer niedrigeren Abgangsrate assoziiert ist.

Allgemein gilt: Je später die Diagnose, desto geringer die Abgangsrate im Vgl. mit Tieren ohne Mastitis.

Tabelle 16: Deskriptive Statistik zur Mastitis in Betrieb 1

<b>Betrieb 1: Mastitis</b>												
Laktationsnummer (Kalbungen gesamt)	1 (n=304)				>1 (n=455)				>0 (n=759)			
Beobachtungszeitraum in Tagen post partum	100d	101-200	201-305	305d	100d	101-200	201-305	305d	100d	101-200	201-305	305d
Anzahl Tiere mit mindestens einer Diagnose (LIR)	42	17	12	63 (21%)	106	72	44	171 (38%)	148	89	56	234 (31%)

Tabelle 17: Deskriptive Statistik zur Mastitis in Betrieb 2

<b>Betrieb 2: Mastitis</b>												
Laktationsnummer (Kalbungen gesamt)	1 (n=730)				>1 (n=1.239)				>0 (n=1.969)			
Beobachtungszeitraum in Tagen post partum	100d	101-200	201-305	305d	100d	101-200	201-305	305d	100d	101-200	201-305	305d
Anzahl Tiere mit mindestens einer Diagnose (LIR)	201	94	72	306 (42%)	429	299	177	657 (53%)	630	393	249	963 (49%)

Tabelle 18: Ergebnisse der Modulanalyse zur Mastitis in Betrieb 1

<b>Betrieb 1: Mastitis</b>												
Laktationsnummer	1				>1				>0			
Beobachtungszeitraum (Anzahl Tiere mit mind. einer Diagnose)	100d (n=42)	101-200 (n=17)	201-305 (n=12)	305d (n=63)	100d (n=106)	101-200 (n=72)	201-305 (n=44)	305d (n=171)	100d (n=148)	101-200 (n=89)	201-305 (n=56)	305d (n=234)
Milchertrag	-911	+229	+1.283	-415	-539	+782	+1.875	+133	-674	+602	+1.681	-78
Milcherlös €	-328	+82	+462	-149	-194	+282	+675	+48	-243	+217	+605	-28
ZKZ-Einfluss € (Tage ZKZ)	+3 (0)	-52 (+29)	-27 (+9)	-17 (+9)	+11 (-6)	-7 (+4)	+7 (-6)	+8 (-5)	+8 (-3)	-13 (+9)	+2 (-3)	+4 (-1)
Ergebnis nach ZKZ	-325	30	434	-166	-183	275	682	56	-235	203	608	-25
Spermakosten € (Spermaportionen)	+5 (-0,3)	-10 (+0,5)	-4 (+0,2)	+1 (0)	+4 (-0,2)	-3 (+0,1)	0 (0)	0 (0)	+4 (-0,2)	-4 (+0,2)	-2 (+0,1)	0 (0)
Ergebnis nach Sperma	-320	20	431	-166	-179	272	681	57	-231	200	606	-24
BE € (Abgangsrate %)	-97 (+10)	-48 (+7)	+128 (-11)	-57 (+6)	-78 (+10)	+47 (-2)	+240 (-23)	+7 (+2)	-114 (+13)	-24 (+5)	+169 (-16)	-53 (+7)
Ergebnis nach BE- Kosten	-418	-27	559	-223	-257	318	921	64	-346	175	775	-79
Haltungskosten	+186	-19	-140	+104	+65	-145	-314	-49	+131	-72	-232	+36
Ergebnis gesamt	-231	-47	419	-119	-192	173	607	15	-214	103	543	-42

Tabelle 19: Ergebnisse der Modulanalyse zur Mastitis in Betrieb 2

<b>Betrieb 2: Mastitis</b>												
Laktationsnummer	1				>1				>0			
Beobachtungszeitraum (Anzahl Tiere mit mind. einer Diagnose)	100d (n=201)	101-200 (n=94)	201-305 (n=72)	305d (n=306)	100d (n=429)	101-200 (n=299)	201-305 (n=177)	305d (n=657)	100d (n=630)	101-200 (n=393)	201-305 (n=249)	305d (n=963)
Milchertrag	-2.841	-167	+1.128	-1.936	-2.219	+11	+1.621	-1.433	-2.274	+277	+1.645	-1.401
Milcherlös €	-1.022	-60	+405	-697	-799	+4	+584	-516	-818	+99	+593	-504
ZKZ-Einfluss € (Tage ZKZ)	+46 (-12)	-17 (+15)	+29 (-18)	+39 (-9)	+31 (-7)	-15 (+20)	-4 (-1)	+20 (+3)	+35 (-7)	-16 (+20)	+4 (-5)	+27 (-1)
Ergebnis nach ZKZ	-977	-77	435	-658	-768	-11	579	-496	-784	83	597	-477
Spermakosten € (Spermaportionen)	+12 (-0,7)	+2 (-0,1)	-5 (+0,2)	+8 (-0,4)	+11 (-0,6)	+2 (-0,1)	-5 (+0,3)	+6 (-0,3)	+10 (-0,6)	+2 (-0,1)	-5 (+0,3)	+8 (-0,4)
Ergebnis nach Sperma	-964	-75	430	-650	-757	-9	574	-490	-773	84	591	-470
BE € (Abgangsrate %)	-285 (+31)	-74 (+9)	+23 (-2)	-243 (+26)	-194 (+20)	-82 (+10)	+96 (-8)	-198 (+21)	-228 (+24)	-87 (+10)	+69 (-6)	-217 (+23)
Ergebnis nach BE- Kosten	-1.249	-148	453	-894	-951	-92	671	-687	-1.001	-3	661	-687
Haltungskosten	+609	-66	-321	+382	+320	-23	-334	+206	+416	-32	-329	+268
Ergebnis gesamt	-641	-214	132	-512	-632	-115	337	-482	-585	-35	332	-419

#### 4.2.4 Nachgeburtshaltung

Wortlaut der im Modul ausgewählten Diagnose: „Nachgeburtshaltungen“. Der einzige BZ ist hier Tag 0 bis 3 post partum.

##### Laktationsinzidenzrate:

In Betrieb 1 insgesamt niedriger als in Betrieb 2.

##### Milchleistung:

In Betrieb 2 ist die Diagnose NGV durchweg assoziiert mit einer **niedrigeren Milchleistung**.

In Betrieb 1 gilt dies für Mehrfachlaktierende, für Erstlaktierende jedoch das Gegenteil.

##### Fruchtbarkeit:

- a) NGV assoziiert mit **längerer ZKZ**.
- b) NGV assoziiert mit **mehr Spermaportionen**.

##### Abgänge:

Kein klares Muster.

Tabelle 20: Deskriptive Statistik zur Nachgeburtsverhaltung in Betrieb 1

<b>Betrieb 1: Nachgeburtsverhaltung</b>			
Laktationsnummer (Kalbungen gesamt)	1 (n=304)	>1 (n=455)	>0 (n=759)
Beobachtungszeitraum in Tagen post partum	0-3	0-3	0-3
Anzahl Tiere mit mindestens einer Diagnose (LIR)	13 (4%)	70 (15%)	83 (11%)

Tabelle 21: Deskriptive Statistik zur Nachgeburtsverhaltung in Betrieb 2

<b>Betrieb 2: Nachgeburtsverhaltung</b>			
Laktationsnummer (Kalbungen gesamt)	1 (n=730)	>1 (n=1.239)	>0 (n=1.969)
Beobachtungszeitraum in Tagen post partum	0-3	0-3	0-3
Anzahl Tiere mit mindestens einer Diagnose (LIR)	104 (14%)	257 (21%)	361 (18%)

Tabelle 22: Ergebnisse der Modulanalyse zur Nachgeburtsverhaltung in Betrieb 1

<b>Betrieb 1: Nachgeburtsverhaltung</b>			
Laktationsnummer	1	>1	>0
Beobachtungszeitraum (Anzahl Tiere mit mindestens einer Diagnose)	0-3 (n=13)	0-3 (n=70)	0-3 (n=83)
Milchertrag	+303	-1.126	-907
Milcherlös €	+109	-406	-326
ZKZ-Einfluss € (Tage ZKZ)	-11 (+4)	-11 (+9)	-8 (+7)
Ergebnis nach ZKZ	98	-416	-334
Spermakosten € (Spermaportionen)	-4 (+0,2)	-3 (+0,2)	-2 (+0,2)
Ergebnis nach Sperma	94	-420	-337
BE € (Abgangsrate %)	+129 (-11)	-135 (+9)	-144 (+11)
Ergebnis nach BE-Kosten	222	-554	-482
Haltungskosten	-140	+106	+115
Ergebnis gesamt	82	-448	-366

Tabelle 23: Ergebnisse der Modulanalyse zur Nachgeburtsverhaltung in Betrieb 2

<b>Betrieb 2: Nachgeburtsverhaltung</b>			
Laktationsnummer	1	>1	>0
Beobachtungszeitraum (Anzahl Tiere mit mindestens einer Diagnose)	0-3 (n=104)	0-3 (n=257)	0-3 (n=361)
Milchertrag	-676	-295	-217
Milcherlös €	-243	-107	-78
ZKZ-Einfluss € (Tage ZKZ)	-6 (+9)	-14 (+15)	-14 (+15)
Ergebnis nach ZKZ	-249	-121	-92
Spermakosten € (Spermaportionen)	-7 (+0,4)	-2 (+0,1)	-5 (+0,3)
Ergebnis nach Sperma	-255	-122	-96
BE € (Abgangsrate %)	-69 (+5)	+1 (0)	-25 (+2)
Ergebnis nach BE-Kosten	-325	-121	-121
Haltungskosten	+122	-5	+35
Ergebnis gesamt	-203	-124	-87

#### 4.2.5 Quotient aus Milchfett- und Milchproteingehalt

Hier wurde im Modul das Auswahlkriterium *MLP - Stoffwechsel* verwendet. Es handelt sich dabei nicht um eine Diagnose, sondern um eine Auswahl von Tieren anhand des Quotienten aus Milchfett- und Milchproteingehalt (engl. fat-to-protein ratio, FPR). Wie in Abschnitt 4.1.4 beschrieben, ist das Unterscheidungskriterium eine  $FPR > 1,5$  bei mindestens einer MLP in den ersten 100 Laktationstagen. Die FPR wird zum Screening bzgl. ketotischem Status herangezogen. Ob bei Überschreiten des Grenzwertes bereits eine (gegebenenfalls subklinische) Ketose vorliegt, ist letztlich eine Frage der Definition. Weitere Erläuterungen hierzu finden sich in Abschnitt 2.3.5.

##### Anteil an Kalbungen gesamt:

Im vorliegenden Fall handelt es sich nicht um eine Laktationsinzidenzrate, da das Modul, wie oben ausgeführt, grundsätzlich nur die FPR in den ersten 100 Tagen post partum berücksichtigt. Stattdessen wird angegeben, welcher Anteil von Tieren, bezogen auf die Gesamtzahl der Kalbungen, das oben genannte FPR-Kriterium erfüllt. Die Werte liegen in Betrieb 1 durchweg niedriger als in Betrieb 2.

##### Milchleistung:

Tendenziell assoziiert mit **geringerer Milchleistung**. Ausnahme: Erstlaktierende in Betrieb 1.

##### Fruchtbarkeit:

- a) Tendenziell assoziiert mit **längerer ZKZ**. Ausnahme: abermals Erstlaktierende in Betrieb 1.
- b) Bei Mehrfachlaktierenden assoziiert mit mehr Spermaportionen. Bei Erstlaktierenden Gegenteil (Betrieb 1) bzw. keine Assoziation (Betrieb 2).

##### Abgänge:

Tendenziell assoziiert mit **höherer Abgangsrate**. Ausnahme: abermals Erstlaktierende in Betrieb 1.

Tabelle 24: Deskriptive Statistik zur FPR > 1,5 in Betrieb 1

<b>Betrieb 1: FPR &gt; 1,5</b>			
Laktationsnummer (Kalbungen gesamt)	1 (n=304)	>1 (n=455)	>0 (n=759)
Beobachtungszeitraum in Tagen post partum	100d	100d	100d
Anzahl Tiere mit FPR > 1,5 bei mindestens einer MLP (Anteil an Kalbungen gesamt)	60 (20%)	152 (33%)	212 (28%)

Tabelle 25: Deskriptive Statistik zur FPR > 1,5 in Betrieb 2

<b>Betrieb 2: FPR &gt; 1,5</b>			
Laktationsnummer (Kalbungen gesamt)	1 (n=730)	>1 (n=1.239)	>0 (n=1.969)
Beobachtungszeitraum in Tagen post partum	100d	100d	100d
Anzahl Tiere mit FPR > 1,5 bei mindestens einer MLP (Anteil an Kalbungen gesamt)	178 (24%)	635 (51%)	813 (41%)

Tabelle 26: Ergebnisse der Modulanalyse zur FPR > 1,5 in Betrieb 1

<b>Betrieb 1: FPR &gt; 1,5</b>			
Laktationsnummer	1	>1	>0
Beobachtungszeitraum (Anzahl Tiere mit FPR > 1,5 bei mindestens einer MLP)	100d (n=60)	100d (n=152)	100d (n=212)
Milchertrag	+181	-749	-472
Milcherlös €	+64	-270	-170
ZKZ-Einfluss € (Tage ZKZ)	+10 (-5)	-9 (+9)	-2 (+3)
Ergebnis nach ZKZ	75	-280	-172
Spermakosten € (Spermaportionen)	+2 (-0,1)	-4 (+0,2)	-1 (+0,1)
Ergebnis nach Sperma	77	-283	-173
BE € (Abgangsrate %)	+20 (-3)	-156 (+14)	-131 (+12)
Ergebnis nach BE-Kosten	97	-439	-305
Haltungskosten	-20	+185	+147
Ergebnis gesamt	77	-255	-157

Tabelle 27: Ergebnisse der Modulanalyse zur FPR > 1,5 in Betrieb 2

<b>Betrieb 2: FPR &gt; 1,5</b>			
Laktationsnummer	1	>1	>0
Beobachtungszeitraum (Anzahl Tiere mit FPR > 1,5 bei mindestens einer MLP)	100d (n=178)	100d (n=635)	100d (n=813)
Milchertrag	-1.050	-528	-147
Milcherlös €	-378	-190	-53
ZKZ-Einfluss € (Tage ZKZ)	-3 (+8)	0 (+8)	-2 (+10)
Ergebnis nach ZKZ	-381	-190	-55
Spermakosten € (Spermaportionen)	+2 (0)	-3 (+0,1)	-1 (+0,1)
Ergebnis nach Sperma	-379	-193	-57
BE € (Abgangsrate %)	-87 (+8)	-88 (+8)	-95 (+9)
Ergebnis nach BE-Kosten	-466	-281	-151
Haltungskosten	+163	+120	+125
Ergebnis gesamt	-303	-161	-25

## 5 Diskussion

### 5.1 Diskussion des Moduls

In Abschnitt 4.1 wurden bereits einige Probleme der derzeitigen Programmierung des Moduls beschrieben. Im Folgenden werden einige dieser Aspekte erneut aufgegriffen und näher erörtert. Darüber hinaus werden weitere grundlegende konzeptionelle Eigenschaften des Moduls einer kritischen Untersuchung unterzogen und, wo angebracht, Vorschläge zur Weiterentwicklung des Moduls unterbreitet.

#### 5.1.1 Bildung der Vergleichsgruppen

Zur exakten Darstellung der Auswirkungen einer Erkrankung auf die verschiedenen Leistungsparameter eines Tieres wäre es notwendig, Tiere miteinander zu vergleichen, welche sich hinsichtlich des Vorliegens dieser Erkrankung unterscheiden und in allen anderen für die Ausprägung der Leistungsparameter relevanten Merkmalen identisch sind (methodischer Optimalfall). Andererseits weisen Autoren darauf hin, dass eine zu große Komplexität in ökonomischen Modellen bzw. Entscheidungsinstrumenten die Nutzerfreundlichkeit beeinträchtigen und damit der Durchsetzung in der Landwirtschaft entgegenstehen kann (Cabrera, 2012; Groenendaal et al., 2004). Eine Abwägung zwischen methodischem Anspruch einerseits und Praktikabilitätsüberlegungen andererseits ist daher bei der Entwicklung eines ökonomischen Entscheidungsinstruments wie dem Modul *Entgangener Ertrag* angezeigt. Vor diesem Hintergrund sollen im Folgenden einige Aspekte der Bildung der Vergleichsgruppen innerhalb des Moduls erörtert werden.

Man betrachte zunächst nur den Aspekt der Diagnose. Wie in Abschnitt 4.1 erläutert, werden zur Berechnung des *Entgangenen Ertrages* nicht etwa die Leistungen von Tieren verglichen, welche sich nur hinsichtlich einer einzigen Diagnose unterscheiden. Vielmehr kann ein Tier der Gruppe „mit Diagnosen“ neben der vom Nutzer zur Auswertung gewählten Diagnose auch andere Diagnosen aufweisen. Die Vergleichsgruppe besteht ihrerseits aus Tieren, für die genau eine, nämlich die vom Nutzer gewählte, Diagnose nicht gestellt wurde. Auch diese Gruppe kann damit andere als die zur Auswertung gewählte Diagnose aufweisen. Der vom Modul berechnete *Entgangene Ertrag* ist u.a. deshalb nicht notwendigerweise auf die ausgewählte Erkrankung zurückzuführen. Vielmehr können in beiden Gruppen andere Erkrankungen aufgetreten sein, die die Leistungen beeinflussen und damit die Aussage über den Einfluss der gewählten Erkrankung verzerren.

Ein naheliegender Verbesserungsansatz besteht darin, Tiere auszuwählen, welche neben der auszuwertenden keine weiteren Diagnosen aufweisen und diese mit Tieren ohne jegliche Diagnose zu vergleichen. Dies könnte die Darstellung der Auswirkungen der gewählten Diagnose auf die Leistungsparameter dem oben skizzierten methodischen Optimalfall deutlich

näher bringen. Den genannten Ansatz wählen z.B. Rajala-Schultz et al. (1999a) im Rahmen ihrer Untersuchung der Auswirkung klinischer Mastitiden auf die Milchleistung. Die genannten Autoren verfügen über einen Gesamtdatensatz von 39.727 Kühen. Für alle Tiere liegen Leistungsdaten über eine vollständige Laktation vor. Nach Auswahl derjenigen Tiere, welche entweder keine Diagnose oder ausschließlich die Diagnose Klinische Mastitis aufweisen, verbleibt noch ein Datensatz von 24.274 Kühen. Diese Daten werden zur Analyse der Auswirkung von Mastitiden herangezogen. Mit Blick auf das Modul *Entgangener Ertrag* ergibt sich jedoch eine entscheidende Schwierigkeit: Man betrachte erneut die in Abschnitt 4.2 analysierten Betriebe 1 und 2. Für den dort genannten zweijährigen Auswertungszeitraum (01.07.2013 bis 30.06.2015) gingen 759 (Betrieb 1) bzw. 1.969 (Betrieb 2) Kalbungen in die Auswertung ein. Für einen Beobachtungszeitraum von 305 Tagen post partum und bei Betrachtung aller Laktationsnummern findet sich weder in Betrieb 1 noch in Betrieb 2 auch nur ein einziges Tier ohne Diagnose (im Modul dargestellt als Tiere mit der Diagnose „keine Diagnose“). Die Implementierung des oben genannten Verbesserungsansatzes im Rahmen des Moduls würde im Falle der beiden Betriebe damit bereits an fehlenden Vergleichstieren scheitern. Neben der vergleichsweise geringen Größe der Datensätze der Betriebe 1 und 2 könnte grundsätzlich auch ein enges Gesundheitsmonitoring der Tiere mit einer entsprechend hohen Anzahl an gestellten Diagnosen hierfür verantwortlich sein. Geht man davon aus, dass das Modul *Entgangener Ertrag* typischerweise auf Datensätze von Betrieben einer zumindest ähnlichen Größenordnung und mit ähnlicher Untersuchungsfrequenz angewendet wird, so ist der genannte Lösungsansatz für das Modul nicht praktikabel.

Es ist grundsätzlich denkbar, dass eine erhöhte Zahl an Vergleichstieren dadurch zu erreichen ist, dass das Auswahlkriterium weniger streng gefasst wird. Statt der Suche nach Tieren ohne *jegliche* Diagnose könnte eine Definition der Vergleichsgruppe gewählt werden, welche bestimmte Diagnosen ausschließt, andere jedoch zulässt. Ein analoges Vorgehen wäre dann für die Tiere mit der zur Auswertung stehenden Diagnose notwendig. Prinzipiell ist nicht auszuschließen, dass der skizzierte Ansatz die Konzeption des Moduls dem oben beschriebenen methodischen Optimalfall näher bringt. Hierbei ist jedoch grundsätzlich Vorsicht geboten, da die Gefahr von Auswahlfehlern (engl. Selection Bias) sehr groß ist und aufgrund der Komplexität der Fragestellung nur schwer einzuschätzen ist. Es ist gut möglich, dass der genannte Ansatz zu eher größeren Verzerrungen führt als die derzeitige Darstellung.

Ein anderer Ansatz, um den Einfluss anderer als der zur Auswertung gewählten Erkrankung auf die Leistungsparameter zu berücksichtigen, besteht in der Aufnahme der Erkrankungen in multivariate Regressionsmodelle. Diese Herangehensweise wählen bspw. Chapinal et al. (2012) bei ihrer Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der Konzentration bestimmter Serum-Metabolite und Milch- sowie Reproduktionsleistung oder Relun et al. (2013) bei ihrer

Studie zur Assoziation zwischen Dermatitis Digitalis und der Milchleistung. Es ist offenkundig, dass sich dieser Ansatz grundlegend von der Konzeption des Moduls *Entgangener Ertrag* unterscheidet und mit wesentlich größerer methodischer Komplexität verbunden ist.

Neben dem Aspekt der Diagnose findet sich in der einschlägigen Literatur eine ganze Reihe weiterer Merkmale, die bei der Untersuchung der Auswirkung einer Erkrankung auf Leistungsparameter Berücksichtigung finden. Dazu gehören bspw. die Laktationsnummer, nicht näher bestimmbare Herdeneinflüsse, die vorangehende Milchleistung des Einzeltieres, das Alter des kalbenden Tieres, die Jahreszeit der Kalbung, das Vorliegen von Zwillingsgeburten, Dystokie oder die Rasse (Chapinal et al., 2012; Dubuc et al., 2011; Duffield et al., 2009; Amory et al., 2008; Rajala und Gröhn, 1998).

Die Laktationsnummer wird im Modul *Entgangener Ertrag* – zumindest grob – berücksichtigt, indem getrennt nach Erstlaktierenden und höheren Laktationsnummern analysiert wird (siehe Abschnitt 4.1).

Nicht näher bestimmbare Herdeneinflüsse sind dann ein Problem, wenn Daten mehrerer Herden in eine Studie einfließen. Eine Lösung besteht z.B. in der Betrachtung der Abweichung der Produktionsparameter vom jeweiligen Herdendurchschnitt (Dohoo und Martin, 1984a). Gesetzt den Fall, das Modul wird auf die Daten einer einzelnen Herde angewendet, ist dieser Aspekt nicht von Bedeutung.

Die vorangehende Milchleistung des Einzeltieres ist ein Beispiel dafür, wie die *potentielle* Milchleistung des Tieres modelliert wird (Rajala und Gröhn, 1998; Barkema et al., 1994; Kennedy und Stott, 1993; Rowlands und Lucey, 1986). Die Kenntnis der potentiellen Milchleistung ist entscheidend, um die Auswirkungen einer Erkrankung auf die Milchleistung zu quantifizieren – nämlich durch Vergleich der potentiellen Milchleistung eines Tieres mit seiner tatsächlich realisierten Milchleistung bei Vorliegen der Erkrankung (*ceteris paribus*) (Fourichon et al., 1999). Genau hier liegt eine entscheidende Einschränkung des Moduls *Entgangener Ertrag* in seiner aktuellen Form. Dort wird nur die tatsächlich realisierte Milchleistung der Tiere dargestellt. Diese lässt sich für die Tiergruppen mit/ohne Diagnose gegenüberstellen. Ein Vergleich mit der potentiellen Milchleistung ist hingegen nicht möglich.

Man betrachte hierzu beispielhaft die in Abschnitt 4.2.1 dargelegten Auswertungsergebnisse für die Diagnose Sohlengeschwür (SG). Diese Diagnose ist zu großen Teilen mit einer **höheren Milchleistung** assoziiert. Eine mögliche Deutung dieses positiven Zusammenhangs zwischen SG und Milchleistung wäre, dass ein SG die Milchleistung des betroffenen Tieres erhöht. Diese Interpretation scheint jedoch aus physiologischer Sicht fragwürdig. Eine andere Deutung besteht darin, dass Tiere mit hoher potentieller Milchleistung anfälliger für Sohlengeschwüre sind. Bei Vergleich der durchschnittlichen Einsatzleistung (Leistung bei der

ersten MLP post partum) aller Tiere (Gruppe *Gesamt*) mit/ohne Diagnose Sohlengeschwür mittels der Intensivanalyse fällt in der Tat auf, dass diese bei betroffenen Tieren in der Regel höher ist. Dies gilt mit bemerkenswerter Regelmäßigkeit sowohl für Betrieb 1 als auch Betrieb 2 und zwar sowohl für Erstlaktierende als auch höhere Laktationsnummern und weitgehend unabhängig vom gewählten Beobachtungszeitraum (3 verschiedene Laktationsdrittel und 305d). In beiden Betrieben finden sich die einzigen Ausnahmen von dieser Regel bei Wahl des ersten Laktationsdrittels als Beobachtungszeitraum. Es kann mit einiger Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass die höheren Einsatzleistungen Ausdruck einer höheren *potentiellen* Leistung sind, welche zu einer höheren Inzidenz von Sohlengeschwüren führt. Die Diagnose Sohlengeschwür dient damit gewissermaßen als Selektionskriterium für potentiell besonders hochleistende Tiere.

Diese Interpretation steht im Einklang mit der aktuellen Literatur: Huxley (2013) hält in seinem Review-Artikel fest, dass mittlerweile starke Evidenz besteht, wonach Lahmheit im Allgemeinen eine Erkrankung der hohen Milchproduktion ist, hochleistende Tiere also mit höherer Wahrscheinlichkeit lahm werden. Amory et al. (2008) berichten, dass im Rahmen ihrer Studie Tiere mit SG vor der Diagnose eine höhere Milchleistung aufwiesen. Die selbe Tendenz beobachten Green et al. (2014) für den Krankheitskomplex SG/White Line Disease. Eine Hypothese bzgl. der Pathogenese ist, dass eine besonders starke Lipomobilisation bei hochleistenden Tieren auch die Dicke des fettreichen Sohlenkissens in besonders hohem Maße reduziert, wodurch die schockabsorbierende Wirkung besonders stark in Mitleidenschaft gezogen wird (siehe Abschnitt 2.3.1).

Folgt man der bisherigen Argumentation, so hätte z.B. ein Tier A mit einer potentiellen 305d-Leistung von 12.000 kg ein erhöhtes Erkrankungsrisiko gegenüber einem Tier B mit einer potentiellen 305d-Leistung von nur 9.000 kg. Man nehme an, Tier A bliebe aufgrund eines SG unter seinem Potential und realisierte eine tatsächliche Leistung von nur 11.000 kg, während Tier B gesund bleibt und sein Potential von 9.000 kg ausschöpft. Bei alleiniger Betrachtung der *tatsächlichen* Milchleistung – wie im Modul *Entgangener Ertrag* – ist die Erkrankung assoziiert mit einer Milchmehrleistung von 2.000 kg. Der tatsächliche Milchleistungsverlust von 1.000 kg im Sinne einer negativen Abweichung vom Potential aufgrund der Erkrankung ist hieraus nicht ableitbar (vgl. sinngemäß z.B. Huxley, 2013).

Tabelle 28: Zahlenbeispiel zur Darstellung der Höhe der Milchleistung

<b>Tier A:</b> Potential 12.000 kg/305d → hohe Prädisposition für SG	Tatsächliche Leistung wegen SG nur 11.000 kg	Darstellung im Modul: Tier mit SG gibt 2.000 kg mehr.	Nicht erkennbar: SG sorgt für Milchleistungsverlust von 1.000 kg bei Tier A.
<b>Tier B:</b> Potential 9.000 kg/305d	Tatsächliche Leistung = Potential: 9.000 kg		

Ziel des Moduls *Entgangener Ertrag* ist es, den Landwirt und andere beteiligte Personen bei der „Schätzung des Einflusses von Erkrankungen und Abgängen auf die Wirtschaftlichkeit des Betriebes“ zu unterstützen (dsp-Agrosoft GmbH, 2018). Hierunter fällt auch der Einfluss einer Erkrankung auf die Milchleistung. Wie dargelegt, ist dieser jedoch unter den beschriebenen Bedingungen aus der derzeitigen Darstellung des Moduls nicht erkenntlich. Ein möglicher Ansatz zur Verbesserung ist die Einteilung der betrachteten Tiere in Milchleistungsgruppen auf der Grundlage ihrer *potentiellen* Leistung. Dann könnten Tiere mit/ohne Diagnose innerhalb derselben Leistungsgruppe gegenübergestellt werden. Je größer die Anzahl der Leistungsgruppen, desto besser aus methodischer Sicht. Als Hinweis auf die potentielle Leistung eines Tieres könnte, wie weiter oben bereits erwähnt, seine Leistung in vorangegangenen Laktationen herangezogen werden (Rajala und Gröhn, 1998; Barkema et al., 1994; Kennedy und Stott, 1993; Rowlands und Lucey, 1986). Eine andere Möglichkeit wäre die Extrapolation aus der Einsatzleistung oder aus der Laktationskurve bis zum Auftreten der Erkrankung (Coulon et al., 1996). Dieser Ansatz könnte sich insbesondere für Erstlaktierende als gangbar erweisen, für die naturgemäß keine Daten zu vorangehenden Laktationen vorliegen. Aus naheliegenden Gründen ist diese Herangehensweise jedoch ungeeignet bei der Analyse von Krankheitsfällen, die bereits früh post partum bzw. peripartal auftreten. Viele Studien zur Auswirkung von Erkrankungen auf die Milchleistung verzichteten denn auch vollständig auf die Berücksichtigung von Erstlaktierenden, aufgrund fehlender Daten zu vorangegangenen Laktationsleistungen (vgl. Literaturüberblick bei Fourichon et al., 1999, Table 3).

Der Vergleich von Tieren mit/ohne Diagnose innerhalb derselben Milchleistungsgruppe könnte noch einen weiteren Vorteil haben. In ihrer derzeitigen Form ist nämlich auch die Darstellung des Zusammenhangs zwischen einer Erkrankung und den anderen Leistungsparametern vermutlich nicht zufriedenstellend. Man betrachte hierzu abermals das Beispiel des SG. In beiden Betrieben ist diese Diagnose größtenteils assoziiert mit einer deutlich **geringeren Abgangsrate**. Es ist schwer vorzustellen, dass dies eine direkte Folge der Erkrankung ist. Viel wahrscheinlicher ist, dass es sich hierbei um einen protektiven Effekt der hohen Milchleistung handelt, der Landwirt also geneigt ist, diese Tiere eher im Bestand zu belassen (Barkema et al., 1994; Dohoo und Martin, 1984b). Auch die niedrigeren Abgangsraten der Tiere mit SG sind damit mit einiger Wahrscheinlichkeit Folge der indirekten Selektion von hochleistenden Tieren über die Diagnose SG und keine direkte Folge der Erkrankung.

In beiden Betrieben ist außerdem die Diagnose SG zu einem großen Teil assoziiert mit einer **geringeren Reproduktionsleistung** – insbesondere in Form einer verlängerten Zwischenkalbezeit. Bei Betrachtung der Spermaportionen ist der Zusammenhang weniger deutlich. Bereits an dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die Betrachtung des

Zusammenhangs zwischen Erkrankung und Reproduktionsleistung aller Wahrscheinlichkeit nach in erster Linie für Beobachtungszeiträume sinnvoll ist, welche früh in der Laktation liegen und damit vor allem Erkrankungen berücksichtigen, welche vor Beginn der Trächtigkeit auftreten. Außerdem sind die in Abschnitt 4.2 dargestellten Werte zur Anzahl der verwendeten Spermaportionen vorsichtig zu interpretieren. Näheres zu beiden genannten Aspekten findet sich weiter unten in Abschnitt 5.1.5. Mit Blick auf die geringere Reproduktionsleistung wäre es denkbar, dass es sich zumindest zum Teil um einen mehr oder weniger direkten Effekt der Erkrankung handelt (Barkema et al., 1994). Andererseits ist nicht ausgeschlossen, dass die hohe Milchleistung per se mit einer geringen Reproduktionsleistung assoziiert ist. Ob ein solcher Zusammenhang besteht, wird in der Literatur kontrovers diskutiert (Rearte et al., 2018; Bello et al., 2012; LeBlanc, 2010). Gegebenenfalls könnte auch hier der Vergleich von Tieren mit/ohne Diagnose innerhalb derselben Milchleistungsgruppe die Darstellung verbessern.

Wichtig ist, dass die beschriebenen Probleme in der Darstellung des Moduls keinesfalls nur für die Erkrankung Sohlengeschwür bestehen. Wie oben bereits ausgeführt, gibt es z.B. starke Evidenz, wonach hochleistende Tiere eine Prädisposition für Lahmheiten im Allgemeinen aufweisen (Huxley, 2013). Ein Blick in die Auswertungsergebnisse zur Dermatitis Digitalis in Abschnitt 4.2.2 zeigt denn auch ähnliche Tendenzen wie die für das Sohlengeschwür beschriebenen. Insbesondere hinsichtlich der Milchleistung und der Abgangsraten sind die beschriebenen Muster hier sogar noch eindeutiger. Noch allgemeiner gilt die obige Argumentation für alle Erkrankungen, deren Inzidenz mit der Höhe der potentiellen Milchleistung zusammenhängt (Fourichon et al., 1999). Rajala-Schultz et al. (1999a) und Wilson et al. (2004) weisen bspw. auch für den Fall von Mastitiden darauf hin, dass für eine Darstellung der Auswirkung auf die Milchleistung die *potentielle* Leistung zu berücksichtigen ist, da ansonsten eine Unterschätzung des Ausmaßes der negativen Auswirkungen der Erkrankung zu erwarten ist.

Mit Blick auf den beobachteten allgemein großen Beitrag der Milchleistung zum berechneten *Entgangenen Ertrag* und die wahrscheinlich zumindest teilweise zusätzliche Verzerrung hinsichtlich anderer Leistungsparameter stellt die Verbesserung der Darstellung der Auswirkung von Erkrankungen auf die Milchleistung eine Priorität bei der Weiterentwicklung des Moduls dar. Inwieweit andere der eingangs genannten Merkmale (Jahreszeit der Kalbung, Rasse u.a.) überdies bei der Bildung der Vergleichsgruppen heranzuziehen sind, ist zu prüfen.

### **5.1.2 Abgänge und Bestandsergänzungskosten**

In Abschnitt 4.1 wurde bereits erläutert, wie es zu einer systematischen Überrepräsentation abgegangener Tiere bei der Berechnung des *Entgangenen Ertrages* kommen kann. Der Grund liegt darin, dass es dem Nutzer bei derzeitiger Programmierung möglich ist, einen

dahingehend nicht ausreichend weit in der Vergangenheit liegenden Auswertungszeitraum zu wählen. Auch eine mögliche Lösung des Problems wurde dort bereits skizziert.

Es wurde ebenfalls beschrieben, dass andererseits sowohl die Abgänge als auch die sich daraus ergebenden Bestandsergänzungskosten systematisch unterschätzt werden können, nämlich durch Nichtberücksichtigung für den Fall, dass ein Tier > 305d post partum abgeht. Möchte man dies ändern, ergeben sich zwei neue Probleme. Zum einen ist zu definieren, wie weit über die 305 Tage hinaus Abgänge berücksichtigt werden sollen. Eine objektive sachbezogene Antwort auf diese Frage ist nicht ersichtlich. Zum anderen müsste der Puffer zwischen dem Zeitpunkt der Berechnung des *Entgangenen Ertrages* und dem Ende des Auswertungszeitraums entsprechend verlängert werden, damit Daten über spätere Abgänge vorliegen (siehe Abschnitt 4.1). Eine näherungsweise Lösung beider Probleme wäre die Einführung einer dritten Abgangsart. Hierunter könnten alle Tiere fallen, die am Ende des Beobachtungszeitraums von 305 Tagen nicht tragend sind. Zumindest für den Fall eines gut geführten und gewinnorientierten Betriebes kann mit einiger Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass diese Tiere nach Beenden der Laktation abgehen.

Die beschriebene Änderung des Moduls kann die Berechnung der Anzahl der Abgänge verbessern. Ein weiterer Aspekt von Interesse ist die Höhe der Kosten des einzelnen Abgangs. In seiner derzeitigen Form berücksichtigt das Modul bei der Berechnung der Bestandsergänzungskosten ausschließlich die sich unmittelbar ergebenden Zahlungsströme (Kaufpreis einer neuen Färse sowie gegebenenfalls Schlachterlös oder Tötungskosten des abgehenden Tieres). Tatsächlich stellen sich die ökonomischen Auswirkungen des **Ersetzens** eines Tieres durch ein neues jedoch wesentlich komplexer dar (Bewley et al., 2010). Neben den sich in der Gegenwart unmittelbar ergebenden Zahlungsströmen sind die folgenden ökonomischen Auswirkungen zu berücksichtigen: Der Landwirt verliert sämtliche Einnahmen, die sich bei Verbleib des abgehenden Tieres in der Herde ergeben hätten. Er gewinnt gleichzeitig die Einnahmen, die sich aus der Anschaffung des neuen Tieres in Zukunft ergeben werden. Dies gilt analog für die sich aus den Tieren in Zukunft ergebenden Ausgaben. Das dargestellte Kalkül ist nichts anderes als der Kapitalwert (siehe Abschnitt 2.1.2) der Entscheidung zum Ersetzen des Tieres. Für das Alternativszenario des **Behaltens** des Tieres lässt sich ebenfalls ein Kapitalwert berechnen. Durch Vergleich der Kapitalwerte beider Szenarien lässt sich bestimmen, welches der beiden ökonomisch vorteilhaft ist – nämlich dasjenige mit dem höheren Kapitalwert (siehe abermals Abschnitt 2.1.2). Das beschriebene Kalkül liegt dem in Abschnitt 2.1 beschriebenen „Kuhwert“ zugrunde: Dieser wird berechnet als Differenz der Kapitalwerte der Szenarien Behalten und Ersetzen. Statt des in Abschnitt 2.1 eingeführten deutschen Begriffes „Kuhwert“ wird im Folgenden, analog zur beschriebenen Literatur, der ursprüngliche Begriff „retention pay-off“ (RPO) verwendet. Wie in Abschnitt 2.1

erläutert, sollte ein Tier aus ökonomischer Sicht bei Erreichen eines negativen RPO ersetzt werden. Der Ersatz eines Tieres mit positivem RPO ist hingegen ökonomisch unvorteilhaft. Der RPO nimmt im Laufe des Lebens des Bestandtieres unweigerlich ab und erreicht schließlich einen negativen Wert. Wann dieser Zeitpunkt in einer Herde durchschnittlich erreicht wird, hängt von einer Vielzahl herdenspezifischer Größen ab (Bewley et al., 2010).

In Abschnitt 2.1 wurde erläutert, wie das Konzept des RPO als Entscheidungshilfe mit Blick auf das Remontierungsproblem herangezogen werden kann. Bewley et al. (2010) beschreiben, wie das Konzept noch auf einen anderen zentralen Bereich der Ökonomie der Milchviehhaltung anwendbar ist: die Berechnung der Höhe der Abgangskosten. Die Autoren veranschlagen Abgangskosten in Höhe des herdenspezifischen RPO, den ein mit dem abgehenden vergleichbares Tier in Abwesenheit des Grundes für den Abgang im Durchschnitt aufweist. Die Vergleichbarkeit bezieht sich hier auf für die Höhe des RPO relevante Größen wie Laktationsnummer, Trächtigkeitsstatus, Milchleistungsklasse etc. Ist der RPO positiv, so wird der Abgang als *verfrühter* Abgang („premature culling“, S. 109) betrachtet. Der Betrachtung des RPO eines vergleichbaren Tieres liegt das Ziel zugrunde, einzuschätzen, welchen RPO das abgehende Tier *gehabt hätte* – in Abwesenheit des für den Abgang verantwortlichen Grundes. Der Grund für den Abgang kann eine Erkrankung sein. Die Autoren berücksichtigen hier verschiedene Erkrankungen wie etwa Mastitis oder Nachgeburtsverhaltung. Zur Quantifizierung der Auswirkung einer Erkrankung auf die Abgangskosten veranschlagen die Autoren außerdem ein Grundrisiko („base risk“, ebenda) für einen verfrühten Abgang. Dieses ergibt sich als Folge von Reproduktionsproblemen, niedriger Milchleistung, des Körperbaus des Tieres sowie anderer als der ausgewerteten Erkrankung. Zur Berechnung der sich aus einer zu betrachtenden Erkrankung ergebenden Abgangskosten werden nur diejenigen Kosten berücksichtigt, welche sich aufgrund von Abgängen jenseits des Grundrisikos ergeben.

Für das Modul *Entgangener Ertrag* wäre es grundsätzlich denkbar, ebenfalls Abgangskosten nach oben dargelegter Maßgabe zu berücksichtigen. Kosten in Höhe des herdenspezifischen durchschnittlichen RPO könnten sowohl für abgehende Tiere mit Diagnose als auch ohne Diagnose veranschlagt werden.

Der hohe methodische Aufwand der Berechnung des RPO macht die Berechnung der Abgangskosten jedoch zu einer der am komplexesten zu berechnenden Kostenarten in der Milchviehhaltung (Bewley et al., 2010). Ein detailliertes Beispiel zur Berechnung eines RPO findet sich in Abschnitt 2.1. Unabhängig von der absoluten Höhe des RPO finden sich in der einschlägigen Literatur jedoch einige Tendenzen hinsichtlich des zeitlichen Verlaufs des RPO innerhalb der Laktation und über mehrere Laktationen hinweg. Diese sollen im Folgenden kurz

skizziert werden. Ziel ist es, einen ersten Denkanstoß zu geben, zur Differenzierung der durch das Modul zu berücksichtigenden Abgangskosten in Abhängigkeit von bestimmten Merkmalen des abgehenden Tieres.

An dieser Stelle sei noch auf folgenden Aspekt der Begrifflichkeiten hingewiesen: Bewley et al. (2010) bezeichnen die sich aus dem Abgang eines Tieres ergebenden Kosten als *Abgangskosten* („costs of culling“, S. 109). Im Modul *Entgangener Ertrag* wird hingegen der Begriff *Bestandsergänzungskosten* verwendet. In beiden Fällen wird jedoch davon ausgegangen, dass das abgehende Tier durch ein neues ersetzt und der Bestand damit gewissermaßen wieder „ergänzt“ wird.

Bei der folgenden Abbildung 7 handelt es sich um eine Modifikation einer Darstellung von Groenendaal et al. (2004) (Figure 2 auf S. 2153). Abbildung 7 erhebt keinen Anspruch auf Präzision. Vielmehr handelt es sich lediglich um eine grobe Skizze zur Darstellung der durch die Autoren beschriebenen und im Folgenden erläuterten allgemeinen Tendenzen. Ähnliche Darstellungen finden sich bei Liang et al. (2017), Bewley et al. (2010), und Kalantari et al. (2010).

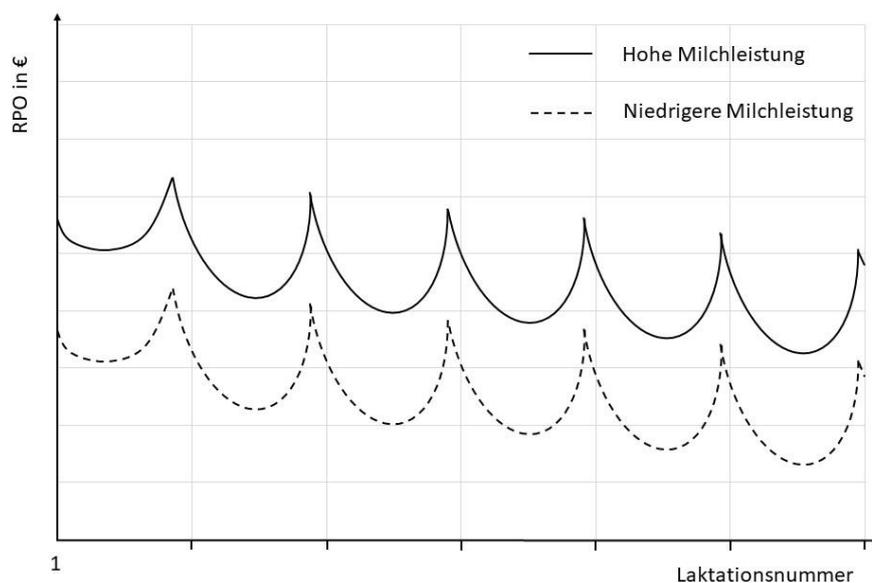


Abbildung 7: Zeitlicher Verlauf des RPO. Modifiziert nach Groenendaal et al. (2004): Figure 2 auf S. 2153.

Groenendaal et al. (2004) leiten aus ihren Untersuchungsergebnissen vier allgemeine Tendenzen des zeitlichen Verlaufs des RPO ab:

(1) Tiere mit höherer Milchproduktion haben – ceteris paribus – einen höheren RPO.

(2) Der RPO einer Kuh ist unmittelbar vor der Kalbung am höchsten. Kühe mit einer ZKZ von 15 Monaten zeigen den niedrigsten RPO gegen Monat sieben bis neun post partum, abhängig von der Höhe der Milchleistung.

(3) Der RPO sinkt stetig von Laktation zu Laktation. Eine kleine Ausnahme zeigen Tiere mit unterdurchschnittlicher Milchleistung (in obiger Graphik nicht dargestellt). Hier zeigt sich zunächst ein Anstieg von der ersten zur zweiten Laktation. Danach zeigt sich jedoch ebenfalls eine stetige Degression.

(4) Eine weitere Tendenz besteht hinsichtlich des Zeitpunktes, zu dem der RPO erstmals negativ und damit der Ersatz des Tieres ökonomisch sinnvoll wird. Hierfür ist jedoch eine Betrachtung absoluter Zahlenwerte notwendig.

Auch ohne den methodischen Aufwand der Berechnung eines betriebsspezifischen RPO zu betreiben, könnte es sich vor diesem Hintergrund lohnen, ganz allgemein über eine Differenzierung der durch das Modul *Entgangener Ertrag* veranschlagten Bestandsergänzungskosten nach Milchleistungsgruppe, Trächtigkeitsstatus, Abgangszeitpunkt innerhalb der Laktation sowie Laktationsnummer nachzudenken – also die oben skizzierten allgemeinen Tendenzen der Kosten zu berücksichtigen. Denkbar wäre grundsätzlich auch die Übernahme absoluter Werte für den RPO aus der Literatur (Liang et al., 2017; Bewley et al., 2010; Kalantari et al., 2010; Groenendaal et al., 2004).

### **5.1.3 Haltungskosten**

In seiner aktuellen Form veranschlagt das Modul für die Haltungskosten pro Tag stets denselben Betrag (bei Werkseinstellung € 7,20). Es ist jedoch zu erwarten, dass sich die täglichen Haltungskosten eines Tieres mit Verlauf der Laktation ändern. Der Verlauf hängt u.a. von der Anzahl der Fütterungsgruppen im Laktationsverlauf (Kalantari et al., 2016) sowie von anderen betriebsspezifischen Umständen ab. Aufgrund der Dynamik sowie der Betriebsspezifität ist zu überlegen, ob dem Nutzer die Möglichkeit zu einer – zumindest groben – Differenzierung der täglichen Haltungskosten nach Laktationsabschnitt zur Verfügung gestellt werden sollte.

### **5.1.4 Berücksichtigung zukünftiger Auswirkungen von Erkrankungen**

Die Betrachtung des Zusammenhangs zwischen Erkrankungen und Leistungsparametern erfolgt im Rahmen des Moduls stets retrospektiv und maximal über die auf die Erkrankung folgenden 305 Tage. Inwieweit diese Beschränkung des Zeithorizonts die Aussagekraft des berechneten *Entgangenen Ertrages* einschränkt, hängt u.a. von der typischen Dauer und Wiederholungsrate einer Erkrankung ab. So macht es hinsichtlich des zu betrachtenden Zeithorizonts einen Unterschied, ob z.B. eine akute klinische Erkrankung durch frühzeitige

Behandlung schnell vollständig geheilt wird und keine erhöhte zukünftige Prädisposition zu erwarten ist, oder ob es sich bspw. um ein komplizierteres Fundamentproblem handelt, welches erst im Verlaufe der folgenden Laktation geheilt wird und für das darüber hinaus nach erstmaligem Auftreten zukünftig eine erhöhte Prädisposition zu erwarten ist. Oikonomou et al. (2013) stellen etwa sowohl für das Sohlengeschwür als auch für die Dermatitis Digitalis eine hohe Wiederholungsrate über die Laktationen fest.

Die Berücksichtigung der Auswirkungen eines Krankheitsfalls auch auf die Ausprägung der Leistungsparameter in der ferneren Zukunft stellt eine ähnliche methodische Herausforderung dar wie die in Abschnitt 5.1.2 beschriebene Berechnung der Bestandsergänzungskosten. Eventuell lohnt es sich jedoch, darüber nachzudenken, ob schon methodisch einfachere Ansätze, wie etwa die Verwendung von Literaturangaben oder betriebsspezifische Durchschnittswerte zur Wiederholungsrate einer gegebenen Erkrankung, die Berechnung des *Entgangenen Ertrages* verbessern könnten.

### **5.1.5 Erkrankung und Reproduktionsparameter**

Hat eine Erkrankung Auswirkungen auf die Zwischenkalbezeit und die Anzahl der verwendeten Spermaportionen, wenn sie erst nach Beginn der Trächtigkeit auftritt? In den Fällen, in denen die Antwort auf diese Frage „Nein“ lautet, sollten entsprechende Krankheitsfälle nicht in die Darstellung des Zusammenhangs mit den beiden Reproduktionsparametern einfließen. Bei aktueller Programmierung des Moduls ist dies jedoch grundsätzlich der Fall – unabhängig vom gewählten Beobachtungszeitraum. Wie in Abschnitt 4.2 dargestellt, wird z.B. auch bei Wahl des letzten Laktationsdrittels als Beobachtungszeitraum grundsätzlich die entsprechende Assoziation mit den beiden genannten Reproduktionsparametern dargestellt. Dies ist zu überdenken.

Ein weiterer kritischer Aspekt der Berechnung der Spermakosten wurde in Abschnitt 4.1.1 erläutert. Dort wird beschrieben, wie anfallende Spermakosten durch das Modul in seiner derzeitigen Form systematisch übertrieben werden. Der Grund liegt in der Veranschlagung entsprechender Kosten auch für solche Tiere, welche de facto gar nicht besamt wurden. Das dort beschriebene Problem lässt sich leicht durch eine entsprechende Änderung der Programmierung beheben.

Bei der Interpretation der in Abschnitt 4.2 dargestellten Werte für die Anzahl verwendeter Spermaportionen ist zu bedenken, dass es sich um Durchschnittswerte handelt, welche sich aus den Daten aller besamten Tiere ergeben – unabhängig davon, ob ein Tier letztendlich tragend wurde. Damit werden z.B. auch früh abgehende Tiere berücksichtigt, welche allein aufgrund des frühen Abgangs gar nicht oder nur selten besamt wurden. Die Höhe der

Durchschnittswerte wird damit nicht nur durch die Fähigkeit zur Reproduktion im biologischen Sinne, sondern z.B. auch durch die Abgangsraten bestimmt.

### **5.1.6 Definition der Milchmenge**

In seiner derzeitigen Form berücksichtigt das Modul die vom Tier produzierte Milchmenge, unabhängig davon, ob diese tatsächlich vermarktbar ist. So geht auch Hemmstoffmilch in die Berechnung der Milchmenge mit ein. Für eine möglichst realistische Darstellung des Zusammenhangs zwischen Diagnosen und der Ökonomie des Betriebes wäre es hingegen vorzuziehen, nur vermarktbare Milch zu berücksichtigen. Die Auswirkung einer antibiotisch behandelten Erkrankung wäre hierdurch präziser dargestellt. In Fällen, in denen aus der Melktechnik des Betriebes Informationen zur Anzahl der Tage der Milchsperrung vorliegen, könnten diese Daten für eine verbesserte Darstellung herangezogen werden.

### **5.1.7 Berücksichtigung weiterer Kostenarten**

Die durch das Modul in seiner derzeitigen Form veranschlagten Kostenarten wurden in Abschnitt 4.1 ausführlich erläutert. Es ist augenscheinlich, dass viele Kosten hierbei bisher unberücksichtigt bleiben. Hierzu zählen etwa Kosten, die durch einen erhöhten Arbeitsaufwand für den Landwirt selbst sowie für das Betriebspersonal aufgrund von Erkrankungen entstehen. Viele tatsächlich entstehende Kosten sind auch hier nur unter erheblichem methodischem Aufwand zu ermitteln. Liang et al. (2017) kommen in ihrer aktuellen Modellsimulation zu den ökonomischen Auswirkungen von sieben häufigen klinischen Erkrankungen zu dem Schluss, dass Behandlungskosten neben der Milchminderleistung die größte Kostenkategorie darstellen. Gleichzeitig lassen sich Behandlungskosten vergleichsweise leicht beziffern und einer bestimmten Diagnose zuordnen. Es wäre zu prüfen, ob die Aufnahme z.B. dieser Kosten in das Kalkül des Moduls die Darstellung bei vertretbarem methodischem Aufwand verbessern könnte.

### **5.1.8 Ausgabe eines *Entgangenen Ertrages* bei fehlenden Krankheitsfällen**

Wählt der Nutzer eine Kombination aus Auswertungszeitraum, Beobachtungszeitraum und Diagnose, für die keine Erkrankungen vorliegen, so berechnet das Modul dennoch einen *Entgangenen Ertrag*. Ein Beispiel hierfür findet sich im Anhang der vorliegenden Arbeit (Beobachtungszeitraum 3. Laktationsdrittel, Tiere mit Laktationsnummer 1, Gruppe *Abgänge*). Diese Darstellung ist nicht sinnvoll und eine entsprechende Änderung der Programmierung ist anzuraten.

### **5.1.9 Auswertung nach Quotient aus Milchfett- und Milchproteingehalt**

Wie in Abschnitt 4.1.4 erläutert, ist das Unterscheidungskriterium hier eine  $FPR > 1,5$  bei mindestens einer MLP *in den ersten 100 Laktationstagen* ( $FPR = \text{fat-to-protein ratio}$ ). Der vom Modul verwendete Beobachtungszeitraum beschränkt sich damit stets auf die ersten 100 Tage post partum. Bei derzeitiger Programmierung kann der Nutzer jedoch, wie bei der Auswertung nach Diagnosen ebenfalls üblich, einen Beobachtungszeitraum im entsprechenden Drop-Down-Menü frei auswählen. Dies kann zu Missverständnissen führen und eine entsprechende Änderung der Programmierung ist anzuraten.

Ein weiterer Gesichtspunkt ist die Höhe des verwendeten Grenzwertes. Wie in Abschnitt 2.3.5 skizziert, kommen Jenkins et al. (2015) im Rahmen ihrer klinischen Studie zu dem Schluss, dass ein niedrigerer Grenzwert von  $FPR > 1,42$  zum Zwecke des Screenings vorzuziehen ist.

### **5.1.10 Weiteres**

In Abschnitt 4.1 wurden bereits einige kritische Aspekte der derzeitigen Programmierung des Moduls beleuchtet. Diejenigen Gesichtspunkte mit grundlegender Bedeutung für die Funktionalität des Moduls wurden im Rahmen des vorliegenden Kapitels 5 erneut aufgegriffen und diskutiert. Für einige weitere kritische Punkte mit untergeordneter Bedeutung sei an dieser Stelle auf den Abschnitt 4.1 verwiesen.

Es sei darüber hinaus noch auf ein bisher nicht thematisiertes Problem in der graphischen Darstellung des Moduls hingewiesen: Bewegt man den Mauszeiger auf das linke der beiden Kalendersymbole in der Kopfzeile, so erscheint dort das Wort „Beobachtungs-Zeitraum“. An der entsprechenden Stelle ist jedoch nicht der Beobachtungs- sondern der Auswertungszeitraum einzustellen. Dies kann zu Missverständnissen führen. Naheliegend ist eine entsprechende Korrektur und auch eine Kennzeichnung des Drop-Down-Menüs zur Auswahl des BZ – hier erscheint bei entsprechender Positionierung des Mauszeigers bisher keine Bezeichnung.

### **5.1.11 Zur Statistik**

Der Vollständigkeit halber sei noch festgehalten, dass das Modul *Entgangener Ertrag* allgemein keine Aussage darüber trifft, ob Unterschiede gegenübergestellter Mittelwerte (Milchertrag, Zwischenkalbezeit, *Entgangener Ertrag* etc.) statistisch signifikant sind (etwa im Sinne eines  $t$ -Tests). Vor diesem Hintergrund sind die im Rahmen der vorliegenden Arbeit vorgestellten und diskutierten Berechnungsergebnisse des Moduls und die daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen zu betrachten.

### 5.1.12 Ausgabe von Grenzerträgen

Mit der derzeitigen Konzeption des Moduls *Entgangener Ertrag* verbundene Probleme wurden in den vorangehenden Abschnitten erläutert. Ansätze zur Behebung der Probleme wurden ebenfalls dargelegt. Auch trotz dieser Maßnahmen weiter bestehende Einschränkungen, wie etwa mögliche Verzerrungen, wurden angesprochen.

Man nehme nun an, besagte Probleme seien in zufriedenstellendem Ausmaß zu lösen. Welchen Nutzen könnte der Landwirt unter dieser Prämisse aus der Anwendung des Moduls ziehen?

Zunächst könnte der Landwirt einen Überblick darüber erhalten, wie groß das Ausmaß der negativen ökonomischen Auswirkung einer konkreten Erkrankung ist. Er könnte daraufhin eine dahingehende Rangliste der einzelnen Erkrankungen erstellen. Liefert diese Rangliste dem Landwirt bereits eine Entscheidungshilfe für die Allokation seiner knappen finanziellen und anderweitigen Ressourcen? Auf den ersten Blick könnte man auf die Idee kommen, der Landwirt investiere sein Geld am besten zunächst in die Prophylaxe/Bekämpfung derjenigen Erkrankungen, die mit besonders hohen ökonomischen Einbußen assoziiert sind. Dieses Kriterium führt jedoch nicht zu einer rationalen Investitionsstrategie. Vielmehr muss der Landwirt sich fragen, in welchem Bereich das investierte Geld den höchsten Grenzertrag erzielt und hier investieren. Der Grenzertrag in Euro ist derjenige zusätzliche Ertrag, der sich aus der Investition eines einzelnen Euros ergibt.

Sprich: Aus ökonomischer Sicht macht es keinen Sinn, einen Euro in die Bekämpfung einer Erkrankung mit besonders hohen negativen Auswirkungen zu investieren, solange es eine Erkrankung gibt, für die derselbe Euro eine größere Verbesserung des ökonomischen Ergebnisses liefert. Bei der Priorisierung von Maßnahmen zur Prophylaxe/Bekämpfung von Erkrankungen sollte die Frage aus Sicht des Landwirtes also nicht lauten „Welche Erkrankung hat die höchsten negativen Auswirkungen?“, sondern „Bei welcher Erkrankung kann ich am meisten gegen die negativen Auswirkungen tun?“.

Dies bedeutet, dass der vom Modul berechnete *Entgangene Ertrag* (selbst unter der eingangs genannten Prämisse der Behebung der bisher beschriebenen Probleme) noch nicht ausreicht, um dem Landwirt eine unmittelbare Entscheidungshilfe bzgl. seiner Investitionen zu liefern. Hierzu bedarf es vielmehr einer anderen Information, nämlich der Höhe des Grenzertrages einzelner Prophylaxe-/Bekämpfungsmaßnahmen für einzelne Erkrankungen. Hier kann der mittel- bis langfristige Einsatz eines weiterentwickelten Moduls *Entgangener Ertrag* hilfreich sein: Durch Vergleich der ökonomischen Auswirkungen einer konkreten Erkrankung vor und nach erfolgter Maßnahme kann (ceteris paribus) der Grenzertrag dieser Maßnahme

hinsichtlich dieser Erkrankung ermittelt werden. In einem weiteren Schritt können dann Maßnahmen-Erkrankungs-Kombinationen nach Grenzertrag priorisiert werden.

Der Nutzen des Moduls *Entgangener Ertrag* liegt hierbei in der Tatsache, dass der Grenzertrag einer Maßnahme in aller Regel betriebsspezifisch ist. So darf z.B. angenommen werden, dass ein Euro, investiert in Hygienemaßnahmen, in einem Betrieb mit bereits exzellenter Hygiene einen geringeren Rückgang der Inzidenz von Mastitiden mit sich bringt als in einem Betrieb mit schlechter Hygiene (Prinzip des abnehmenden Grenzertrages).

Um dem Nutzer des Moduls die Ermittlung der Grenzerträge zu erleichtern, wäre es denkbar, eine wie auch immer geartete Übersichtsfunktion über Maßnahmen und Auswirkungen der Vergangenheit zur Verfügung zu stellen.

### **5.1.13 Vergleich mit *Kuhwert* und anderen Ansätzen zur ökonomischen Analyse milcherzeugender Betriebe**

Unabhängig von der genaueren Ausgestaltung lässt sich das Prinzip des „Kuhwert“ aus Abschnitt 2.1.3 (bzw. des „retention pay-off“, siehe ebenda) zusammenfassen als die Bildung der Differenz der beiden Kapitalwerte bei Behalten und bei Ersetzen einer Kuh (Cabrera, 2012; Kalantari et al., 2010; Sorge et al., 2007; De Vries, 2006a; Groenendaal et al., 2004). Die Interpretation des *Kuhwertes* als einzelner Zahlenwert besticht durch ihre Einfachheit: Ein positiver Wert bedeutet die Empfehlung zum Behalten, ein negativer zum Ersetzen des Tieres. Ein Nachteil des *Kuhwertes* besteht darin, dass die Betrachtung einer einzelnen Zahl dem Landwirt und anderen beteiligten Personen (Tierarzt, Berater etc.) ganz allgemein keine direkten Hinweise hinsichtlich des Optimierungspotentials liefert: Es ist nicht unmittelbar ersichtlich, welche anteiligen Beiträge zum Gesamtwert die einzelnen (gegebenenfalls durch entsprechende Maßnahmen seitens der handelnden Personen veränderbaren) Eigenschaften der Kuh liefern. Speziell in Bezug auf das Modul „Cow Value“ der Software „Dairy Comp 305“ der Firma „Valley Agricultural Software (VAS)“ ist festzuhalten: Laut öffentlich zugänglicher Herstellerangaben (Eicker, 2019) beschränken sich die zur Vorhersage der zukünftigen Milchleistung – ein entscheidender Beitrag zum rechnerischen Wert des Tieres – herangezogenen Informationen auf die vier Größen Alter, Laktationsstadium, Reproduktionsstatus und Leistungsklasse. Vorbehaltlich einer genaueren Prüfung entsteht der Eindruck, dass hier die Auswirkung des aktuellen Gesundheitsstatus auf die Vorhersage der zukünftigen Milchleistung eines Tieres zumindest nicht explizit dargestellt wird. Es ist natürlich denkbar, dass sich der Gesundheitsstatus eines Tieres in der Einteilung in eine Leistungsklasse niederschlägt.

Die fehlende explizite Berücksichtigung der Auswirkungen des aktuellen Gesundheitsstatus ist ein Merkmal vieler anderer im Rahmen der vorliegenden Arbeit erläuterten Ansätze zur

Berechnung des ökonomischen Wertes einer Kuh. In Abschnitt 2.2 werden dagegen zwei Ansätze beschrieben, die diesen Aspekt mit aufnehmen (Heikkilä et al., 2008; Gröhn et al., 2003). Die Einschätzung der ökonomischen Auswirkungen von Erkrankungen ist dabei jedoch nicht spezifisch für einen Betrieb, sondern beruht auf Literaturangaben oder betriebsübergreifenden Datenbanken. Außerdem beschränken sich diese Ansätze auf eine begrenzte Anzahl von Erkrankungen.

Wie in Abschnitt 2.2 ausgeführt, stellt Guard (1998) ein Excel-Tool zum Download zur Verfügung, welches der Analyse der ökonomischen Auswirkungen von Erkrankungen auf die Ökonomie eines milcherzeugenden Betriebes dient. Die Anzahl der berücksichtigten Erkrankungen bzw. Erkrankungskomplexe ist auch hier begrenzt – auf sieben. Der Nutzer hat hier jedoch die Möglichkeit, für den eigenen Betrieb spezifische Zahlenwerte für Inzidenzen, assoziierte Milchleistungsverluste und Behandlungskosten etc. – und damit für betriebspezifische ökonomische Auswirkungen einer betrachteten Erkrankung – einzugeben. Solche betriebspezifischen Zahlenwerte gehen jedoch aus dem Programm selbst nicht hervor. Um das Modell sinnvoll für die Gegebenheiten des eigenen Betriebes zu kalibrieren, muss der Nutzer daher bereits über eine ausreichend genaue Kenntnis dieser Werte verfügen.

Die in Abschnitt 2.3 skizzierten Studien zu den Auswirkungen von Erkrankungen auf bestimmte ökonomische Kennzahlen zeichnen sich zum Teil durch eine beeindruckende Methodik aus. All diesen Studien ist jedoch gemein, dass ihre Ergebnisse nicht unmittelbar auf einen spezifischen Betrieb übertragen werden können.

Im Gegensatz zu den genannten Ansätzen liefert ein – entsprechend der Ausführungen in Abschnitt 5.1 weiterentwickeltes – Modul *Entgangener Ertrag* die Möglichkeit, (1) spezifisch für einen betrachteten Betrieb und (2) für sämtliche vergebenen Diagnosen den (3) Zusammenhang zwischen Erkrankung und ökonomischem Ergebnis des Betriebes darzustellen. Hieraus lassen sich Schritte zur sukzessiven Optimierung der Ökonomie des Betriebes durch eine planvolle Verbesserung der Tiergesundheit ableiten. Die dabei zu treffende Abwägung zwischen methodischer Genauigkeit einerseits und Praktikabilität sowie Nutzerfreundlichkeit andererseits wurde eingangs des Abschnitts 5.1.1 dargelegt.

## **5.2 Diskussion der Auswertungsergebnisse der Betriebe 1 und 2**

Im vorangehenden Abschnitt 5.1 wurde bereits eine gewisse Einschätzung der Auswertungsergebnisse mit Blick auf das einschlägige Schrifttum unternommen. Ein weitergehender Vergleich der durch das Modul berechneten Auswirkungen von Erkrankungen auf die Leistungsparameter mit entsprechenden Ergebnissen aus der Literatur ist derzeit nicht zielführend. Der Grund hierfür liegt in den oben beschriebenen methodischen Einschränkungen des Moduls in seiner derzeitigen Form. Ein detaillierter Vergleich mit

Literaturergebnissen sollte vielmehr im Zuge einer etwaigen methodischen Weiterentwicklung des Moduls angestellt werden. Dies kann zu einer iterativen Verbesserung des Moduls beitragen. Der in der vorliegenden Arbeit vorgestellte aktuelle Überblick zum einschlägigen Schrifttum kann hierzu herangezogen werden.

Dabei ist zu beachten, dass insbesondere beim Vergleich der Ergebnisse zu den Auswirkungen von Erkrankungen auf die Milchleistung schon innerhalb des Schrifttums Vorsicht geboten ist. In den Schätzungen findet sich eine große Bandbreite (siehe Abschnitt 2.3). Ein Grund hierfür liegt vermutlich in der unterschiedlichen (teils auch fehlenden) Modellierung der *potentiellen* Milchleistung. Ein anderer Grund liegt in Unterschieden des Studiendesigns hinsichtlich der Berücksichtigung der Auswirkungen einer Erkrankung auf die Länge der Laktation (Fourichon et al., 1999). Eine Möglichkeit besteht z.B. darin, nur die Milchleistung von Tieren mit/ohne Diagnose zu vergleichen, welche eine definierte komplette Laktation aufweisen. Ein Beispiel hierfür ist auch der Vergleich der Gruppen *Lebende* mit/ohne Diagnose im Modul *Entgangener Ertrag*. Durch den Ausschluss von abgegangenen Tieren entsteht hierbei jedoch ein Auswahlfehler (engl. Selection Bias) (Amory et al., 2008). Fourichon et al. (1999) beschreiben in ihrem Review-Artikel vier verschiedene Studiendesigns („type 1“-„type 4“, S. 12 folgende) zur Berücksichtigung auch der Milchleistungen abgegangener oder früh trockener Tiere. Der Vergleich der beiden Gruppen *Gesamt* mit/ohne Diagnose innerhalb des Moduls entspricht dem Studiendesign „type 2“. Die Ergebnisse sind daher auch am besten mit anderen Studien dieses Typs vergleichbar.

Manche Studien geben die Milchleistungen pro Tier *pro Tag* an, andere wiederum über einen bestimmten *Laktationszeitraum* (z.B. 305d). Hinsichtlich eines vorzunehmenden Vergleiches mit den Ergebnissen des Moduls ist festzuhalten, dass der Vergleich der Gruppen *Gesamt* bzgl. „Mkg/MT“ (Angabe *pro Tag*) mit einem großen Teil des Schrifttums nicht sinnvoll vergleichbar ist. Der Grund liegt darin, dass dieser Wert sich auf einen fixen Zeitraum von 305 Tagen bezieht und die tatsächliche Anzahl der Haltungstage der abgegangenen Tiere nicht berücksichtigt wird. Sobald die Gruppe *Gesamt* auch Abgänge enthält, liegt der Wert damit unter der tatsächlichen durchschnittlichen Leistung pro Einzeltier und Melktag (siehe Abschnitt 4.1.2). Ein Vergleich hinsichtlich der Einzeltierleistungen sollte sich daher auf die Leistung über den *Laktationszeitraum* 305 d („Milchertrag“ im Modul) konzentrieren.

Zusätzlich erschwert wird der Vergleich zwischen Ergebnissen des Moduls und Angaben aus der Literatur durch Unterschiede in den Krankheitsdefinitionen. Wählt man innerhalb des Moduls *Entgangener Ertrag* z.B. die Diagnose „Sohlengeschwür“ aus, so handelt es sich genau genommen um einen Sammelbegriff für mehrere auch einzeln wählbare Diagnosen: „Steingalle (Druckstelle)“, „Rusterholz’sches Sohlengeschwür“, „Sohlenspitzeneschwür“,

„Klauensohlengeschwür in untypischer Loka [sic!]“. In der Literatur wird der Begriff „Sohlengeschwür“ (engl. „sole ulcer“) hingegen typischerweise enger gefasst (siehe Abschnitt 2.3.1).

## 6 Schlussfolgerungen

Mit Blick auf das in den Kapiteln 1 und 3 formulierte Forschungsinteresse der vorliegenden Arbeit ist folgendes festzuhalten:

Bei Verwendung des Moduls als Entscheidungshilfe bei der Planung ökonomisch fundierter Investitionsstrategien im Bereich Bekämpfung und Prophylaxe von Erkrankungen bedarf der ausgegebene *Entgangene Ertrag* der umsichtigen Interpretation durch den Nutzer. Es lässt sich keine allgemeingültige Aussage treffen, hinsichtlich der Genauigkeit der Darstellung der Auswirkung einer Erkrankung auf das ökonomische Betriebsergebnis. Die Präzision der Darstellung hängt vielmehr entscheidend davon ab, ob die Inzidenz der jeweils zur Analyse ausgewählten Erkrankung mit der potentiellen Milchleistung in Zusammenhang steht. Für die Gruppe von Erkrankungen, bei denen ein solcher Zusammenhang besteht, ist in besonderem Maße davon auszugehen, dass das Modul zwar die *Assoziation* zwischen Erkrankung und durchschnittlicher Höhe der Milchleistung darstellt, nicht jedoch die tatsächliche *Auswirkung* der Erkrankung. Die zu diesem Schluss führenden Überlegungen wurden in Abschnitt 5.1 der vorliegenden Arbeit ausführlich dargelegt.

Speziell mit Blick auf die genannte Gruppe von Erkrankungen ergibt sich hieraus eine wesentliche Einschränkung der Verwendbarkeit der Modulergebnisse als direkte Entscheidungshilfe im Rahmen des oben genannten Anwendungsszenarios. Diese Feststellung resultiert zum einen aus dem beobachteten allgemein großen Beitrag der Milchleistung zum berechneten *Entgangenen Ertrag* und zum anderen aus der mutmaßlichen verzerrenden Wirkung auf die Darstellung hinsichtlich anderer Leistungsparameter. Nähere Erläuterungen hierzu sowie die Beschreibung denkbarer Ansätze zu einer entsprechenden methodischen Weiterentwicklung des Moduls finden sich in Abschnitt 5.1.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde eine Reihe weiterer grundlegender konzeptioneller Einschränkungen des Moduls sowie „kleinerer handwerklicher Fehler“ identifiziert, welche allgemein, das heißt unabhängig von konkreten Eigenschaften der jeweils zu analysierenden Erkrankung, Berücksichtigung verdienen. Vorschläge für eine entsprechende Weiterentwicklung wurden auch hier unterbreitet. Die Frage nach der Relevanz der einzelnen Punkte für die Funktionalität des Moduls lässt sich nicht objektiv beantworten. Die Antwort liegt vielmehr im Auge des Betrachters und wird letztlich davon abhängen, welcher Anspruch an das Modul gestellt wird. Die hierbei zu treffende Abwägung zwischen methodischer Genauigkeit einerseits und Praktikabilität sowie Nutzerfreundlichkeit andererseits wurde in Abschnitt 5.1 dargelegt. Entscheidend ist, dass der Nutzer sich der Aussagekraft der Modulergebnisse – und deren Grenzen – bewusst, und damit in der Lage ist, eine informierte

Entscheidung darüber zu treffen, inwieweit die Modulergebnisse mit Blick auf das von ihm verfolgte Ziel gewinnbringend einsetzbar sind.

Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit angestellten Betrachtungen können sowohl der dahingehenden Information des Nutzers dienen als auch, wie oben dargelegt, als Grundlage für eine etwaige – gegebenenfalls auch schrittweise – methodische Weiterentwicklung des Moduls herangezogen werden.

## 7 Zusammenfassung

### Ökonomische Bewertung von Erkrankungsfällen bei Milchkühen mithilfe des herdendatenbasierten Kalkulationsmoduls „Entgangener Ertrag“

Die *dsp-Agrosoft GmbH* vertreibt die Herdenmanagementsoftware *Herde* für Milchviehbetriebe. Für die Software ist das Modul *Entgangener Ertrag* erhältlich. Laut Unternehmen ist das Ziel des Moduls die „Schätzung des Einflusses von Erkrankungen und Abgängen auf die Wirtschaftlichkeit des Betriebes“ (*dsp-Agrosoft GmbH*, 2018). Das Grundprinzip ist dabei wie folgt: Der Nutzer wählt eine Erkrankung aus, deren wirtschaftliche Auswirkungen er dargestellt haben möchte. Das Modul stellt daraufhin zwei Tiergruppen nebeneinander dar: Tiere mit der in Frage stehenden Diagnose und Tiere ohne diese Diagnose. Die beiden Gruppen werden mit Blick auf die in der Vergangenheit realisierte Milchleistung, Reproduktionsparameter sowie Bestandsergänzungs- und Haltungskosten miteinander verglichen. Der mit der Diagnose assoziierte „Entgangene Ertrag“, definiert als die Differenz des ökonomischen Ergebnisses der beiden Tiergruppen, wird ausgegeben. Die Analyse der Auswirkungen von Erkrankungen erfolgt damit spezifisch für den betrachteten Betrieb. Hier liegt ein entscheidender Unterschied zu der Strategie, sich bei der Einschätzung der Auswirkungen von Erkrankungen auf Angaben des einschlägigen Schrifttums zu verlassen.

Einen Eindruck von der Benutzeroberfläche vermitteln zwei Screenshots in Abschnitt 3.2 der vorliegenden Arbeit.

Neben den Diagnosen lassen sich der Quotient aus Milchfett- und Milchproteingehalt (Screening bzgl. ketotischem Status) sowie die Zellzahl (Indikator für Eutergesundheit) hinsichtlich ihrer ökonomischen Bedeutung auswerten. Das Auswertungsprinzip ist dabei analog zu dem oben skizzierten Vorgehen für die Diagnosen. Der Einfachheit halber ist daher im Folgenden nur von „Erkrankungen“ und „Diagnosen“ die Rede. Außerdem lassen sich anstelle eines „Entgangenen Ertrages“ die Auswirkungen auf das „Income over feedcost“ darstellen. Diesbezüglich sei verwiesen auf die ausführlichen Erläuterungen in Abschnitt 4.1.5.

Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist die kritische Diskussion des beschriebenen Moduls. Sämtliche entsprechende Ausführungen beziehen sich hierbei auf die in Abschnitt 3.1 beschriebene Version des Softwarepakets. Die zu beantwortende Forschungsfrage ist dabei zum einen, (1) ob das Modul in seiner derzeitigen Form die Auswirkung einer Erkrankung auf das ökonomische Betriebsergebnis ausreichend präzise wiedergibt, um eine wertvolle Entscheidungshilfe darzustellen, bei der Planung von ökonomisch fundierten Investitionsstrategien im Bereich Bekämpfung und Prophylaxe von Erkrankungen. Zum anderen gilt es, nicht nur etwaige Kritikpunkte zu identifizieren, sondern auch zu erläutern, (2)

welche Änderungen gegebenenfalls vorzunehmen sind, um das Modul mit Blick auf das oben genannte Anwendungsszenario methodisch weiterzuentwickeln.

Das mathematische Vorgehen des Moduls wird detailliert erläutert. Außerdem werden die Ergebnisse der Anwendung des Moduls auf reale Daten in Form von *Herde*-Backup-Dateien zweier deutscher milcherzeugender Betriebe erörtert. Es folgt die ausführliche Diskussion des Moduls, auch unter Bezugnahme auf das einschlägige Schrifttum zu ökonomischen Auswirkungen von Erkrankungen auf die betrachteten Parameter. Sowohl grundlegende konzeptionelle Probleme als auch „kleinere handwerkliche Fehler“ in der Programmierung werden identifiziert. Entsprechende Verbesserungsvorschläge werden unterbreitet.

Bei der Konzeption einer ökonomischen Entscheidungshilfe ist grundsätzlich eine Abwägung zu treffen, zwischen methodischer Präzision einerseits und Praktikabilität sowie Nutzerfreundlichkeit andererseits. Vor diesem Hintergrund ist zu berücksichtigen, dass sich die einzelnen formulierten Kritikpunkte unterscheiden, hinsichtlich ihrer Relevanz für die Gesamtbeurteilung des Moduls in seiner derzeitigen Form. Als eine Priorität bei der zukünftigen Weiterentwicklung wird die Verbesserung der Darstellung der Auswirkung von Erkrankungen auf die Milchleistung identifiziert. Aufgrund der besonderen Bedeutung seien hier das Grundproblem sowie ein möglicher Lösungsansatz anhand des Beispiels der Diagnose *Sohlengeschwür* kurz dargelegt:

Geht man davon aus, dass genetisch bedingt besonders hochleistende Tiere aufgrund der besonders hohen Lipomobilisation während der Laktation ein besonders dünnes Sohlenkissen und damit eine besondere Prädisposition für Sohlengeschwüre aufweisen (siehe Abschnitt 5.1.1), so stellt die Diagnose Sohlengeschwür ein indirektes Selektionskriterium für Tiere mit besonders hoher potentieller Milchleistung dar. Es verwundert dann auch nicht, dass – zumindest im hier betrachteten Zeitraum – diese Diagnose in beiden im Rahmen der vorliegenden Arbeit analysierten Betrieben zu großen Teilen mit einer **höheren Milchleistung** assoziiert ist. Dies ist aller Wahrscheinlichkeit nach dadurch zu erklären, dass die Erkrankung die Milchleistung der betroffenen Tiere zwar senkt (schmerzhaftes Stehen, daher weniger Futteraufnahme usw.), aber nur so weit, dass die Durchschnittsleistung dieser Tiere immer noch über derjenigen der Tiere ohne Sohlengeschwür liegt. Die tatsächliche Minderleistung des erkrankten Tieres im Sinne einer negativen Abweichung von seiner potentiellen Leistung – und damit der Effekt der Erkrankung – ist hieraus nicht ableitbar.

Ein möglicher Ansatz zur Verbesserung der Darstellung ist die Einteilung der betrachteten Tiere in Milchleistungsgruppen auf der Grundlage ihrer *potentiellen* Leistung. Dann könnten Tiere mit/ohne Diagnose innerhalb derselben Leistungsgruppe gegenübergestellt werden. Als Hinweis auf die potentielle Leistung eines Tieres könnte seine Leistung in vorangegangenen

Laktationen dienen. Andere mögliche Ansätze werden ebenfalls skizziert (siehe Abschnitt 5.1.1).

Die besondere Bedeutung der Darstellung des Zusammenhangs zwischen Erkrankung und Milchleistung ergibt sich zum einen aus dem großen Anteil, den die Milchleistung am berechneten *Entgangenen Ertrag* hat. Hinzu kommt die Beobachtung, dass – um bei obigem Beispiel zu bleiben – die Diagnose Sohlengeschwür in beiden untersuchten Betrieben größtenteils mit einer deutlich **geringeren Abgangsrate** assoziiert ist. Es ist wahrscheinlich, dass es sich hierbei nicht um einen direkten (positiven) Effekt der Erkrankung handelt, sondern um einen protektiven Effekt der hohen Milchleistung, der Landwirt also geneigt ist, diese Tiere eher im Bestand zu belassen. Auch hier könnte ein Vergleich von Tieren innerhalb derselben Milchleistungsgruppe die Darstellung verbessern.

Noch ein weiterer Punkt kommt hinzu: In beiden untersuchten Betrieben ist die Diagnose Sohlengeschwür zu einem großen Teil assoziiert mit einer **geringeren Reproduktionsleistung** – insbesondere in Form einer verlängerten Zwischenkalbezeit. Hier wäre es denkbar, dass es sich zumindest zum Teil um einen mehr oder weniger direkten Effekt der Erkrankung handelt. Andererseits ist nicht ausgeschlossen, dass die hohe Milchleistung per se mit einer geringen Reproduktionsleistung assoziiert ist. Ob ein solcher Zusammenhang besteht, wird in der Literatur kontrovers diskutiert (siehe Abschnitt 5.1.1). Gegebenenfalls könnte auch hier die Darstellung verbessert werden, durch Vergleich von Tieren mit/ohne Diagnose innerhalb derselben Milchleistungsgruppe.

Wichtig ist, dass die obige Argumentation nicht nur für die Erkrankung Sohlengeschwür gilt, sondern für alle Erkrankungen, deren Inzidenz mit der Höhe der potentiellen Milchleistung zusammenhängt.

Weiteres Verbesserungspotential wurde in den folgenden Bereichen identifiziert. Die einzelnen Aspekte werden im Rahmen der vorliegenden Arbeit ausführlich erörtert und seien hier nur kurz aufgezählt:

- Weitere Aspekte der Bildung der Vergleichsgruppen mit/ohne Diagnose (neben der Einteilung in Milchleistungsgruppen) werden diskutiert, insbesondere Verzerrungen der Ergebnisse durch Nichtberücksichtigung anderer als der jeweils ausgewerteten Diagnose.
- Berechnung der Bestandsergänzungskosten: Bisher werden hier nur Zahlungsströme betrachtet, die sich unmittelbar aus dem Abgang eines Tieres und dem Ersatz durch ein neues ergeben. Eine sich aus der nunmehr veränderten Herdenstruktur ergebende Änderung der für die Zukunft zu erwartenden Ein- und Auszahlungen (Kapitalwertbetrachtung) wird bisher nicht berücksichtigt.

- Die Höhe der veranschlagten täglichen Haltungskosten bleibt bisher über die gesamte Dauer der Laktation gleich. Über die Möglichkeit einer – zumindest groben – betriebsspezifischen Differenzierung nach Laktationsabschnitt ist nachzudenken.
- Die Kalkulation der ökonomischen Auswirkung von Erkrankungen erfolgt bisher rein retrospektiv. Mögliche Ansätze zur Berücksichtigung auch zukünftiger Auswirkungen werden skizziert.
- Assoziationen zwischen Erkrankungen und den beiden Reproduktionsparametern (Zwischenkalbezeit und Anzahl verwendeter Spermaportionen) fließen grundsätzlich in die Berechnung des *Entgangenen Ertrages* ein, unabhängig davon, ob Erkrankungen vor oder nach Beginn der Trächtigkeit auftreten. Diese Darstellung ist zu überdenken. Außerdem werden die Spermakosten durch Veranschlagung von Kosten für de facto nicht besamte Tiere systematisch übertrieben. Beide Punkte lassen sich durch entsprechende Änderungen der Programmierung ohne Weiteres beheben.
- Bei derzeitiger Definition der Milchmenge wird nicht berücksichtigt, ob es sich um tatsächlich vermarktbar Milch handelt. So geht auch Hemmstoffmilch unterschiedslos in die Berechnung der Milchmenge mit ein. Eine Fokussierung der Darstellung auf tatsächlich vermarktbar Milch wäre vorzuziehen.
- Verschiedene Kostenarten bleiben im Kalkül des Moduls bisher unberücksichtigt. Mit Blick auf eine Abwägung zwischen methodischem Aufwand und Bedeutung für das Gesamtergebnis scheint insbesondere die Aufnahme von Behandlungskosten prüfenswert.
- Auch bei fehlenden Fällen der auszuwertenden Diagnose wird ein *Entgangener Ertrag* ausgegeben. Diese Darstellung ist zu überdenken.
- Bei Auswertung nach Quotient aus Milchfett- und Milchproteingehalt (Screening bzgl. ketotischem Status) wird als Kriterium  $> 1,5$  verwendet. Das Ergebnis einer aktuellen klinischen Studie legt nahe, dass ein niedrigerer Grenzwert vorzuziehen sein könnte. Außerdem besteht Potential für Missverständnisse hinsichtlich der Wahl des Beobachtungszeitraums.
- Einige kleinere darstellerische Fehler bzw. Potential für Missverständnisse in der Benutzeroberfläche werden erörtert.
- Neben der Berechnung eines *Entgangenen Ertrages* wäre auch die Angabe von betriebsspezifischen Grenzerträgen von Bekämpfungs- und Prophylaxemaßnahmen bzgl. einer bestimmten Erkrankung von Vorteil. Dies würde eine zusätzliche Entscheidungshilfe für den Nutzer bedeuten.

Im Rahmen einer iterativen Weiterentwicklung des Moduls sollte in Zukunft eine Einschätzung der jeweiligen praktischen Relevanz der einzelnen Punkte für die Funktionalität des Moduls

erfolgen. Hierzu kann ein Vergleich der durch die jeweilige Weiterentwicklungsstufe berechneten Ergebnisse mit Literaturergebnissen beitragen. Der in der vorliegenden Arbeit vorgestellte aktuelle Überblick zum einschlägigen Schrifttum kann hierzu herangezogen werden.

Mit Blick auf das eingangs formulierte Forschungsinteresse der vorliegenden Arbeit seien die gezogenen Schlussfolgerungen wie folgt zusammengefasst:

Bei Verwendung des Moduls als Entscheidungshilfe bei der Planung ökonomisch fundierter Investitionsstrategien im Bereich Bekämpfung und Prophylaxe von Erkrankungen bedarf der ausgegebene *Entgangene Ertrag* der umsichtigen Interpretation durch den Nutzer. Es lässt sich keine allgemeingültige Aussage treffen, hinsichtlich der Genauigkeit der Darstellung der Auswirkung einer Erkrankung auf das ökonomische Betriebsergebnis. Die Präzision der Darstellung hängt vielmehr entscheidend davon ab, ob die Inzidenz der jeweils zur Analyse ausgewählten Erkrankung mit der potentiellen Milchleistung in Zusammenhang steht. Für die Gruppe von Erkrankungen, bei denen ein solcher Zusammenhang besteht, ist in besonderem Maße davon auszugehen, dass das Modul zwar die *Assoziation* zwischen Erkrankung und durchschnittlicher Höhe der Milchleistung darstellt, nicht jedoch die tatsächliche *Auswirkung* der Erkrankung.

Speziell mit Blick auf die genannte Gruppe von Erkrankungen ergibt sich hieraus eine wesentliche Einschränkung der Verwendbarkeit der Modulergebnisse als direkte Entscheidungshilfe im Rahmen des oben genannten Anwendungsszenarios. Wie weiter oben dargelegt, resultiert diese Feststellung zum einen aus dem beobachteten allgemein großen Beitrag der Milchleistung zum berechneten *Entgangenen Ertrag* und zum anderen aus der mutmaßlichen verzerrenden Wirkung auf die Darstellung hinsichtlich anderer Leistungsparameter. Nähere Erläuterungen hierzu sowie die Beschreibung denkbarer Ansätze zu einer entsprechenden methodischen Weiterentwicklung des Moduls finden sich in Abschnitt 5.1.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde eine Reihe weiterer grundlegender konzeptioneller Einschränkungen des Moduls sowie „kleinerer handwerklicher Fehler“ identifiziert, welche allgemein, das heißt unabhängig von konkreten Eigenschaften der jeweils zu analysierenden Erkrankung, Berücksichtigung verdienen. Vorschläge für eine entsprechende Weiterentwicklung wurden auch hier unterbreitet. Die Frage nach der Relevanz der einzelnen Punkte für die Funktionalität des Moduls lässt sich nicht objektiv beantworten. Die Antwort liegt vielmehr im Auge des Betrachters und wird letztlich davon abhängen, welcher Anspruch an das Modul gestellt wird. Die hierbei zu treffende Abwägung zwischen methodischer Genauigkeit einerseits und Praktikabilität sowie Nutzerfreundlichkeit andererseits wurde in

Abschnitt 5.1 dargelegt. Entscheidend ist, dass der Nutzer sich der Aussagekraft der Modulergebnisse – und deren Grenzen – bewusst, und damit in der Lage ist, eine informierte Entscheidung darüber zu treffen, inwieweit die Modulergebnisse mit Blick auf das von ihm verfolgte Ziel gewinnbringend einsetzbar sind.

Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit angestellten Betrachtungen können sowohl der dahingehenden Information des Nutzers dienen als auch als Grundlage für eine etwaige – gegebenenfalls auch schrittweise – methodische Weiterentwicklung des Moduls herangezogen werden.

## 8 Summary

### **Economic assessment of cases of disease in dairy cattle using the herd data-based calculation module “Entgangener Ertrag”**

The company *dsp-Agrosoft GmbH* markets a dairy farm management software called *Herde*. For this software, a module called *Entgangener Ertrag* is available. According to the company the purpose of the module is the estimation of the influence of diseases and culling rates on the profitability of the dairy farm (*dsp-Agrosoft GmbH*, 2018). The basic approach is as follows: The user chooses a disease whose economic impact he or she wants to have illustrated. The module then displays two groups of animals next to each other: animals with the diagnosis in question on the one hand and animals without the diagnosis on the other hand. The two groups' past milk yield, reproductive parameters, cost of stock replacement and cost of cow maintenance are compared. The “Entgangener Ertrag” (loss of revenue) associated with the diagnosis is displayed. The “Entgangener Ertrag” is defined as the difference in economic outcome between the two groups. The analysis of the impact of diseases is, thus, specific to the dairy farm in question. This constitutes an essential difference to strategies that rely on information from the relevant literature in order to assess the impact of diseases.

Two screenshots of the user interface are to be found in section 3.2 of this doctoral thesis.

Apart from the diagnoses the fat-to-protein ratio (screening for ketotic status) and the somatic cell count (indicator for udder health) can be assessed for their economic significance. The principle of analysis is analogous to the one described above for the diagnoses. For the sake of simplicity in the following description only the terms “diseases” and “diagnoses” are used. In addition, instead of an “Entgangener Ertrag” the effect on the “Income over feedcost” can be assessed. Details on this can be found in section 4.1.5.

The subject of this doctoral thesis is the critical discussion of the module described. All the corresponding remarks relate to the version of the software package described in section 3.1. The first research question is (1) whether the module in its current version depicts the effect of a disease on the economic income of the farm in a precise enough manner to constitute a valuable decision-making support when planning investments in disease control and prophylaxis. The second goal of the thesis is to not only identify possible weak points of the module but to also (2) elucidate what changes to the module are to be made in order to refine it with the above-mentioned scenario of application in mind.

The mathematical approach of the module is described in detail. Furthermore, the results of the application of the module to real life data are described. The data stem from the backup files of the *Herde*-software of two German dairy farms. Subsequently, a detailed discussion of

the module is undertaken, also with reference to the relevant literature on the economic effects of diseases on the parameters in question. Both fundamental conceptual problems as well as “minor technical shortcomings” in the programming are identified. Suggestions for improvement are made.

When designing an economic decision-making support tool, methodical precision must be weighed against practicality and usability. In view of this, it must be taken into consideration that the identified weak points of the module in its current form differ in relevance for its overall assessment. The improvement of the presentation of the effect of a disease on the milk yield is identified as a priority in the future further development of the module. Because of the particular significance of this aspect, both the underlying problem and a possible approach to its resolution are described in some detail using the example of the diagnosis *sole ulcer*:

Assuming that animals that, for genetic reasons, are especially high producing have an especially strong predisposition for sole ulcers (because of an especially strong mobilization of adipose tissue and therefore an especially thin digital cushion; see section 5.1.1) it must be deduced that the diagnosis sole ulcer constitutes an indirect selection criterion for animals with a high potential milk yield. It should then come as no surprise that – at least for the time period analysed here – in both dairy farms this diagnosis is largely associated with a **higher milk yield**. The chances are that this can be explained by a situation where the disease does in fact reduce the milk yield of the effected animal (painful standing, therefore reduced feed intake and so on) but only to an extent where the average yield of these animals is still above that of animals without sole ulcer. The actual reduction in milk yield of the diseased animal in the sense of a negative deviation from its potential – and therefore the effect of the disease – cannot be deduced.

A possible approach towards an improvement of the presentation is the division of the animals into productivity groups based on their *potential* milk yield. Animals with/without the diagnosis could then be compared within the same productivity group. The milk yield in previous lactations could be used as an indicator for the potential yield of an animal. Some other approaches are also outlined (see section 5.1.1).

The particular significance of the presentation of the association between disease and milk yield is, on the one hand, due to the large share of the milk yield in the “Entgangener Ertrag.” On the other hand, in both dairy farms analysed here the diagnosis sole ulcer is largely associated with a considerably **lower culling rate**. This is probably owing to a protective effect of the high milk yield rather than a direct (positive) effect of the disease, the protective effect being that the farmer is inclined to keep high yielding animals in the herd rather than culling

them. The comparison of animals within the same productivity group could also improve this part of the presentation.

There is yet another aspect: in both dairy farms the diagnosis sole ulcer is largely associated with a **lower reproductive performance** – especially when looking at the calving interval. In this case it is conceivable that this is at least in part due to a more or less direct effect of the disease. On the other hand, it cannot be ruled out that the high milk yield per se is associated with a low reproductive performance. The question of whether such an association exists is the subject of some controversy in the literature (see section 5.1.1). If it does in fact exist, then also this part of the presentation could be improved by comparing animals with/without diagnosis within the same productivity group.

It is important to note, that the reasoning described above is not only valid for the diagnosis sole ulcer but rather for any disease whose incidence is associated with the level of the potential milk yield.

Further room for improvement was identified in the following areas. The individual points are discussed in detail elsewhere in this thesis and therefore only mentioned briefly here:

- Further aspects of the creation of the comparison groups with/without diagnosis (apart from the division into productivity groups), especially bias of the results due to non-consideration of diagnoses other than the one chosen for analysis, are discussed.
- Calculation of the cost of stock replacement in the herd: currently only those payments that are the immediate result of the culling of an animal and its replacement by a new one are considered. The change in future payments due to the change in the herd structure (net present value approach) have up until now not been taken into account.
- Currently the assumed cost of cow maintenance stay the same throughout the whole lactation. The possibility of a differentiation specific to the farm in question should be considered.
- The calculation of the economic effect of diseases is currently only undertaken in retrospect. Possible approaches towards also taking into consideration future effects are outlined briefly.
- Associations between diseases and the two reproductive parameters (calving interval and number of portions of semen used) are generally considered in the calculation of the “Entgangener Ertrag”. This is true even for cases of disease appearing after the beginning of pregnancy. This aspect of the presentation should be reviewed. What is more, the costs of semen are systematically exaggerated due to the presumption of costs for animals that were de facto not inseminated. Both points can readily be rectified by changing the programming of the module.

- In the current definition of the amount of milk it is not taken into consideration whether the milk is marketable; this means milk discarded due to the use of antibiotics is indiscriminately considered. It would be preferable to focus the presentation on marketable milk.
- Various cost categories remain unconsidered in the calculus of the module until now. Weighing methodical effort on the one hand against the significance for the overall result on the other, the inclusion of treatment costs seems particularly worth considering.
- Even in situations with zero cases of the diagnosis chosen for analysis a “Entgangener Ertrag” is displayed. This should be reviewed.
- When the fat-to-protein ratio (screening for ketotic status) is chosen for analysis the differentiating criterion is  $> 1.5$ . The results of a recent clinical study suggest that a lower cut-off point may be more favourable. What is more, there is currently potential for misunderstanding regarding the user’s selection of the observation period.
- A few minor problems or rather potential for misunderstanding in the user interface are outlined.
- Alongside the calculation of the “Entgangener Ertrag” the indication of the farm-specific marginal revenue of different courses of action in the field of disease control and prophylaxis would be useful. This would constitute another decision-making support for the user of the module.

In the course of a future iterative improvement of the module an assessment of the practical relevance for the functionality of the module should be undertaken for each of the points made above. A comparison of the results calculated by the respective level of development with results from the relevant literature can contribute to this. The overview of the relevant literature found in this doctoral thesis can be consulted to this end.

Regarding the research questions stated above the conclusions drawn can be summarised as follows:

When using the module as a decision-making support while planning investments in disease control and prophylaxis the presented “Entgangener Ertrag” must be interpreted with prudence. No universally valid statement regarding the precision of the presentation of the effect of a disease on the economic income of the farm can be made. Rather, the precision of the presentation depends decisively on the question whether the incidence of the disease chosen for analysis is associated with the potential milk yield. For the group of diseases where such an association is present it is to be expected to an especially high

extent that the module does in fact depict the *association* between disease and average milk yield but not the actual *effect* of the disease.

Specifically regarding the above-mentioned group of diseases, this results in a substantial limitation in the applicability of the results of the module as a direct decision-making support in the above-mentioned scenario. As described above, this conclusion results to a large extent from the generally large share of the milk yield in the “Entgangener Ertrag” but also from a presumed biasing effect on the presentation of other parameters. More details regarding these aspects and possible approaches for further improvement of the module can be found in section 5.1.

Within the scope of this doctoral thesis a number of further fundamental conceptual problems of the module as well as “minor technical shortcomings” in the programming were identified, which generally deserve attention – independently from the characteristics of the disease chosen for analysis. Suggestions for improvement were made. The relevance of the individual aspects for the overall functionality of the module cannot be assessed in an objective fashion. Rather, this is up to the user to decide and will ultimately depend on his or her requirements for the module. The necessary balance between methodical precision on the one hand and practicality and usability on the other hand was discussed in section 5.1. It is crucial that the user know about the explanatory power of the module results – and about its limits – and that he or she, thus, be in a position to make an informed decision about whether or not the module results are of value in view of the particular goal of its application.

The observations made in this doctoral thesis can be used to both inform the user to that effect as well as to serve as a basis for a possible – and if necessary gradual – methodical improvement of the module.

## 9 Literaturverzeichnis

- Amory, J.R.; Barker, Z.E.; Wright, J.L.; Mason, S.A.; Blowey, R.W.; Green, L.E. (2008): Associations between sole ulcer, white line disease and digital dermatitis and the milk yield of 1824 dairy cows on 30 dairy cow farms in England and Wales from February 2003-November 2004. *Preventive Veterinary Medicine*, 83, S. 381-391.
- Argáez-Rodríguez, F.J.; Hird, D.W.; Hernández, J.; Read, D.H.; Rodríguez-Lainz, A. (1997): Papillomatous digital dermatitis on a commercial dairy farm in Mexicali, Mexico: Incidence and effect on reproduction and milk production. *Preventive Veterinary Medicine*, 32, S. 275-286.
- Bareille, N.; Beaudeau, F.; Billon, S.; Robert, A.; Faverdin, P. (2003): Effects of health disorders on feed intake and milk production in dairy cows. *Livestock Production Science*, 83 (1), S. 53-62.
- Barkema, H.W.; Westrik, J.D.; Van Keulen, K.A.S.; Schukken, Y.H.; Brand, A. (1994): The effects of lameness on reproductive performance, milk production and culling in Dutch dairy farms. *Preventive Veterinary Medicine*, 20 (4), S. 249-259.
- Bauman, D.E.; Currie, W.B. (1980): Partitioning of Nutrients During Pregnancy and Lactation: A Review of Mechanisms Involving Homeostasis and Homeorhesis. *Journal of Dairy Science*, 63 (9), S. 1514-1529.
- Bello, N.M.; Stevenson, J.S.; Tempelman, R.J. (2012): *Invited review*: Milk production and reproductive performance: Modern interdisciplinary insights into an enduring axiom. *Journal of Dairy Science*, 95 (10), S. 5461-5475.
- Ben-Ari, Y.; Amir, I.; Sharar, S. (1983): Operational Replacement Decision Model for Dairy Herds. *Journal of Dairy Science*, 66 (8), S. 1747-1759.
- Bewley, J.M.; Boehlje, M.D.; Gray, A.W.; Hogeveen, H.; Kenyon, S.J.; Eicher, S.D.; Schutz, M.M. (2010): Stochastic simulation using @Risk for dairy business investment decisions. *Agricultural Finance Review*, 70 (1), S. 97-125.
- Bicalho, R.C.; Machado, V.S.; Caixeta, L.S. (2009): Lameness in dairy cattle: A debilitating disease or a disease of debilitated cattle? A cross-sectional study of lameness prevalence and thickness of the digital cushion. *Journal of Dairy Science*, 92 (7), S. 3175-3184.
- Booth, C.J.; Warnick, L.D.; Gröhn, Y.T.; Maizon, D.O.; Guard, C.L.; Janssen, D. (2004): Effect of Lameness on Culling in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 87 (12), S. 4115-4122.

Cabrera, V.E. (2010): A large Markovian linear program to optimize replacement policies and dairy herd net income for diet and nitrogen excretion. *Journal of Dairy Science*, 93 (1), S. 394-406.

Cabrera, V.E. (2012): A simple formulation and solution to the replacement problem: A practical tool to assess the economic cow value, the value of a new pregnancy, and the cost of a pregnancy loss. *Journal of Dairy Science*, 95 (8), S. 4683-4698.

Das beschriebene Tool ist abrufbar unter folgender URL (Zugriff am 22.03.2019):

<http://dairymgt.info/>

Pfad: → Tools → Replacement → The Economic Value of a Dairy Cow

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), S. 1-8.

Chapinal, N.; Carson, M.E.; LeBlanc, S.J.; Leslie, K.E.; Godden, S.; Capel, M.; Santos, J.E.P.; Overton, M.W.; Duffield, T.F. (2012): The association of serum metabolites in the transition period with milk production and early-lactation reproductive performance. *Journal of Dairy Science*, 95 (3), S. 1301-1309.

Cheli, R.; Mortellaro, C. (1974): La dermatite digitale del bovino. *Proceedings of the 8th International Conference on Diseases of Cattle*, Piacenza, Milan, Italy, S. 208-213.

Cobby, J.M.; Le Du, Y.L.P. (1978): On fitting curves to lactation data. *Animal Production*, 26 (2), S. 127-133.

Cobo-Abreu, R.; Martin, S.W.; Willoughby, R.A.; Stone, J.B. (1979a): The Association Between Disease, Production and Culling in a University Dairy Herd. *The Canadian Veterinary Journal*, 20 (7), S. 191-195.

Cobo-Abreu, R.; Martin, S.W.; Stone, J.B.; Willoughby, R.A. (1979b): The Rates and Patterns of Survivorship and Disease in a University Dairy Herd. *The Canadian Veterinary Journal*, 20 (7), S. 177-183.

Coulon, J.B.; Lescourret, F.; Fonty, A. (1996): Effect of Foot Lesions on Milk Production by Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 79 (1), S. 44-49.

Cramer, G.; Lissemore, K.D.; Guard, C.L.; Leslie, K.E.; Kelton, D.F. (2009): The association between foot lesions and culling risk in Ontario Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 92 (6), S. 2572-2579.

De Vliegher, S.; Fox, L.K.; Piepers, S.; McDougall, S.; Barkema, H.W. (2012): *Invited Review: Mastitis in dairy heifers: Nature of the disease, potential impact, prevention, and control.* *Journal of Dairy Science*, 95 (3), S. 1025-1040.

- De Vries, A. (2004): Economics of Delayed Replacement When Cow Performance is Seasonal. *Journal of Dairy Science*, 87 (9), S. 2947-2958.
- De Vries, A. (2006a): Ranking Dairy Cows for Future Profitability and Culling Decisions. *Proceedings of the 3rd Florida and Georgia Dairy Road Show*, University of Florida, Gainesville, S. 92-108.
- De Vries, A. (2006b): Economic Value of Pregnancy in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 89 (10), S. 3876-3885.
- Deluyker, H.A.; Gay, J.M.; Weaver, L.D.; Azari, A.S. (1991): Change of Milk Yield with Clinical Diseases for a High Producing Dairy Herd. *Journal of Dairy Science*, 74 (2), S. 436-445.
- 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 (11), S. 3316-3323.
- Dhakal, K.; Tiezzi, F.; Clay, J.S.; Maltecca, C. (2015): Inferring causal relationships between reproductive and metabolic health disorders and production traits in first-lactation US Holsteins using recursive models. *Journal of Dairy Science*, 98 (4), S. 2713-2726.
- Dijkhuizen, A.A. (1980): De economische betekenis van gezondheidsstoornissen bij melkvee. I. Voortijdige afvoer. Publication No. 4, Vakgroep Zoötechniek, Veterinary Faculty, Utrecht.
- Dirksen, G. (2002a): „Rusterholzschies Klauensohlengeschwür“. In: Dirksen, G.; Gründer, H.-D.; Stöber, M. (Hrsg.), *Innere Medizin und Chirurgie des Rindes*. Parey Buchverlag im Blackwell Verlag GmbH: Berlin, Wien, 4. Auflage, S. 955-959.
- Dirksen, G. (2002b): „Dermatitis digitalis“. In: Dirksen, G.; Gründer, H.-D.; Stöber, M. (Hrsg.), *Innere Medizin und Chirurgie des Rindes*. Parey Buchverlag im Blackwell Verlag GmbH: Berlin, Wien, 4. Auflage, S. 965-971.
- Dohoo, I.R.; Martin, S.W.; Meek, A.H.; Sandals, W.C.D. (1983): Disease, production and culling in Holstein-Friesian cows. I. The data. *Preventive Veterinary Medicine*, 1 (4), S. 321-334.
- Dohoo, I.R.; Martin, S.W. (1984a): Disease, production and culling in Holstein-Friesian cows. IV. Effects of disease on production. *Preventive Veterinary Medicine*, 2 (6), S. 755-770.
- Dohoo, I.R.; Martin, S.W. (1984b): Disease, production and culling in Holstein-Friesian cows. V. Survivorship. *Preventive Veterinary Medicine*, 2 (6), S. 771-784.
- Dohoo, I.R.; Martin, S.W. (1984c): Subclinical Ketosis: Prevalence and Associations with Production and Disease. *Canadian Journal of Comparative Medicine*, 48 (1), S. 1-5.

dsp-Agrosoft GmbH (2018): Internetpräsenz des Unternehmens, Informationen zum Modul *Entgangener Ertrag*. Anonym. Abgerufen am 12.06.2018 unter folgender URL:

<https://www.herde-net.de/neuigkeiten/neues/1014/>

dsp-Agrosoft GmbH (2019): Internetpräsenz des Unternehmens, Informationen zum *KuhWert-Programm*. Anonym. Abgerufen am 20.03.2019 unter folgender URL:

<https://www.herde-net.de/neuigkeiten/neues/1003/>

Dubuc, J.; Duffield, T.F.; Leslie, K.E.; Walton, J.S.; LeBlanc, S.J. (2011): Effects of postpartum uterine diseases on milk production and culling in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 94 (3), S. 1339-1346.

Duffield, T.F.; Sandals, D.; Leslie, K.E.; Lissemore, K.; McBride, B.W.; Lumsden, J.H.; Dick, P.; Bagg, R. (1998): Efficacy of Monensin for the Prevention of Subclinical Ketosis in Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 81 (11), S. 2866-2873.

Duffield, T.F.; Lissemore, K.D.; McBride, B.W.; Leslie, K.E. (2009): Impact of hyperketonemia in early lactation dairy cows on health and production. *Journal of Dairy Science*, 92 (2), S. 571-580.

Eicker, S. (2019): Cow Value, Dairy Cow Decision Aid. Informationen zum Modul *Cow Value* der Firma *Valley Agricultural Software (VAS)* auf der Internetpräsenz des Unternehmens. Abgerufen am 20.03.2019 unter folgender URL:

[http://www.vas.com/WebHelp/dcwinwrd/cow\\_value\\_dairy\\_cow\\_decision\\_aid.htm](http://www.vas.com/WebHelp/dcwinwrd/cow_value_dairy_cow_decision_aid.htm)

El-Sayed, A.; Awad, W.; Abdou, N.-E.; Castañeda Vázquez, H. (2017): Molecular biological tools applied for identification of mastitis causing pathogens. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*, 5 (2), S. 89-97.

Emanuelson, U.; Oltenacu, P.A. (1998): Incidences and Effects of Diseases on the Performance of Swedish Dairy Herds Stratified by Production. *Journal of Dairy Science*, 81 (9), S. 2376-2382.

Ettema, J.F.; Capion, N.; Hill, A.E. (2007): The association of hoof lesions at claw trimming with test-day milk yield in Danish Holsteins. *Preventive Veterinary Medicine*, 79, S. 224-243.

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 (9), S. 2025-2035.

Fourichon, C.; Seegers, H.; Bareille, N.; Beaudeau, F. (1999): Effects of disease on milk production in the dairy cow: a review. *Preventive Veterinary Medicine*, 41 (1), S. 1-35.

Fourichon, C.; Seegers, H.; Malher, X. (2000): Effect of disease on reproduction in the dairy cow: a meta-analysis. *Theriogenology*, 53 (9), S. 1729-1759.

Francos, G.; Mayer, E. (1988): Analysis of fertility indices of cows with extended postpartum anestrus and other reproductive disorders compared to normal cows. *Theriogenology*, 29 (2), S. 399-412.

Geary, U.; Lopez-Villalobos, N.; Begley, N.; McCoy, F.; O'Brien, B.; O'Grady, L.; Shalloo, L. (2012): Estimating the effect of mastitis on the profitability of Irish dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 95 (7), S. 3662-3673.

Geishauser, T.; Leslie, K.; Tenhag, J.; Bashiri, A. (2000): Evaluation of Eight Cow-Side Ketone Tests in Milk for Detection of Subclinical Ketosis in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 83 (2), S. 296-299.

Giordano, J.O.; Fricke, P.M.; Wiltbank, M.C.; Cabrera, V.E. (2011): An economic decision-making support system for selection of reproductive management programs on dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 94 (12), S. 6216-6232.

Das beschriebene Tool wurde mittlerweile durch eine aktualisierte Version ersetzt. Diese ist abrufbar unter folgender URL (Zugriff am 22.03.2019): <http://dairymgt.info/tools.php>

Pfad: → Tools → Reproduction → Wisconsin-Cornell Dairy Repro: A Reproductive Programs Economics Analysis Tool.

Gomez, A.; Cook, N.B.; Socha, M.T.; Döpfer, D. (2015): First-lactation performance in cows affected by digital dermatitis during the rearing period. *Journal of Dairy Science*, 98 (7), S. 4487-4498.

Green, L.E.; Borkert, J.; Monti, G.; Tadich, N. (2010): Associations between lesion-specific lameness and the milk yield of 1,635 dairy cows from seven herds in the Xth region of Chile and implications for management of lame dairy cows worldwide. *Animal Welfare*, 19 (4), S. 419-427.

Green, L.E.; Huxley, J.N.; Banks, C.; Green, M.J. (2014): Temporal associations between low body condition, lameness and milk yield in a UK dairy herd. *Preventive Veterinary Medicine*, 113 (1), S. 63-71.

Groenendaal, H.; Galligan, D.T.; Mulder, H.A. (2004): An Economic Spreadsheet Model to Determine Optimal Breeding and Replacement Decisions for Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 87 (7), S. 2146-2157.

Gröhn, Y.T.; McDermott, J.J.; Schukken, Y.H.; Hertl, J.A.; Eicker, S.W. (1999): Analysis of correlated continuous repeated observations: modelling the effect of ketosis on milk yield in dairy cows. *Preventive Veterinary Medicine*, 39 (2), S. 137-153.

Gröhn, Y.T.; Rajala-Schultz, P.J.; Allore, H.G.; DeLorenzo, M.A.; Hertl, J.A.; Galligan, D.T. (2003): Optimizing replacement of dairy cows: modeling the effects of diseases. *Preventive Veterinary Medicine*, 61 (1), S. 27-43.

Gröhn, Y.T.; Wilson, D.J.; González, R.N.; Hertl, J.A.; Schulte, H.; Bennett, G.; Schukken, Y.H. (2004): Effect of Pathogen-Specific Clinical Mastitis on Milk Yield in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 87 (10), S. 3358-3374.

Guard, C. (1998): Costs of Common Diseases. Excel-Tool, abrufbar unter folgender URL (Zugriff am 21.03.2019):

<https://www.ansci.umn.edu/extension-outreach/dairy-diagnostics-toolbox>

Pfad: ➔ Costs of Common Diseases

Gustafsson, A.H.; Emanuelson, U. (1996): Milk acetone concentration as an indicator of hyperketonaemia in dairy cows: the critical value revised. *Animal Science*, 63 (2), S. 183-188.

Haine, D.; Delgado, H.; Cue, R.; Sewalem, A.; Wade, K.; Lacroix, R.; Lefebvre, D.; Arsenault, J.; Bouchard, É.; Dubuc, J. (2017a): Marginal structural Cox model to estimate the causal effect of clinical mastitis on Québec dairy cow culling risk. *Preventive Veterinary Medicine*, 147, S. 124-131.

Haine, D.; Delgado, H.; Cue, R.; Sewalem, A.; Wade, K.; Lacroix, R.; Lefebvre, D.; Arsenault, J.; Bouchard, É.; Dubuc, J. (2017b): Contextual herd factors associated with cow culling risk in Québec dairy herds: A multilevel analysis. *Preventive Veterinary Medicine*, 144, S. 7-12.

Halpern, N.E.; Erb, H.N.; Smith, R.D. (1985): Duration of retained fetal membranes and subsequent fertility in dairy cows. *Theriogenology*, 23 (5), S. 807-813.

Heikkilä, A.-M.; Nousiainen, J.I.; Jauhiainen, L. (2008): Optimal Replacement Policy and Economic Value of Dairy Cows with Diverse Health Status and Production Capacity. *Journal of Dairy Science*, 91 (6), S. 2342-2352.

Herdt, T.H. (2000): Ruminant Adaptation to Negative Energy Balance. Influences on the Etiology of Ketosis and Fatty Liver. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 16 (2), S. 215-230.

Hernández, J.; Shearer, J.K.; Webb, D.W. (2001): Effect of lameness on the calving-to-conception interval in dairy cows. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 218 (10), S. 1611-1614.

Hertl, J.A.; Gröhn, Y.T.; Leach, J.D.G.; Bar, D.; Bennett, G.J.; González, R.N.; Rauch, B.J.; Welcome, F.L.; Tauer, L.W.; Schukken, Y.H. (2010): Effects of clinical mastitis caused by gram-positive and gram-negative bacteria and other organisms on the probability of conception in New York State Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93 (4), S. 1551-1560.

Hertl, J.A.; Schukken, Y.H.; Bar, D.; Bennett, G.J.; González, R.N.; Rauch, B.J.; Welcome, F.L.; Tauer, L.W.; Gröhn, Y.T. (2011): The effect of recurrent episodes of clinical mastitis caused by gram-positive and gram-negative bacteria and other organisms on mortality and culling in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 94 (10), S. 4863-4877.

Hertl, J.A.; Schukken, Y.H.; Welcome, F.L.; Tauer, L.W.; Gröhn, Y.T. (2014a): Pathogen-specific effects on milk yield in repeated clinical mastitis episodes in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97 (3), S. 1465-1480.

Hertl, J.A.; Schukken, Y.H.; Welcome, F.L.; Tauer, L.W.; Gröhn, Y.T. (2014b): Effects of pathogen-specific clinical mastitis on probability of conception in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97 (11), S. 6942-6954.

Hillier, F.S.; Lieberman, G.J. (1990): *Introduction to Operations Research*. McGraw-Hill, Inc.: New York u.a., 5. Auflage.

Houben, E.H.P.; Huirne, R.B.M.; Dijkhuizen, A.A. (1994): Optimal Replacement of Mastitic Cows Determined by a Hierarchic Markov Process. *Journal of Dairy Science*, 77 (10), S. 2975-2993.

Hultgren, J.; Manske, T.; Bergsten, C. (2004): Associations of sole ulcer at claw trimming with reproductive performance, udder health, milk yield, and culling in Swedish dairy cattle. *Preventive Veterinary Medicine*, 62 (4), S. 233-251.

Huxley, J.N. (2013): Impact of lameness and claw lesions in cows on health and production. *Livestock Science*, 156, S. 64-70.

Jenkins, N.T.; Peña, G.; Risco, C.; Barbosa, C.C.; Vieira-Neto, A.; Galvão, K.N. (2015): Utility of inline milk fat and protein ratio to diagnose subclinical ketosis and to assign propylene glycol treatment in lactating dairy cows. *The Canadian Veterinary Journal*, 56 (8), S. 850-854.

Joosten, I.; Stelwagen, J.; Dijkhuizen, A.A. (1988): Economic and reproductive consequences of retained placenta in dairy cattle. *Veterinary Record*, 123 (2), S. 53-57.

Kalantari, A.S.; Mehrabani-Yeganeh, H.; Moradi, M.; Sanders, A.H.; De Vries, A. (2010): Determining the optimum replacement policy for Holstein dairy herds in Iran. *Journal of Dairy Science*, 93 (5), S. 2262-2270.

- Kalantari, A.S.; Armentano, L.E.; Shaver, R.D.; Cabrera, V.E. (2016): Economic impact of nutritional grouping in dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 99 (2), S. 1-21.
- Kelton, D.F.; Lissemore, K.D.; Martin, R.E. (1998): Recommendations for Recording and Calculating the Incidence of Selected Clinical Diseases of Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 81 (9), S. 2502-2509.
- Kennedy, J.O.S.; Stott, A.W. (1993): An Adaptive Decision-Making Aid for Dairy Cow Replacement. *Agricultural Systems*, 42, S. 25-39.
- 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 (7), S. 4688-4696.
- Kossaibati, M.A.; Esslemont, R.J. (1997): The Costs of Production Diseases in Dairy Herds in England. *The Veterinary Journal*, 154 (1), S. 41-51.
- Kristensen, A.R. (1987): Optimal Replacement and Ranking of Dairy Cows Determined by a Hierarchic Markov Process. *Livestock Production Science*, 16 (2), S. 131-144.
- Laven, R.A.; Peters, A.R. (1996): Bovine retained placenta: aetiology, pathogenesis and economic loss. *Veterinary Record*, 139 (19), S. 465-471.
- LeBlanc, S. (2010): Assessing the Association of the Level of Milk Production with Reproductive Performance in Dairy Cattle. *Journal of Reproduction and Development*, 56, Supplement, S. S1-S7.
- Liang, D.; Arnold, L.M.; Stowe, C.J.; Harmon, R.J.; Bewley, J.M. (2017): Estimating US dairy clinical disease costs with a stochastic simulation model. *Journal of Dairy Science*, 100 (2), S. 1472-1486.
- Lindena, T.; Tergast, H.; Eißel, R.; Hansen, H. (2018): Steckbriefe zur Tierhaltung in Deutschland: Milchkühe. Ausgabe 01.10.2018. Thünen-Institut für Betriebswirtschaft. Download am 16.02.2019 von folgender URL: [https://www.thuenen.de/media/ti-themenfelder/Nutztierhaltung\\_und\\_Aquakultur/Haltungsverfahren\\_in\\_Deutschland/Milchviehhaltung/Steckbrief\\_Milchkuehe2018\\_final\\_2.pdf](https://www.thuenen.de/media/ti-themenfelder/Nutztierhaltung_und_Aquakultur/Haltungsverfahren_in_Deutschland/Milchviehhaltung/Steckbrief_Milchkuehe2018_final_2.pdf)
- Lischer, C.J.; Ossent, P.; Räber, M.; Geyer, H. (2002): Suspensory structures and supporting tissues of the third phalanx of cows and their relevance to the development of typical sole ulcers (Rusterholz ulcers). *Veterinary Record*, 151 (23), S. 694-698.

- Losinger, W.C. (2006): Economic impacts of reduced milk production associated with papillomatous digital dermatitis in dairy cows in the USA. *Journal of Dairy Research*, 73 (2), S. 244-256.
- Machado, V.S.; Caixeta, L.S. McArt, J.A.A.; Bicalho, R.C. (2010): The effect of claw horn disruption lesions and body condition score at dry-off on survivability, reproductive performance, and milk production in the subsequent lactation. *Journal of Dairy Science*, 93 (9), S. 4071-4078.
- Maizon, D.O.; Oltenacu, P.A.; Gröhn, Y.T.; Strawderman, R.L.; Emanuelson, U. (2004): Effects of diseases on reproductive performance in Swedish Red and White dairy cattle. *Preventive Veterinary Medicine*, 66, S. 113-126.
- McArt, J.A.A.; Nydam, D.V.; Oetzel, G.R.; Overton, T.R.; Ospina, P.A. (2013): Elevated non-esterified fatty acids and  $\beta$ -hydroxybutyrate and their association with transition dairy cow performance. *The Veterinary Journal*, 198 (3), S. 560-570.
- Mellado, M.; Reyes, C. (1994): Associations between periparturient disorders and reproductive efficiency in Holstein cows in northern Mexico. *Preventive Veterinary Medicine*, 19, S. 203-212.
- Miettinen, P.V.A. (1994): Relationship between Milk Acetone and Milk Yield in Individual Cows. *Journal of Veterinary Medicine, Series A*, 41 (2), S. 102-109.
- Milian-Suazo, F.; Erb, H.N.; Smith, R.D. (1988): Descriptive Epidemiology of Culling in Dairy Cows from 34 Herds in New York State. *Preventive Veterinary Medicine*, 6 (4), S. 243-251.
- Oetzel, G.R. (2004): Monitoring and testing dairy herds for metabolic disease. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 20 (3), S. 651-674.
- Oikonomou, G.; Cook, N.B.; Bicalho, R.C. (2013): Sire predicted transmitting ability for conformation and yield traits and previous lactation incidence of foot lesions as risk factors for the incidence of foot lesions in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 96 (6), S. 3713-3722.
- Oikonomou, G.; Banos, G.; Machado, V.; Caixeta, L.; Bicalho, R.C. (2014): *Short communication*: Genetic characterization of digital cushion thickness. *Journal of Dairy Science*, 97 (1), S. 532-536.
- Oldenbroek, J.K. (1978): Verschillen in het voorkomen van ziekten tussen HF-, MRIJ- en FH-runderen. Research Report No. C-367, Instituut voor Veeteeltkundig Onderzoek „Schoonoord“, Zeist.

- Oltenu, P.A.; Frick, A.; Lindhé, B. (1990): Epidemiological study of several clinical diseases, reproductive performance and culling in primiparous Swedish cattle. *Preventive Veterinary Medicine*, 9 (1), S. 59-74.
- Ospina, P.A.; Nydam, D.V.; Stokol, T.; Overton, T.R. (2010): Associations of elevated nonesterified fatty acids and  $\beta$ -hydroxybutyrate concentrations with early lactation reproductive performance and milk production in transition dairy cattle in the northeastern United States. *Journal of Dairy Science*, 93 (4), S. 1596-1603.
- Pavlenko, A.; Bergsten, C.; Ekesbo, I.; Kaart, T.; Aland, A.; Lidfors, L. (2011): Influence of digital dermatitis and sole ulcer on dairy cow behaviour and milk production. *Animal*, 5 (8), S. 1259-1269.
- Perridon, L.; Steiner, M. (2007): *Finanzwirtschaft der Unternehmung*. Verlag Franz Vahlen: München, 14. Auflage.
- Raboisson, D.; Mounié, M.; Maigné, E. (2014): Diseases, reproductive performance, and changes in milk production associated with subclinical ketosis in dairy cows: A meta-analysis and review. *Journal of Dairy Science*, 97 (12), S. 7547-7563.
- Rafati, N. (2008): Prediction of the probability of abortion in dairy cows of Tehran region. M.Sc. thesis, Department of Animal Sciences, University of Tehran, Tehran.
- Rajala, P.J.; Gröhn, Y.T. (1998): Effects of Dystocia, Retained Placenta, and Metritis on Milk Yield in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 81 (12), S. 3172-3181.
- Rajala-Schultz, P.J.; Gröhn, Y.T.; McCulloch, C.E.; Guard, C.L. (1999a): Effects of Clinical Mastitis on Milk Yield in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 82 (6), S. 1213-1220.
- Rajala-Schultz, P.J.; Gröhn, Y.T.; McCulloch, C.E. (1999b): Effects of Milk Fever, Ketosis, and Lameness on Milk Yield in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 82 (2), S. 288-294.
- Randall, L.V.; Green, M.J.; Chagunda, M.G.G.; Mason, C.; Green, L.E.; Huxley, J.N. (2016): Lameness in dairy heifers; impacts of hoof lesions present around first calving on future lameness, milk yield and culling risk. *Preventive Veterinary Medicine*, 133, S. 52-63.
- Read, D.H.; Walker, R.L. (1998): Papillomatous digital dermatitis (footwarts) in California dairy cattle: clinical and gross pathologic findings. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 10 (1), S. 67-76.
- Rearte, R.; LeBlanc, S.J.; Corva, S.G.; de la Sota, R.L.; Lacau-Mengido, I.M.; Giuliodori, M.J. (2018): Effect of milk production on reproductive performance in dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 101 (8), S. 1-10.

- Relun, A.; Lehebel, A.; Chesnin, A.; Guatteo, R.; Bareille, N. (2013): Association between digital dermatitis lesions and test-day milk yield of Holstein cows from 41 French dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 96 (4), S. 2190-2200.
- Roberts, T.; Chapinal, N.; LeBlanc, S.J.; Kelton, D.F.; Dubuc, J.; Duffield, T.F. (2012): Metabolic parameters in transition cows as indicators for early-lactation culling risk. *Journal of Dairy Science*, 95 (6), S. 3057-3063.
- Rowlands, G.J.; Lucey, S. (1986): Changes in milk yield in dairy cows associated with metabolic and reproductive disease and lameness. *Preventive Veterinary Medicine*, 4 (3), S. 205-221.
- Ruegg, P.L. (2011): Managing Mastitis and Producing Quality Milk. In: Risco, C.A.; Melendez, P. (Hrsg.), *Dairy Production Medicine*. Wiley-Blackwell: Chichester, West Sussex, United Kingdom, 1. Auflage, S. 207-232.
- Ruegg, P.L. (2017): *A 100-Year Review: Mastitis detection, management, and prevention*. *Journal of Dairy Science*, 100 (12), S. 10381-10397.
- Rusterholz, A. (1920): Das spezifisch-traumatische Klauensohlengeschwür des Rindes. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde*, Band 62, S. 421-446 (Heft 10) und 505-525 (Heft 11).
- Schukken, Y.H.; Hertl, J.; Bar, D.; Bennett, G.J.; González, R.N.; Rauch, B.J.; Santisteban, C.; Schulte, H.F.; Tauer, L.; Welcome, F.L.; Gröhn, Y.T. (2009): Effects of repeated gram-positive and gram-negative clinical mastitis episodes on milk yield loss in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92 (7), S. 3091-3105.
- Schulz, J. (1986): Grundsätzliches zur Mastitis, Allgemeines und Begriffsbestimmungen. In: Wendt, K.; Mielke, H.; Fuchs, H.-W. (Hrsg.), *Euterkrankheiten*. VEB Gustav Fischer Verlag: Jena, 1. Auflage, S. 197-200.
- Seegers, H.; Fourichon, C.; Beaudeau, F. (2003): Production effects related to mastitis and mastitis economics in dairy cattle herds. *Veterinary Research*, 34 (5), S. 475-491.
- Seifi, H.A.; LeBlanc, S.J.; Vernooy, E.; Leslie, K.E.; Duffield, T.F. (2007): Effect of Isoflupredone Acetate With or Without Insulin on Energy Metabolism, Reproduction, Milk Production, and Health in Dairy Cows in Early Lactation. *Journal of Dairy Science*, 90 (9), S. 4181-4191.
- Seifi, H.A.; LeBlanc, S.J.; Leslie, K.E.; Duffield, T.F. (2011): Metabolic predictors of post-partum disease and culling risk in dairy cattle. *The Veterinary Journal*, 188 (2), S. 216-220.

- Shearer, J.K.; Van Amstel, S.R. (2017): Pathogenesis and Treatment of Sole Ulcers and White Line Disease. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 33 (2), S. 283-300.
- Simerl, N.A.; Wilcox, C.J.; Thatcher, W.W. (1992): Postpartum Performance of Dairy Heifers Freshening at Young Ages. *Journal of Dairy Science*, 75 (2), S. 590-595.
- Smith, B.J. (1973): Dynamic Programming of the Dairy Cow Replacement Problem. *American Journal of Agricultural Economics*, 55 (1), S. 100-104.
- Sogstad, Å.M.; Østerås, O.; Fjeldaas, T. (2006): Bovine Claw and Limb Disorders Related to Reproductive Performance and Production Diseases. *Journal of Dairy Science*, 89 (7), S. 2519-2528.
- Sogstad, Å.M.; Østerås, O.; Fjeldaas, T.; Refsdal, A.O. (2007): Bovine Claw and Limb Disorders at Claw Trimming Related to Milk Yield. *Journal of Dairy Science*, 90 (2), S. 749-759.
- Sorge, U.S.; Kelton, D.F.; Lissemore, K.D.; Sears, W.; Fetrow, J. (2007): Evaluation of the Dairy Comp 305 Module "Cow Value" in Two Ontario Dairy Herds. *Journal of Dairy Science*, 90 (12), S. 5784-5797.
- Stewart, H.M.; Burnside, E.B.; Wilton, J.W.; Pfeiffer, W.C. (1977): A Dynamic Programming Approach to Culling Decisions in Commercial Dairy Herds. *Journal of Dairy Science*, 60 (4), S. 602-617.
- Stöber, M. (2002): Ketose, Lipomobilisationssyndrom. In: Dirksen, G.; Gründer, H.-D.; Stöber, M. (Hrsg.), *Innere Medizin und Chirurgie des Rindes*. Parey Buchverlag im Blackwell Verlag GmbH: Berlin, Wien, 4. Auflage, S. 649-664.
- Van Amstel, S.R.; Shearer, J.K. (2006): Review of Pododermatitis Circumscripta (Ulceration of the Sole) in Dairy Cows. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 20 (4), S. 805-811.
- Van Arendonk, J.A.M. (1984): Studies on the replacement policies in dairy cattle. I. Evaluation of techniques to determine the optimum time for replacement and to rank cows on future profitability. *Zeitschrift für Tierzucht und Züchtungsbiologie*, 101, S. 330-340.
- Van Arendonk, J.A.M. (1985a): Studies on the replacement policies in dairy cattle. II. Optimum policy and influence of changes in production and prices. *Livestock Production Science*, 13 (2), S. 101-121.
- Van Arendonk, J.A.M. (1985b): A Model to Estimate the Performance, Revenues and Costs of Dairy Cows Under Different Production and Price Situations. *Agricultural Systems*, 16 (3), S. 157-189.

- Van Werven, T.; Schukken, Y.H.; Lloyd, J.; Brand, A.; Heeringa, H.Tj.; Shea, M. (1992): The effects of duration of retained placenta on reproduction, milk production, postpartum disease and culling rate. *Theriogenology*, 37 (6), S. 1191-1203.
- Vanholder, T.; Papen, J.; Bemers, R.; Vertenten, G.; Berge, A.C.B. (2015): Risk factors for subclinical and clinical ketosis and association with production parameters in dairy cows in the Netherlands. *Journal of Dairy Science*, 98 (2), S. 880-888.
- VAS (2019): Internetpräsenz des Unternehmens *Valley Agricultural Software (VAS)*, Informationen zum Unternehmen. Anonym. Abgerufen am 20.03.2019 unter folgender URL: <https://web.vas.com/about/>
- Viña, C.; Fouz, R.; Camino, F.; Sanjuán, M.L.; Yus, E.; Diéguez, F.J. (2017): Study on some risk factors and effects of bovine ketosis on dairy cows from the Galicia region (Spain). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 101 (5), S. 835-845.
- Walsh, R.B.; Walton, J.S.; Kelton, D.F.; LeBlanc, S.J.; Leslie, K.E.; Duffield, T.F. (2007): The Effect of Subclinical Ketosis in Early Lactation on Reproductive Performance of Postpartum Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 90 (6), S. 2788-2796.
- Warnick, L.D.; Janssen, D.; Guard, C.L.; Gröhn, Y.T. (2001): The Effect of Lameness on Milk Production in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 84 (9), S. 1988-1997.
- Wenz, J.R.; Giebel, S.K. (2012): Retrospective evaluation of health event data recording on 50 dairies using Dairy Comp 305. *Journal of Dairy Science*, 95 (8), S. 4699-4706.
- Wilson, D.J.; González, 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 (7), S. 2073-2084.
- Wilson-Welder, J.H.; Alt, D.P.; Nally, J.E. (2015): The etiology of digital dermatitis in ruminants: recent perspectives. *Veterinary Medicine: Research and Reports*, 6, S. 155-164.
- Wolfová, M.; Štípková, M.; Wolf, J. (2006): Incidence and economics of clinical mastitis in five Holstein herds in the Czech Republic. *Preventive Veterinary Medicine*, 77, S. 48-64.
- Wood, P.D.P. (1967): Algebraic Model of the Lactation Curve in Cattle. *Nature*, 216, S. 164-165.
- Yeruham, I.; Friedman, S.; Elad, D.; Perl, S. (2000): Association between milk production, somatic cell count and bacterial dermatoses in three dairy cattle herds. *Australian Veterinary Journal*, 78 (4), S. 250-253.

Ziem, A. (2018): KuhWert – ökonomisch gewichteter Wert von Einzeltieren. Neues Selektionsinstrument für den Landwirt auf Grund eigener Daten. RIND UND WIR, Das Rinder-Fach-Journal, Ausgabe April 2018, S. 30-31. Download am 12.02.2019 von folgender URL: [https://rinderallianz.de/flipbook/RuW\\_4-18/](https://rinderallianz.de/flipbook/RuW_4-18/)

## 10 Anhang

Zur Wahrung der Übersichtlichkeit sind in den Tabellen in Abschnitt 4.2 nur die Ergebnisse der Berechnung des *Entgangenen Ertrages* bei Vergleich der Gruppen *Gesamt* mit/ohne Diagnose dargestellt. In den folgenden Tabellen finden sich zusätzlich die Ergebnisse bei Vergleich innerhalb der Gruppen *Abgänge* und *Lebende*. Als Beispiel wurde die Diagnose Sohlengeschwür in Betrieb 1 gewählt. Der Auswertungszeitraum ist derselbe wie der den in Abschnitt 4.2 dargelegten Berechnungen zugrundeliegende. Die Erläuterungen zu den Tabellenwerten in Abschnitt 4.2 gelten für die folgenden Tabellen analog.

### Beobachtungszeitraum 1. Laktationsdrittel:

Tabelle 29: Betrieb 1, Diagnose SG, 1. Laktation, BZ 100d

Gruppe (mit/ohne Diagnose)	Abgänge (n=4/29)	lebende (n=45/226)	gesamt (n=49/255)
Milchertrag	+2.981	+172	+599
Milcherlös €	+1.073	+62	+215
ZKZ-Einfluss € (Tage ZKZ)		-20 (+8)	-19 (+8)
Ergebnis nach ZKZ	1.073	42	196
Spermakosten € (Spermaportionen)	+4 (-0,2)	-4 (+0,2)	-4 (+0,2)
Ergebnis nach Sperma	1.077	38	193
BE € (Abgangsrate %)	+52 (-3)		+41
Ergebnis nach BE-Kosten	1.129		234
Haltungskosten	-612	0	-92
Ergebnis gesamt	517	38	142

Tabelle 30: Betrieb 1, Diagnose SG, Laktation >1, BZ 100d

Gruppe (mit/ohne Diagnose)	Abgänge (n=40/107)	lebende (n=61/247)	gesamt (n=101/354)
Milchertrag	+604	-183	-384
Milcherlös €	+217	-66	-138
ZKZ-Einfluss € (Tage ZKZ)		-4 (+2)	0 (+2)
Ergebnis nach ZKZ	217	-71	-138
Spermakosten € (Spermaportionen)	+3 (-0,2)	+4 (-0,2)	+4 (-0,2)
Ergebnis nach Sperma	221	-67	-135
BE € (Abgangsrate %)	+15 (+9)		-92
Ergebnis nach BE-Kosten	236		-227
Haltungskosten	-195	0	+24
Ergebnis gesamt	41	-67	-203

Tabelle 31: Betrieb 1, Diagnose SG, Laktation >0, BZ 100d

Gruppe (mit/ohne Diagnose)	Abgänge (n=44/136)	lebende (n=106/473)	gesamt (n=150/609)
Milchertrag	+1.019	+17	-65
Milcherlös €	+367	+6	-23
ZKZ-Einfluss € (Tage ZKZ)		-12 (+5)	-7 (+5)
Ergebnis nach ZKZ	367	-6	-30
Spermakosten € (Spermaportionen)	+4 (-0,2)	0 (0)	+2 (0)
Ergebnis nach Sperma	370	-6	-29
BE € (Abgangsrate %)	+29 (+7)		-66
Ergebnis nach BE-Kosten	401		-95
Haltungskosten	-259	0	+2
Ergebnis gesamt	141	-6	-92

## Beobachtungszeitraum 2. Laktationsdrittel:

Tabelle 32: Betrieb 1, Diagnose SG, 1. Laktation, BZ 101-200d

Gruppe (mit/ohne Diagnose)	Abgänge (n=2/31)	lebende (n=51/220)	gesamt (n=53/251)
Milchertrag	+4.232	-23	+660
Milcherlös €	+1.524	-9	+238
ZKZ-Einfluss € (Tage ZKZ)		-6 (+2)	-9 (+2)
Ergebnis nach ZKZ	1.524	-15	228
Spermakosten € (Spermaportionen)	-59 (+3,3)	+2 (-0,1)	-2 (+0,2)
Ergebnis nach Sperma	1.465	-13	226
BE € (Abgangsrate %)	+195 (-9)		+105
Ergebnis nach BE-Kosten	1.660		331
Haltungskosten	-699	0	-136
Ergebnis gesamt	960	-13	195

Tabelle 33: Betrieb 1, Diagnose SG, Laktation >1, BZ 101-200d

Gruppe (mit/ohne Diagnose)	Abgänge (n=32/115)	lebende (n=85/223)	gesamt (n=117/338)
Milchertrag	+2.827	-106	+1.091
Milcherlös €	+1.018	-38	+392
ZKZ-Einfluss € (Tage ZKZ)		-21 (+9)	-17 (+9)
Ergebnis nach ZKZ	1.018	-59	376
Spermakosten € (Spermaportionen)	-9 (+0,5)	-4 (+0,2)	-6 (+0,3)
Ergebnis nach Sperma	1.008	-63	371
BE € (Abgangsrate %)	+31 (-7)		+78
Ergebnis nach BE-Kosten	1.041		449
Haltungskosten	-619	0	-246
Ergebnis gesamt	422	-63	202

Tabelle 34: Betrieb 1, Diagnose SG, Laktation >0, BZ 101-200d

Gruppe (mit/ohne Diagnose)	Abgänge (n=34/146)	lebende (n=136/443)	gesamt (n=170/589)
Milchertrag	+3.073	+34	+914
Milcherlös €	+1.106	+13	+329
ZKZ-Einfluss € (Tage ZKZ)		-15 (+6)	-13 (+6)
Ergebnis nach ZKZ	1.106	-2	316
Spermakosten € (Spermaportionen)	-15 (+0,8)	-2 (+0,1)	-5 (+0,2)
Ergebnis nach Sperma	1.092	-4	311
BE € (Abgangsrate %)	+56 (-5)		+62
Ergebnis nach BE-Kosten	1.148		374
Haltungskosten	-634	0	-184
Ergebnis gesamt	514	-4	190

### Beobachtungszeitraum 3. Laktationsdrittel:

Tabelle 35: Betrieb 1, Diagnose SG, 1. Laktation, BZ 201-305d

Gruppe (mit/ohne Diagnose)	Abgänge (n=0/33)	lebende (n=51/220)	gesamt (n=51/253)
Milchertrag	-3.271	-211	+554
Milcherlös €	-1.178	-76	+199
ZKZ-Einfluss € (Tage ZKZ)		+1 (0)	-3 (0)
Ergebnis nach ZKZ	-1.178	-75	196
Spermakosten € (Spermaportionen)	+38 (-2,1)	-4 (+0,2)	-6 (+0,3)
Ergebnis nach Sperma	-1.140	-79	190
BE € (Abgangsrate %)	+1.133 (-13)		+148
Ergebnis nach BE-Kosten	-6		338
Haltungskosten	+958	0	-162
Ergebnis gesamt	951	-79	177

Tabelle 36: Betrieb 1, Diagnose SG, Laktation >1, BZ 201-305d

Gruppe (mit/ohne Diagnose)	Abgänge (n=7/140)	lebende (n=107/201)	gesamt (n=114/341)
Milchertrag	+4.394	+190	+2.339
Milcherlös €	+1.581	+68	+842
ZKZ-Einfluss € (Tage ZKZ)		-7 (+3)	-14 (+3)
Ergebnis nach ZKZ	1.581	62	828
Spermakosten € (Spermaportionen)	-23 (+1,3)	+2 (-0,1)	-1 (+0,1)
Ergebnis nach Sperma	1.558	63	826
BE € (Abgangsrate %)	+98 (-35)		+372
Ergebnis nach BE-Kosten	1.656		1.198
Haltungskosten	-777	0	-418
Ergebnis gesamt	879	63	781

Tabelle 37: Betrieb 1, Diagnose SG, Laktation >0, BZ 201-305

Gruppe (mit/ohne Diagnose)	Abgänge (n=7/173)	lebende (n=158/421)	gesamt (n=165/594)
Milchertrag Milcherlös €	+4.626 +1.665	+213 +77	+1.706 +614
ZKZ-Einfluss € (Tage ZKZ)		-2 (+1)	-9 (+1)
Ergebnis nach ZKZ	1.665	74	606
Spermakosten € (Spermaportionen)	-25 (+1,4)	0 (0)	-3 (+0,1)
Ergebnis nach Sperma	1.640	74	603
BE € (Abgangsrate %)	+114 (-25)		+270
Ergebnis nach BE-Kosten	1.754		873
Haltungskosten	-813	0	-307
Ergebnis gesamt	941	74	566

### Beobachtungszeitraum 305d:

Tabelle 38: Betrieb 1, Diagnose SG, 1. Laktation, BZ 305d

Gruppe (mit/ohne Diagnose)	Abgänge (n=5/28)	lebende (n=112/159)	gesamt (n=117/187)
Milchertrag Milcherlös €	+3.505 +1.262	-30 -11	+803 +289
ZKZ-Einfluss € (Tage ZKZ)		-17 (+7)	-19 (+7)
Ergebnis nach ZKZ	1.262	-28	270
Spermakosten € (Spermaportionen)	-18 (+1)	-4 (+0,2)	-6 (+0,4)
Ergebnis nach Sperma	1.244	-32	264
BE € (Abgangsrate %)	+86 (-11)		+127
Ergebnis nach BE-Kosten	1.330		390
Haltungskosten	-677	0	-173
Ergebnis gesamt	653	-32	218

Tabelle 39: Betrieb 1, Diagnose SG, Laktation >1, BZ 305d

Gruppe (mit/ohne Diagnose)	Abgänge (n=60/87)	lebende (n=172/136)	gesamt (n=232/223)
Milchertrag Milcherlös €	+2.102 +757	+107 +39	+1.421 +511
ZKZ-Einfluss € (Tage ZKZ)		0 (0)	-3 (0)
Ergebnis nach ZKZ	757	39	509
Spermakosten € (Spermaportionen)	-7 (+0,4)	+2 (-0,1)	-2 (+0,1)
Ergebnis nach Sperma	750	41	507
BE € (Abgangsrate %)	+18 (-13)		+143
Ergebnis nach BE-Kosten	768		650
Haltungskosten	-454	0	-276
Ergebnis gesamt	314	41	373

Tabelle 40: Betrieb 1, Diagnose SG, Laktation >0, BZ 305d

Gruppe (mit/ohne Diagnose)	Abgänge (n=65/115)	lebende (n=284/295)	gesamt (n=349/410)
Milchertrag Milcherlös €	+2.393 +861	+168 +60	+1.139 +410
ZKZ-Einfluss € (Tage ZKZ)		-7 (+3)	-8 (+3)
Ergebnis nach ZKZ	861	53	402
Spermakosten € (Spermaportionen)	-9 (+0,5)	0 (0)	-3 (+0,2)
Ergebnis nach Sperma	852	53	399
BE € (Abgangsrate %)	+39 (-9)		+108
Ergebnis nach BE-Kosten	893		507
Haltungskosten	-489	0	-208
Ergebnis gesamt	402	53	300

## 11 Danksagung

Mein erster Dank gilt Herrn Univ.-Prof. Dr. Rudolf Staufenbiel für das Überlassen des Dissertationsthemas und das mir damit entgegengebrachte Vertrauen. Bedanken möchte ich mich auch ausdrücklich für die hervorragende Betreuung während der Erstellung der vorliegenden Arbeit, etwa in Form kurzfristig gewährter Termine zur Besprechung einzelner Fragestellungen, welche zu verschiedenen Gelegenheiten ungeplant in stundenlangen Gesprächen endeten.

Bedanken möchte ich mich außerdem bei der *dsp-Agrosoft GmbH* für die sehr gute Zusammenarbeit und das Überlassen der Software sowie der beiden Betriebsdatensätze. Namentlich gilt mein besonderer Dank dem Geschäftsführer, Herrn Dr. Werner Feucker, für die sehr gute Kommunikation und das Interesse an meiner Arbeit.

Ein besonders herzlicher Dank gilt meiner Familie. An erster Stelle denke ich hier an meine Frau Barbara, die mich stets in meiner – wohl etwas exzentrischen – Entscheidung unterstützt hat, mich nach zwei abgeschlossenen wirtschaftswissenschaftlichen Studiengängen auch noch der Herausforderung eines Studiums der Veterinärmedizin zu stellen. Insbesondere zur Zeit des Studiums, aber auch jetzt, da ich als Tierarzt tätig bin, übernahm und übernimmt sie zahlreiche Aufgaben unseres täglichen Lebens in größerem Umfang als ich. Auch meinen Kindern und Eltern danke ich für ihre unschätzbare, immerwährende und geduldige Unterstützung.

## 12 Finanzierungsquellen / Interessenskonflikte

Dem Autor der vorliegenden Arbeit wurde durch die *dsp-Agrosoft GmbH* die in Abschnitt 3.1 genannte Software zum Zwecke und für die Dauer der in dieser Arbeit dargelegten Auswertungen unentgeltlich zur Verfügung gestellt. Dasselbe gilt für die in Abschnitt 3.1 genannten Datensätze der Betriebe 1 und 2.

Der Autor erhielt keinerlei finanzielle Zuwendungen seitens des Unternehmens.

Zu keinem Zeitpunkt gab es Versuche seitens des Unternehmens bzw. seiner Vertreter, auf den Inhalt der vorliegenden Arbeit Einfluss zu nehmen.

## **13 Selbstständigkeitserklärung**

Hiermit bestätige ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt habe. Ich versichere, dass ich ausschließlich die angegebenen Quellen und Hilfen in Anspruch genommen habe.

Berlin, den 28.11.2019

Sebastian H.R. Metz









9 783967 290295

**mbv**berlin mensch und buch verlag

49,90 Euro | ISBN: 978-3-96729-029-5