Efficient Cow

Abschlussbericht

Projektnummer: Forschungsprojekt Nr. 100861
BMLFUW-LE.1.3.2/0083-II/1/2012

Laufzeit: 1. Dezember 2012 - 30. November 2016

Projektträger: Zentrale Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter - ZAR

Projektpartner:

Abschlussbericht

zum Forschungsprojekt 100681

BMLFUW-LE. 1.3.2/0083-II/1/12012

Titel:	Analyse und Optimierung der Produktionseffizienz und der Umweltwirkung in der österreichischen Rinderwirtschaft
Kurztitel:	Efficient Cow
Laufzeit:	11/2012 – 11/2016
Auftragnehmer:	Zentrale Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter (ZAR) Dresdnerstraße 89/19, 1200 Wien
Projektpartner:	ZuchtData EDV Dienstleistungen GmbH Universität für Bodenkultur Wien HBLFA Raumberg-Gumpenstein Landwirtschaftskammer Österreich Veterinärmedizinische Universität Wien Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter Arbeitsgemeinschaft österreichischer Braunviehzuchtverbände Arbeitsgemeinschaft österreichischer Holstein-Züchter
Projektleitung:	Dr. Christa Egger-Danner
Projektmitarbeiter:	PD Dr. Birgit Fürst-Waltl, BOKU Dr. Christian Fürst, ZuchtData Univ.-Doz. Dr. L. Gruber, HBLFA Raumberg-Gumpenstein Dr. Stefan Hörtenhuber, BOKU Dr. Astrid Koeck, ZuchtData DI Maria Ledinek, BOKU Dr. Christina Pfeiffer, BOKU DI Franz Steininger, ZuchtData Dr. Roswitha Weissensteiner, ZuchtData Ass.Prof. Dr. Alfons Willam, BOKU Ao.Univ.-Prof. Dr. Werner Zollitsch, BOKU DI Karl Zottl, LKV NÖ

Inhalt

Abkürzungen 6

1 Zusammenfassung 10

2 Summary 17

3 Einleitung 22

4 Projektorganisation 24

4.1 Projektpartner 24

4.2 Arbeitspakete 24

5 Arbeitspaket 1: Datenerfassung auf Pilotbetrieben 26

5.1 Ziele und geplante Maßnahmen 26

5.2 Zusammenfassung 26

5.3 Einleitung 27

5.4 Durchführung und Organisation der Datenerfassung 28

5.5 Überblick der gesammelten Daten 32

5.6 Rückmeldung und Auswertungen für Pilotbetriebe 44

5.7 Erkenntnisse für die Praxis 50

5.8 Meilensteine 52

5.9 Literatur 53

5.10 Publikationen 54

6 Arbeitspaket 2: Schätzung der Lebendmasse mit Hilfe des Körpermaßes Brustumfang und ev. anderer Körpermaße wie Bauchumfang, Kreuzhöhe und BCS 56

6.1 Ziele und geplante Maßnahmen 56

6.2 Zusammenfassung 56

6.3 Einleitung 56

6.4 Material und Methoden 57

6.4.1 Beschreibung der Datenbasis 57

6.4.2 Statistische Auswertung 57

6.5 Ergebnisse und Diskussion 64

6.5.1 Beziehungen von Lebendmasse und Körpermaßen 64

6.5.2 Schätzmodelle für die Lebendmasse 64

6.5.3 Validierung 71
6.5.4 Beispielrechnung 72
6.6 Schlussfolgerungen 73
6.7 Meilensteine – spezifische Fragestellungen 74
6.8 Literatur 74
6.9 Publikationen 75
7 Arbeitspaket 3: Ableiten der optimalen Lebendmasse zur Erzielung der höchsten Nährstoff-Effizienz 77
7.1 Ziele und geplante Maßnahmen 77
7.2 Zusammenfassung 77
7.3 Einleitung 79
7.4 Material und Methoden 81
7.4.1 Fütterungssysteme und Parameter – Teil 1 und 2 81
7.4.2 Futtermittelanalysen und Berechnung von Parametern – Teil 1 und 2 83
7.4.3 Futteraufnahmeschätzung – Teil 1 und 2 84
7.4.4 Beschreibung der Rationen – Teil 1 und 2 85
7.4.5 Statistische Auswertung – Teil 1 und 2 89
7.4.6 Beschreibung der Datenbasis – Teil 3 90
7.4.7 Statistische Auswertung – Teil 3 93
7.5 Ergebnisse und Diskussion 94
7.5.1 Effekt der Rasse – Teil 1 94
7.5.2 Effekt der Laktationszahl – Teil 1 98
7.5.3 Effekt des Laktationsstadiums – Teil 1 101
7.5.4 Rasse im Laktationsverlauf – Teil 1 104
7.5.5 Optimale Lebendmasse – Teil 2 und 3 114
7.6 Schlussfolgerungen 130
7.7 Meilensteine – spezifische Fragestellungen 132
7.8 Literatur 132
7.9 Publikationen 137
8 Arbeitspaket 4: Schätzung der genetischen Parameter für Effizienzmerkmale und die genetischen Zusammenhänge zu den Merkmalen im GZW und Exterieur/lineare Beschreibung 139

8.1 Ziele und geplante Maßnahmen 139
8.2 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen 139
8.3 Definition und Schätzung genetischer Parameter für Effizienzmerkmale 140
8.4 Schätzung genetischer Parameter für Lebendmasse und weitere Köpermaße 152
8.5 Zuchtwertschätzung für Lebendmasse und Einbeziehung in den Gesamtzuchtwert – grundlegende Vorarbeiten 161
8.6 Nutzung von Wiegedaten von Versteigerungen sowie Daten der linearen Beschreibung 175
8.7 Meilensteine – spezifische Fragestellungen 180
8.8 Literatur 180
8.9 Publikationen 183
9 Arbeitspaket 5: Zusammenhang Effizienz und Gesundheit 184
9.1 Ziele und geplante Maßnahmen 184
9.2 Zusammenfassung 184
9.3 Einleitung 184
9.4 Körperkondition, Ketotest, Fett-Eiweiß-Quotient und Erkrankungen 185
9.5 Stoffwechselparameter – genetische Aspekte 190
9.5.1 Einleitung 190
9.5.2 Material und Methode 191
9.5.3 Ergebnisse und Diskussion 193
9.5.4 Schlussfolgerungen 195
9.6 Klauengesundheitsmerkmale 196
9.6.1 Klauengesundheitsmerkmale – genetische Aspekte 196
9.6.2 Klauengesundheit und lineare Merkmale 201
9.6.3 Klauengesundheit und Fruchtbarkeit, Haltung und Milchleistung 204
9.6.4 Sonstige Untersuchungen 209
9.6.5 Empfehlungen zur züchterischen Berücksichtigung der Klauengesundheit 210
9.7 Zusammenhang von Lebendmasse, Körperkondition und Lahmheiten 210
9.8 Zusammenhang von Effizienz- und Gesundheitsmerkmalen 212
9.8.1 Einleitung 212
9.8.2 Material und Methode 212
9.8.3 Ergebnisse und Diskussion 214

9.9 Weitere Fragestellungen 215
9.10 Meilensteine 215
9.11 Literatur 216
9.12 Publikationen 218
10 Arbeitspaket 6: Züchterische Berücksichtigung und Grundlage für Entscheidungsträger bezüglich weitere Vorgangsweise 222
10.1 Ziele und geplante Maßnahmen 222
10.2 Zusammenfassung 222
10.3 Wirtschaftliche Gewichte 223
10.4 Berücksichtigung im Gesamtzuchtwert 225
10.5 Berücksichtigung von Effizienzmerkmalen im Zuchtprogramm 229
10.5.1 Einleitung 229
10.5.2 Material und Methode 229
10.5.3 Ergebnisse und Diskussion 232
10.5.4 Schlussfolgerungen 235
10.6 Entscheidungsgrundlage für Einführung in die Routine 236
10.6.1 Empfehlung für Zuchtziel 236
10.6.2 Empfehlung für Leistungsprüfung 236
10.6.3 Empfehlung für Zuchtwertschätzung 240
10.6.4 Empfehlung Zuchtprogramm 240
10.6.5 Empfehlung hinsichtlich Umweltwirkung 241
10.7 Publikationen 241
10.8 Meilensteine 241
10.9 Literatur 242
11 Arbeitspaket 7: Modellierung der Effekte der unterschiedlichen Produktionseffizienz auf der Ebene Einzeltier auf die Treibhausgas-Emissionen relevanter Milchproduktionssysteme 246
11.1 Ziele und geplante Maßnahmen 246
11.2 Zusammenfassung 246
11.3 Einleitung 247
11.4 Material und Methode 248
11.5 Ergebnisse und Diskussion 254

11.6 Schlussfolgerungen 269
11.7 Meilensteine 270
11.8 Literatur 270
11.9 Publikationen 272
12 Arbeitspaket 8: Projektmanagement und partizipative Entwicklung 273
12.1 Nationale und internationale Vernetzung von Projekten und Aktivitäten 274
12.1.1 Nationale Zusammenarbeit 274
12.1.2 Internationale Zusammenarbeit 278
13 Publikationen – Gesamtübersicht 283
13.1 Paper und publizierte Vorträge bei wissenschaftlichen Tagungen 283
14 Fortbildung, Kurse, Seminare, Sitzungen 290
15 Literaturverzeichnis 294
16 Danksagung 309
17 Anlagen 311
17.1 Ausgewählte Publikationen aus den verschiedenen Arbeitspaketen 311

Abkürzungen

AGR	aufgewertete Mischration
AP	Arbeitspaket
APL	Animal Production Level
BA, BAU	Bauchumfang
BB	Breckenbreite
BCS	Body Condition Score
BEM	Bemuskelung
BHB	Betahydroxybutyrat
BL	Beckenlänge
BRU	Brustumfang
BS	Brown Swiss
BU	Brustumfang
CDMI	Concentrate-Dry-Matter-Intake
cm	Zentimeter
CO_2	Kohlendioxid
d	Tag
DM	dry matter
DMI	dry matter intake
EC	Efficient Cow
ECM	Energiekorrigierte Milch
EP	Eutrophierungspotential
eq	äquivalent
FCE	Futterkonvertierungseffizienz
FCM	fettkorrigierte Milch
FEQ	Fett-Eiweiß-Quotient
FV	Fleckvieh
GES	Gesamtfutter
GET	getrennte KF-Fütterung zu Grundfutterration
GEW	Lebendmasse
GF	Grundfutter
GFM	Grundfuttermischung
GR	Grünfutter
GRHE	Grünfutter Heu

GRGSHE	Grünfutter Grassilage Heu
GS	Grassilage
GSHE	Grassilage-Heu
GSMS	Grassilage Maissilage
GSMSHE	Grassilage Maissilage Heu
GN	Grenznutzen
GVE	Großvieheinheit
GZW	Gesamtzuchtwert
ha	Hektar
HBB, BBh	hintere Beckenbreite
HE	Heu
HF	Holstein-Friesian
HK	Herdbuchkühe
HKB	hintere Körperbreite
INEL	Intake MJ NEL
KAFB	Konzentratfutter-Ackerflächenbedarf
KB	künstliche Besamung
KBh	Körperbreite hinten
KF	Kraftfutter
kg	Kilogramm
KH	Kreuzhöhe
KL	Klee(gras)
KLGSMSHE	Klee(gras) Grassilage Maissilage Heu
KLMS	Klee(gras) Maissilage
KM	Kanditatenmütter
Kö	Körper
KR	Kleiber Relation
l	Liter
IT	Trockenmasse-Aufnahme
INEL	Energieaufnahme
Lahm	Lahmheitsnote
LCA	Life Cycle Assessment (Ökobilanz)
LE	Energiegehalt der Milch
LKV	Landeskontrollverband

LM	Lebendmasse
$LM^{0,75}$	metabolische Lebendmasse
LMV	Lebendmasseveränderung
LP	Leistungsprüfung
LSC	Lahmheitsscore
LU	Luzerne(gras)
LUGSHEMS	Luzerne(gras) Grassilage Heu Maissilage
LUMS	Luzerne(gras) Maissilage
LW	live weight
LWC	live weight change
m^2	Quadratmeter
MAS-Daten	Daten aus GEW + BRU + BAU +BEM + BCS + LAHM
MBK	Melkbarkeit
MCha	Milchcharakter
MHL	Mittelhandlänge
MIR	Mid-Infra-Red
MJ	Megajoule
MLP	Milchleistungsprüfung
MS	Maissilage
MSPE	mean square prediction error
µmol	Mikromol
N	Stickstoff
NDF	Neutral Detergent Fiber(Gerüstsubstanzen)
NEFA	Not Esterified Fatty Acids (freie Fettsäuren)
NEL	Nettoenergie-Laktation
NELBil	errechnete Energiebilanz
NH_3	Ammoniak
NO_x	gasförmige Oxide des Stickstoffs
NO_3	Nitrat
NR	Norwegische Rote
nXP	nutzbares Rohprotein am Dünndarm
PEMP	Teileffizienz Milchproduktion
PEV-fossil	Verbrauch nicht erneuerbarer (fossiler) Primärenerie
PMR	partial mixed ration

p.p.	post partum
PS	Produktionssystem
R^2	Bestimmtheitsmaß
Ra	Rahmen
RDV	Rinderdatenverbund
RFI	Residualfutteraufnahme
RH	Red Holstein
RMSE	root mean square error
RMSPE	root mean square prediction error
RSD	Residualstandardabweichung
RSP	Residual-Fett-Eiweiß-Produktion
RT	Rumpftiefe
SDMI	Silage-Dry-Matter-Intake
SEP	separately fed concentrate
SO_2	Schwefeldioxid
ST	Stroh
Stä	Stärke
STD	Standardabweichung
TDMI	total dry matter intake
TGD	Tiergesundheitsdienst
THG	Treibhausgas
THP	Treibhauspotential
TM	Trockenmasse
TMR	total mixed ration, Totalmischration
VBB, BBv	vordere Beckenbreite
VP	Versauerungspotential
XF	Rohfaser
XP	Rohprotein
ZE	Züchtungsertrag
ZF	Zuchtfortschritt
ZG	Züchtungsgewinn
ZK	Züchtungskosten
ZWS	Zuchtwertschätzung

1 Zusammenfassung

Im Rahmen des Projektes Efficient Cow wurden auf Basis von Daten aus 167 Milchviehbetrieben mit ca. 5.400 Milchkühen der Rassen Fleckvieh, Braunvieh und Holstein Friesian aus Österreich und Daten aus Forschungsinstituten verschiedene Fragen zur Analyse und Optimierung der züchterischen Möglichkeiten einer verbesserten Produktionseffizienz und der Umweltwirkung der österreichischen Milchwirtschaft analysiert. Im ersten Schritt wurden im Kalenderjahr 2014 sehr umfangreiche tier- und betriebsspezifische Daten erhoben. In den weiteren Schritten wurden Fragen zur Hochrechnung der Lebendmasse, Lebendmasse und Nährstoffeffizienz, Definition und Analyse von züchterischen Möglichkeiten dieser neuen Effizienzmerkmalen, genetische Zusammenhänge zwischen Effizienz und Gesundheit als auch die Potentiale zur Verbesserung der Umweltwirkung durch „effizientere“ Kühe analysiert.

Datenerfassung

Um die umfangreiche Datenerfassung in diesem Projekt zu organisieren, wurde sie als eigenes Arbeitspaket definiert. Es wurden insgesamt 167 Betriebe mit über 5.400 Kühen der Rassen Fleckvieh, Braunvieh und Holstein gewonnen, an diesem Projekt mitzuarbeiten. Nach der Gestaltung der Erfassungsformulare und Einschulung der LKV-Mitarbeiter konnte die Erfassung im Kalenderjahr 2014 durchgeführt werden.

Es wurden neben den in der Routine der Milchleistungsprüfung erhobenen Daten zusätzlich von allen Betrieben zumindest ein Jahr vor dem Projektstart bis zum Ende der Datenerfassung (Kalenderjahre 2012-2014) auch alle aufgelaufenen tierärztlichen Diagnosen zur Abbildung des Gesundheitsstatus und als Datengrundlage für die Auswertung erfasst.

Durch den Landwirt waren zudem Ketosetests (7 und 14 Tage nach der Abkalbung) durchzuführen und Dokumentationen aller Klauenpflegemaßnahmen, tierbezogener Beobachtungen, von Weide und Grünfutter sowie die Zu- und Abgänge an Futtermitteln zu erfassen.

Über das gesondert eingeschulte LKV-Personal wurden zeitnah zu jedem Termin der Milchleistungskontrolle Gewicht, Brustumfang, Bauchumfang, Bemuskelungsnote, Körperkondition und Lahmheitsnote von allen Kühen erhoben. Am Tag des Probemelkens wurden die verfütterte Ration, die tierindividuellen Kraftfuttermengen sowie der Hygienestatus des Grundfutters festgehalten. Zur Abbildung der Grundfuttersituation wurden von jedem Betrieb acht Grundfutterproben gezogen und analysiert. Ergänzt wurde diese Information durch die Inventur des Futtermittellagers zu Beginn und am Ende der Projektperiode und mit einer genauen Beschreibung der Betriebsstruktur und der Haltungsbedingungen.

Die Mitarbeiter der Zuchtverbände erfassten die rassenspezifische linearen Merkmale aller Kühe sowie in der Projektperiode 3malig die Stockmaße Kreuzhöhe, Mittelhandlänge, Beckenlänge, Rumpftiefe, Beckenbreite vorne und hinten sowie die hintere Körperbreite und

führten die Gewebeprobensammlung für die Genotypisierung durch der Fleckvieh und Braunviehtiere im Projekt Gene2Farm durch.

Begleitet wurde die Datenerfassung durch ein umfassendes Monitoring. Damit wurde die Vollständigkeit und Plausibilität der Daten abgesichert. Diese umfangreichen Daten wurden teilweise EDV technisch und wo nötig auf Papier festgehalten und laufend in die Datenbank über im Projekt entwickelte Erfassungsmasken für die Massenerfassung eingegeben, damit sie für alle weiteren Projektschritte zur Verfügung standen.

Zusätzlich wurden für die teilnehmenden Betriebe Berichte über die Datenerfassung generiert und der Abschlussbericht zur Datenerfassung in landesweiten Veranstaltungen den Landwirten erklärt und übergeben. Gerade diese Zwischeninformation trug wesentlich zur Motivation der Betriebe bei.

Lebendmasseschätzung

Ziel des AP 2 war es, eine Schätzformel für die Lebendmasse mittels Körpermaßen oder BCS sowie unter Berücksichtigung von Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium zu entwickeln. In den Einzelmodellen erwies sich der Brustumfang als einflussreichstes Körpermaß mit dem niedrigsten Schätzfehler (39,0 kg), gefolgt von Bauchumfang (39,3 kg) und vorderer Beckenbreite (49,9 kg). Alle anderen Körpermaße und auch der BCS erbrachten keine höhere Schätzgenauigkeit als ca. 50,0 kg. Das Modell $_{BU\ BA}$ reduzierte den Schätzfehler weiter auf 32,5 kg und das Zufügen der vorderen Beckenbreite auf 30,4 kg. Die Validierung ergab, dass durchschnittlich 99,6 % der Varianz zwischen geschätzten und beobachteten Werten auf Zufall beruhen. Dies bedeutet, dass die Modelle die Lebendmasse valide und ohne unerwünschte systematische Schätzfehler vorhersagen. Allerdings ist eine Schätzung ohne Brust- und Bauchumfang nicht genau genug möglich, weswegen für eine Anwendung in der Praxis diese zwei Merkmale zusätzlich erfasst werden müssen.

Optimale Lebendmasse für höchste Nährstoffeffizienz

Ziel des AP 3 war es, die wichtigsten Einflussfaktoren auf Lebendmasse- und Nährstoff-Effizienz zu untersuchen, und die optimale Lebendmasse für die höchste Nährstoff-Effizienz abzuleiten. Die Auswertungen zur optimalen Lebendmasse basieren auf dem EC-Datenmaterial und jenem der 10 Forschungsinstitute der Studie Gruber et al. (2004).

Für die Verbindung der tierindividuellen Fütterungsinformation von den Praxisbetrieben hin zur Futteraufnahmeschätzung wurden ein neuartiges Codierungssystem und spezielle Anpassungen des Schätzmodelles entwickelt. Damit war es möglich, die Futteraufnahme in der Praxis unter Berücksichtigung von unterschiedlichen Fütterungssystemen und Rations-gestaltungen zu schätzen.

Die Fütterung der EC-Betriebe zeigt die hohe Bedeutung des Dauergrünlandes in Form von Grassilage und von konservierten Rationskomponenten, aber auch das hohe Produktions-niveau. Sie füttern das Kraftfutter leistungsangepasst. 44,3 % aller Datensätze betreffen Rationen mit reiner Abruffütterung, 42,3 % betreffen AGR und 12,0 % TMR. Das Grundfutter

der Rationstypen GET, AGR und TMR besteht aus durchschnittlich über 50 % Grassilage. AGR und TMR besitzen den höchsten Maissilage-Anteil von ca. 30 % am Grundfutter. Weidehaltung und reine Grundfutterrationen hatten kaum Bedeutung.

Die Ergebnisse der Auswertung zu Nährstoff- und Effizienzparametern zeigen, dass Milchleistung, Futter- und Nährstoffaufnahme und Effizienz mit steigender Milchbetonung von Fleckvieh (FV) über FV-Gruppen mit steigendem Red Holstein-Anteil bis Holstein-Friesian (HF) steigen. HF gibt die meiste Milch (29,5 kg ECM/d), während Brown Swiss (BS) und FV mit 26,7 und 26,6 kg ECM/d auf ähnlichem Niveau liegen. HF produziert 1,395 kg ECM/kg TM, FV und BS 1,325 kg ECM/kg TM. Der BCS und die Lebendmasse sinken hingegen mit steigender Milchbetonung von FV zu HF (FV 727 kg, 3,41 Pkt.; BS 655 kg, 2,94 Pkt.; HF 657 kg 2,63 Pkt.). Im Laktationsverlauf wird ersichtlich, dass besonders die milchbetonten und effizientesten Gruppen HF und FV_RH5075 an Körperkondition und Lebendmasse verlieren, dies jedoch auch wegen eines höheren KF-Anteiles an der Ration wieder wettmachen.

Der Zusammenhang zwischen Milchleistung und Lebendmasse ist nicht linear. Besonders schwere Tiere geben weniger Milch als Tiere mittlerer Lebendmasse. Die Milchleistung von FV steigt degressiv bis 800 kg an, jene von HF und BS bis 750 kg. Danach fällt die Milchleistung besonders von HF und BS deutlich ab.

Die Untersuchungen zur optimalen Lebendmasse zeigen daher, dass es tatsächlich ein Optimum für die höchste Nährstoff-Effizienz gibt. Der optimale Bereich der Nährstoff-Effizienz liegt für BS und HF von 550 bis 700 kg. Der optimale Bereich für FV liegt zwischen 500 und 750 kg. Die Lebendmasse beeinflusst die Effizienz milchbetonter Rassen stärker. FV ist also in einem größeren Lebendmassebereich als HF und BS ähnlich effizient. FV wiegt durchschnittlich 728 kg, HF 657 kg und BS 655 kg. Damit liegen BS und HF durchschnittlich genau im Optimum der Nährstoff-Effizienz. FV liegt zwar im Optimalbereich, jedoch bereits an dessen Ende nahe 750 kg und daher am absteigenden Ast der Nährstoff-Effizienz.

Ein weiteres Steigern der Lebendmasse wird daher bei allen Rassen bezüglich Nährstoff-Effizienz nicht empfohlen, besonders hinsichtlich der damit verbundenen nötigen Steigerung von Milchleistung und Kraftfuttereinsatz.

Die Berücksichtigung von Lebendmasseveränderung (LMV) oder Energiebilanz (Datenmaterial Forschungsinstitute) zeigt, dass die Effizienz von FV besonders in den leichten Lebendmasseklassen vor dem Optimum steigt, während HF im optimalen Bereich an Effizienz einbüßt und die Rassenunterschiede damit zurückgehen. Dies verdeutlicht, dass die Effizienz besonders von HF im optimalen Bereich vermehrt auf der Mobilisation von Körperreserven basiert. Das Optimum selbst wird durch die Berücksichtigung von LMV und Energiebilanz nicht beeinflusst. Die optimalen Tiere bleiben also mit und ohne Berücksichtigung von Ab- und Aufbau von Körpersubstanz dieselben.

Genetische Parameter für Effizienzmerkmale und deren genetischer Zusammenhang zu Merkmalen im Gesamtzuchtwert

Ziel dieses Arbeitspaketes war die Schätzung von genetischen Parametern für die Lebendmasse und weitere ausgewählte (im Zuge des Efficient Cow Projektes erhobene)

Effizienzmerkmale für die Rassen Fleckvieh, Braunvieh und Holstein. Eine wichtige Fragestellung war weiters, ob mit den im Projekt erhobenen Daten für Lebendmasse in Kombination mit vorliegenden Maßen aus der routinemäßigen linearen Exterieurbeschreibung eine Routine-Zuchtwertschätzung entwickelt werden kann. Dazu wurden die genetischen Parameter für die zur Verfügung stehenden Merkmale geschätzt und erste ZWS-Testläufe durchgeführt.

Als Effizienzparameter wurden neben energiekorrigierter Milch (ECM), Lebendmasse (LM), Trockenmasseaufnahme (DMI) und Energieaufnahme (INEL) die Effizienzparameter ECM_LM^{0,75}, DMI_LM^{0,75}, ECM_DMI, und LE_INEL (mit der Milch abgegebene Energie MJ LE/ gesamte Energieaufnahme MJ INEL) berücksichtigt. Beim Fleckvieh lagen die Heritabilitäten der Effizienzmerkmale zwischen 0,11 für LE_INEL und 0,43 für die Lebendmasse, ähnliche Ergebnisse wurden für Braunvieh und Holstein gefunden. Schwach negative genetische Korrelationen von -0,15 bis -0,27 wurden zwischen der Milchleistung (ECM) und der Lebendmasse, mittlere bis starke genetische Korrelationen zwischen der Milchleistung und den anderen Effizienzmerkmalen geschätzt. DMI und INEL stellen mit einer genetischen Korrelation von nahezu 1 mehr oder weniger dasselbe Merkmal dar. Die drei Effizienzmerkmale ECM_LM^{0,75}, ECM_DMI und LE_INEL waren ebenfalls stark korreliert mit Schätzwerten über 0,90. Die Ergebnisse zeigen, dass DMI, INEL und die Lebendmasse für Monitoringzwecke wertvolle zusätzliche Informationen liefern können. Eine Selektion nach Verhältnismerkmalen wie ECM_DMI und LE_INEL ist aber mit Vorsicht zu betrachten.

Da die Lebendmasse in der Regel nicht routinemäßig vorliegt, sollten weiters genetische Beziehungen zwischen Lebendmasse und Körpermaßen geschätzt werden. Die höchsten genetischen Korrelationen zur Lebendmasse zeigen die Merkmale Brust- und Bauchumfang, aber auch die weiteren Körpermaße zeigen deutliche positive genetische Zusammenhänge. Bei der Rasse Holstein weist das Merkmal Milchcharakter, bei dem die Schärfe im Widerrist bewertet wird, erwartungsgemäß einen negativen Zusammenhang auf. In darauf aufbauenden ZWS-Testläufen für die Lebendmasse konnte für Fleckvieh und Braunvieh ein stabiler genetischer Trend beobachtet werden. Durch die relativ hohen Heritabilitäten und die hohen genetischen Korrelationen der Körpermaße zur Lebendmasse sind überwiegend hohe Sicherheiten zu erzielen. Durch die zusätzliche Verwendung der Versteigerungsdaten konnten die Sicherheiten im Schnitt um 1,8% gesteigert werden. Um zu überprüfen, wie wichtig direkte Gewichtsdaten der Kühe sind, um zuverlässige Lebendmasse-Zuchtwerte zu schätzen, wurden mehrere Testläufe mit unterschiedlichen Daten durchgeführt. Bei ausschließlicher Verwendung der Körpermaße ist die durchschnittliche Sicherheit der KB-Stiere um ca. 11 (Fleckvieh) bzw. 15% (Braunvieh) niedriger als mit dem vollständigen Datensatz inklusive der Lebendgewichte. Wenn man die Bemuskelung dazu nimmt, ist der Sicherheitsverlust nur mehr etwa 8%, bei zusätzlicher Verwendung des Brustumfangs nur mehr maximal 4 Prozentpunkte. Die ZW-Korrelationen zeigen, dass man mit den routinemäßig vorliegenden Maßen aus der linearen Beschreibung und der Bemuskelung zumindest mit einer Korrelation deutlich über 0,80 rechnen kann. Während Daten der

linearen Beschreibung wertvolle Hilfsmerkmale in einer ZWS Lebendmasse darstellen, sind sie jedoch zur Schätzung der Lebendmasse für Managementzwecke nicht ausreichend.

Die ZW-Korrelationen zeigen, dass Lebendmasse und Gesamtzuchtwert (GZW) praktisch unkorreliert sind. Bei Selektion nach dem aktuellen GZW sind daher keine nennenswerten Veränderungen der Lebendgewichte zu erwarten. Der Zusammenhang zu den Milchmerkmalen ist nahe Null mit negativer Tendenz zu den Mengenmerkmalen beim Fleckvieh. Erwartungsgemäß merklich positiv ist der Zusammenhang zu Nettozunahme und Handelsklasse. Zur Fitness besteht tendenziell ein negativer Zusammenhang, speziell zur Nutzungsdauer, zum paternalen Kalbeverlauf, aber auch zu Persistenz und Vitalität.

Zusammenhang Effizienz und Gesundheit

Im vorliegenden Arbeitspaket wurden die züchterischen Möglichkeiten zur Verbesserung von Neuen für die Effizienz relevanten Gesundheitsmerkmale analysiert. Ein wesentlicher Bereich ist der Stoffwechsel, der in der Praxis oftmals unterschätzt wird. Hohe Milchleistungen gehen oftmals mit einer negativen Energiebilanz zu Beginn der Laktation einher. In dieser Phase mit hoher Mobilisierung treten dann verschiedene Stoffwechselerkrankungen häufiger auf. Daher ist bei Verbesserung der Effizienz wichtig, dass nicht Tiere gezüchtet werden, die zwar viel Output (Milch, Fleisch) pro Input (Futter) herausholen, aber diese Effizienz durch verstärkte Mobilisierung in Verbindung mit höheren Erkrankungsraten erzielen. Negative Energiebilanzen äußern sich teilweise auch in Klauenerkrankungen. Daher war auch der Bereich Klauengesundheit von Interesse. Die Ergebnisse aus dem Projekt zeigen, dass verschiedene Managementtools wie zB der Ketotest, Körperkondition- oder auch Lahmheitsbeurteilung auch züchterisch wertvolle Merkmale sind. Generell wird zur Verbesserung der Stoffwechselstabilität und der Klauengesundheit ein Index empfohlen, wo verfügbare direkte und indirekte Merkmale kombiniert sind. Phänotypische Zusammenhänge zwischen BCS, Ketotest und Erkrankungen zeigen, dass BCS-Verluste zu Beginn der Laktation das Risiko von Stoffwechselerkrankungen erhöhen bzw. das subklinische Ketosen das Risiko von weiteren Erkrankungen erhöhen. Bei den genetischen Analysen ist ein Trend zu erkennen, wonach Tiere mit höherer Milchleistung und höherer Energieaufnahme auch ein höheres Risiko für Erkrankungen aufweisen.

Empfehlung von züchterischen Maßnahmen für Umsetzung in die Routine

Aufbauend auf der Züchterumfrage (Steininger, 2013), Auswertungen zur optimalen Lebendmasse und Nährstoffeffizienz als auch auf Ergebnissen zu genetischen Trends und genetischen Zusammenhängen zwischen Lebendmasse, Effizienz und den Merkmalen aktuell im Zuchtziel (GZW) wurden Empfehlungen für die praktische Umsetzung ausgearbeitet. Die Ergebnisse, die auf Daten von 167 Praxisbetrieben in Österreich und umfangreichen Daten von Versuchsbetrieben beruhen, zeigen, dass der Zusammenhang zwischen Lebendmasse und Milchleistung (ECM) nicht linear ist und es sowohl bei der Lebendmasse- als auch bei der Nährstoffeffizienz Optimalbereiche gibt. Kühe mit mittlerer Lebendmasse sind im Durchschnitt die effizienteren Tiere. Diese nichtlinearen Zusammenhänge dürften auch die

Ursache für die phänotypischen und genetischen Korrelationen um null für ECM und Lebendmasse sein. Die Ergebnisse zeigen auch, dass bei der aktuellen Zusammensetzung des Gesamtzuchtwertes eine leichte Verringerung der Lebensmasse zu erwarten ist. Ergebnisse aus Versteigerungsdaten über die letzten 15 Jahre bestätigen diesen Trend. Um die Futtereffizienz in Relation von Input zu Output berücksichtigen zu können, sind Merkmale zur Lebendmasse, Milchleistung, Futter- und Nährstoffaufnahme, aber auch zur Mobilisierung und dem Gesundheitsstatus wichtig. Da unter aktuellen Praxisbedingungen tierindividuelle Futteraufnahmedaten nicht verfügbar sind, wurde bei der Empfehlung zur Umsetzung in die Praxis der Schwerpunkt auf kurz- bis mittelfristige umsetzbare Maßnahmen gelegt. Die Analysen zeigen, dass die Lebendmasse in Kombination mit der Milchleistung bereits einen wesentlichen Teil der Futtereffizienz beschreibt. Für die Umsetzung in die Praxis wird ein Zuchtwert Lebendmasse und ein Monitoring der Lebendmasseentwicklung empfohlen. Entscheidend für die Futtereffizienz ist auch die Mobilisierung. Es wird empfohlen, bereits verfügbare Daten aus dem Stoffwechselbereich für die Berechnung eines Stoffwechselindex zu nutzen und Maßnahmen zu setzen, um in Zukunft auch Parameter zu subklinischen Erkrankungen züchterisch nutzen zu können. Die Ergebnisse aus Efficient Cow zeigen auch die Bedeutung der züchterischen Verbesserung der Klauengesundheit. Im ersten Schritt wird die Bereitstellung eines Klauengesundheits-Zuchtwerts basierend auf tierärztlichen Diagnosen und Daten aus der linearen Nachzuchtbeschreibung empfohlen. Ein wichtiger weiterer Schritt ist die Einbeziehung von Daten aus der Klauenpflege. Die Ergebnisse aus dem Projekt zeigen auch, dass Daten aus Managementwerkzeugen wie Lahmheits- oder Körperkonditionsbeurteilung züchterisch wertvoll sind. Damit in Zukunft auch genomische Zuchtwerte für neue Merkmale aus dem Bereich Lebendmasse, Stoffwechsel, Klauengesundheit, Gesundheit allgemein als auch hinsichtlich Effizienzmerkmale entwickelt und bereitgestellt und dadurch der Zuchtfortschritt in diesen Merkmalen beschleunigt werden kann, ist es wichtig, dass solche Daten wenn möglich in der Breite, aber auf jeden Fall in Kuhlernstichproben in Kombination mit den Genotypen der Kühe erfasst werden.

Modellierung von Effekten einer unterschiedlichen Effizienz auf Ebene Einzeltier auf Umweltwirkung

Werden die Ökobilanzergebnisse auf die funktionale Einheit „1 kg Milch“ mit Berücksichtigung von Umweltwirkungen auf das Koppelprodukt Fleisch (von Altkuh und Kälbern) bezogen, stellen sich effizientere Kühe, d.h. die besten 20 % Kühe hinsichtlich der Futterverwertung je kg Milch am 100. Laktationstag gegenüber ihren Herdendurchschnitten als günstiger dar. Die effizienteren Kühe zeigen die größten Vorteile in den Indikatoren *Konzentratfutter-Ackerflächenbedarf* mit einer Reduktion von 8,3 % im Mittel der 18 analysierten Produktionssysteme gegenüber den Herdendurchschnitten, gefolgt vom *Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie* mit -7,4 %. Das *Treibhauspotenzial*, das *Eutrophierungs*- und das *Versauerungspotenzial* weisen dagegen mit -4,3 %, -4,2 % und -2,0 % im Durchschnitt deutlich geringere produktbezogene Einsparungen der effizienteren Kühe auf.

Bei der Betrachtung je Hektar bewirtschafteten Landes sind für manche Produktionssysteme bei einigen Umweltwirkungen Nachteile für die effizienteren 20 %-Kühe zu finden. Dies gilt v.a. für die drei Indikatoren *Treibhauspotenzial*, *Eutrophierungs*- und *Versauerungspotenzial.* Der Grund für geringeres Minderungspotenzial bei diesen Indikatoren liegt einerseits in der Überlagerung durch unvermeidliche bzw. relativ konstante Hintergrundemissionen, die sich nicht direkt proportional zum Futterbedarf oder zur Leistungsveränderung verhalten. Andererseits werden bei günstigerer Futterverwertung infolge höherer Leistung höhere Nährstoffmengen aufgenommen bzw. ausgeschieden und deren Emissionen verteilen sich bei effizienteren Tieren oft auf geringere Flächen, die durch energiedichtere Rationen bedingt sind. Bio-Produktionssysteme weisen laut vorliegenden Berechnungen – mit wenigen Ausnahmen wie z.B. des Heumilch-Produktionssystems beim Treibhauspotenzial – insgesamt eher günstige Umweltwirkungen auf.

Je geringer die Umweltwirkungen für den Herdendurchschnitt (beispielsweise im Vergleich zum Österreich-Durchschnitt) bereits liegen, desto schwieriger wird es, noch geringere Umweltwirkungen durch effizientere Kühe zu erreichen. Im nationalen und internationalen Vergleich liegen die Ergebnisse für die betrachteten Herdendurchschnitte und die effizienteren Kühe gut, soweit dies aus anderen Studien (mit teilweise anderen Berechnungsmethoden und Systemgrenzen) abgeleitet werden kann.

Aus der statistischen Auswertung resultiert als wichtigster Einflussfaktor auf die Effizienz der Milcherzeugung eine günstige Futterverwertung, die vor allem mit der Laktationsleistung (bzw. Lebensleistung), mit der Rationsgestaltung (Anteile Silomais und Kraftfutter) sowie, untergeordnet, auch mit der Lebendmasse der Kühe in Verbindung stehen. Die Ökobilanz wird günstiger, wenn Laktations- und Lebensleistungen überdurchschnittlich ausfallen, d.h. ein geringerer Futterbedarf je kg ECM über den Lebenszyklus vorherrscht, wenn die Lebendmasse bei ähnlicher Leistung geringer ist und wenn Emissionen der Futterbereitstellung geringer sind.

2 Summary

In the project Efficient Cow, data from 167 dairy farms with approximately 5,400 dairy cows from Fleckvieh (Simmental), Brown Swiss and Holstein Friesian breeds of Austria and data from research institutes were used to analyze and optimize breeding possibilities for improved production efficiency and environmental impact of Austrian dairy farming. In the first step, very extensive animal and farm specific data were recorded during the calendar year 2014. In further steps, questions were analysed about the prediction of body weight, body weight and nutrient efficiency, definition and analysis of breeding possibilities of the new efficiency traits, genetic correlations between efficiency and health as well as the potential for improving the environmental impact by "more efficient" cows.

Work package 1: Data recording

To organise the data capture within this project a special work package was created. A total of 167 farms with more than 5,400 cows belonging to the breeds Simmental-Fleckvieh, Brown-Swiss and Holstein Frisian took part in the project. After the creation of the data capture form sheets, electronic possibilities for entering data direct on farm and the training of the recording technicians, data recording took place in 2014.

In addition to the routinely collected milk performance data, veterinary diagnoses were recorded at least one year before the start of the project until the end of the project to describe the health status of the herd and as basic for planed evaluations.

The farmer was asked to check the milk for ketoses on days 7 and day 14 after calving. Hoof trimming, animal based health observations, information about pasturing and feeding of fresh grass as well as changes in the feed stock had to be recorded by the farmer, too.

Specially trained technicians of the recording organisation recorded body weight, chest and waist circumference, muscling-, body condition- and lameness scores on the day of milk recording or a few days after for all cows of the herd. Fed feedstuff and animal specific concentrates were recorded, too. To get an overview about the roughage situation eight feed samples were taken on each farm and analysed in the lab. To improve data quality the hygienic situation of the feed storage was described at each sampling. To get a full overview for the usage of cattle feed an inventory of all used feedstuff was created at the beginning and the end of data capture. Finally the cattle housing conditions and the size and use of the arable land of the farm were recorded.

The employees of the breeding organisation had to do the breed specific linear scoring for all the cows and to keep the following measurements three times within the project: rear height, back length, rump length, body depth, front and rear rump width and the rear body width. In addition they were responsible to take the tissue samples for genotyping the Simmental-Fleckvieh and Brown-Swiss cows within the project Gene2Farm.

During the data capture period a continuous monitoring was carried out to ensure completeness and plausibility of the data. All the data were on farm recorded either by using

electronic devices or on paper and were continuously entered into the database by specially developed tools. After this the collected data were provided to other work packages of the project.

At the end feedback reports for the participating farmers were created to give an overview of their herd results. The final data reports were presented and discussed at regional meetings with the farmers. This step provided some management benefits to the farmers and was very useful to keep them motivated during the whole time of data capturing.

Work package 2: Prediction of body weight

The objective of work package 2 was to predict live weight using body measurements or BCS under consideration of breed, parity and stage of lactation. When live weight was estimated with a single body measurement, heart girth, belly girth and hip width predicted live weight most accurately with a root mean square error of 39.0, 39.3 and 49.9 kg. The remaining body measurements and BCS could not reach a root mean square error lower than 50.0 kg. Combining heart girth and belly girth in Modell $_{BU\ BA}$ reduced estimation error further to 32.5 kg and the addition of hip width further to 30.4 kg. The validation of the two selected models Modell $_{BU\ BA}$ and Modell $_{BU\ BA\ VBB}$ showed, that on average 99.6 % of the variation between predicted and observed live weight was caused by random. This means that the two prediction models estimate live weight in a valid way and without systematical estimation error. Heart girth and belly girth, however, have to be measured additionally to the currently taken body measurements of linear description.

Work package 3: Optimal body weight

The objective of work package 3 was firstly to describe the most important factors influencing nutrient efficiency and secondly to determine the optimal body weight for the highest nutrition efficiency. The investigation of optimal body weight was based on the data of the project farms and on the data of 10 research institutes of the study of Gruber et al. (2004).

A novel encoding system of diets and diet components as well as special calculation modules had to be developed for the estimation of feed intake. Therefore it was possible to estimate feed intake considering differing feeding systems and diet compositions of the farms.

The diets of the project farms showed an emphasis on permanent grassland especially on grass silage and generally on preserved forage components as well as the high production level of the farms. Concentrate supply was mostly adapted to individual requirements. 44.3% of records belonged to pure forage diets combined with separately fed concentrate (SEP), 42.3% belonged to partial mixed rations (PMR), and 12.0% belonged to total mixed rations (TMR). The forage components of the ration types SEP, PMR and TMR consisted on average of more than 50% grass silage. In PMR and TMR the highest average proportion of maize silage was found with 30% of total forage components. Pasture and pure forage diets had only little importance.

The results of the investigation of nutrient and efficiency parameters revealed an increasing milk yield, feed and nutrient intake and efficiency with increasing genetic merit for milk performance from Fleckvieh (FV) over FV-groups with increasing proportion of Red Holstein to Holstein-Friesian (HF). HF had highest milk yield (29.5 kg ECM/d), while Brown Swiss (BS) and FV produced lower but similar amounts (26.7; 26.6 kg/d). HF produced 1.395 kg ECM/kg DM, FV und BS 1.325 kg ECM/kg dry matter intake. BCS and body weight decreased with increasing genetic merit from FV to HF (FV 727 kg, 3.41 Pts.; BS 655 kg, 2.94 Pts.; HF 657 kg 2.63 Pts.). The most efficient high genetic merit groups HF and FV_RH5075 lost more body weight and BCS during lactation but recovered during lactation due to a higher concentrate level.

The relationship between milk yield and body weight was found to be non-linear. Heavy cows produced less milk than cows of medium body weight. The milk yield of FV increases degressive until a weight of 800 kg, the yield of HF and BS until 750 kg. After this peak performance decreased clearly especially of HF and BS.

Therefore an optimal body weight for highest nutrient efficiency exists. The optimal range of body weight is for BS and HF between 550 and 700 kg, for FV between 500 and 750 kg. Body weight influences the efficiency of the dairy breeds BS and HF more than of the dual-purpose breed groups. Efficiency of FV hardly changes in a wider body weight range. FV weighed 728 kg, HF 657 kg and BS 655 kg. Thus HF and BS have currently reached their optimum of nutrient efficiency. FV, however, is located in the optimum range of body weight, but nearly at its end at 750 kg.

Therefore a further increase of body weight of all breeds with regard to nutrient efficiency cannot be recommended. Furthermore heavier cows need a higher milk yield and therefore a higher concentrate level to reach efficiency of smaller cows.

The consideration of body weight change (LWC) and energy balance in the investigation of optimal body weight (dataset research institutes) revealed that the efficiency of FV and especially of very light FV cows rises, whereas HF had a loss of efficiency in the optimal range of body weight. So the differences between the breeds became smaller. This shows that efficiency of HF is based on a higher proportion of mobilized body fat. The consideration of mobilizing and regaining body tissue did not change the optimum itself. So the optimal animals remained the same.

Work package 4: Genetic parameters for efficiency traits and their relationship to the other traits in the Total Merit Index

The aim of work package 4 was the estimation of genetic parameters for body weight and further selected efficiency related traits for Fleckvieh, Brown Swiss and Holstein that were recorded in the Efficient Cow project. A further focus was on the possible development of a routine genetic evaluation by means of recorded body weights and measurements or results from linear scoring. First test-runs for a genetic evaluation were made.

The efficiency parameters that were considered apart from energy-corrected milk (ECM), body weight (LM), dry matter intake (DMI) and energy intake (INEL) were ECM_$LM^{0.75}$,

DMI_LM$^{0.75}$, ECM_DMI, and LE_INEL (output of milk energy MJ LE divided by total energy input MJ INEL). For Fleckvieh, the heritabilities ranged from 0.11 for LE_INEL to 0.43 for body weight, similar results were found for Brown Swiss and Holstein. Low negative genetic correlations were observed for ECM and LM (-0.15 to -0.27), medium to high positive correlations between ECM and all other efficiency traits. DMI, INEL and LM would be highly interesting traits for monitoring. Selection for ratio traits like ECM_DMI and LE_INEL should however be treated with caution.

As body weight is not routinely available, genetic relationships between body weight and various body measures were analyzed. The highest genetic correlations were found between LM and chest and belly circumference. Genetic correlations to further body measurements were also high. In Holstein, dairy character was clearly negatively related with LM. In first genetic evaluation test runs, for body weight, a stable genetic trend was observed for Fleckvieh and Brown Swiss. Reliabilities were rather high due to the high heritabilities of traits. Average reliabilities could be increased by 1.8% when including auction weights. When breeding values were estimated by the sole use of body measurements, the average reliability of AI-bulls was 11 and 15 % lower in Fleckvieh and Brown Swiss, respectively. Muscling score as an additional auxiliary trait reduced the decrease in reliability to 8%, and chest circumference as a further trait to 4%. Breeding value correlations showed that correlations were about 0.80 when using body measurements and muscling score only. For management purposes, linear scoring data are however rather poor predictors of phenotypic body weight.

Breeding value correlations further show that body weight and total merit index (TMI) are more or less uncorrelated. When selecting based on TMI, no considerable changes in body weight should be expected. The correlation to dairy traits is close to zero with a slight negative relationship to content yields. As expected, genetic relationships to the beef traits net daily gain and beef conformation are positive. In tendency, negative correlations were observed to fitness-related traits, in particular for longevity, calving ease maternal, persistency and vitality of calves.

Work package 5: Relationship between efficiency and health traits

In work package 5 the breeding possibilities for the improvement of novel health traits were analyzed. An important area is the metabolism, which is often underestimated in practice. High milk production is often accompanied by a negative energy balance at the beginning of lactation. In this phase with high mobilization, several metabolic diseases occur more frequently. Therefore, when improving efficiency, it is important not to select those animals that produce more output (milk, meat) per input (feed), but achieve this efficiency through increased mobilization associated with higher disease frequencies. Negative energy balances also manifest themselves partly in claw diseases. Therefore the area of claw health was also of interest. The results from the project showed that different management tools, such as the ketotest, body condition or even lameness scoring, are also valuable information for breeding purposes. In general, an index is recommended to improve metabolic stability and claw health in which direct and indirect traits are combined. Phenotypic relationships

between BCS, ketotest and diseases showed that BCS losses at the beginning of lactation increase the risk of metabolic diseases and that subclinical ketoses increase the risk of further diseases. The genetic analyses showed a trend that animals with higher milk yield and higher energy intake also have a higher risk of diseases.

Work package 6: Recommendations for implementation in breeding

Based on a breeder survey (Steininger, 2013), evaluations of the optimal body weight and feed efficiency, as well as on results on genetic trends and genetic relationships between body weight, efficiency and traits in the total merit index, recommendations for the implementation in practice were worked out. The results, which are based on data from 167 farms in Austria and extensive data from research stations, showed that the relationship between body weight and milk yield (ECM) is non-linear and there are optimal areas for both body weight and feed efficiency. Cows with an average body weight are on average the more efficient animals. The non-linear relationship is most likely also the reason for the near zero genetic correlation between ECM and body weight. The results also showed that a slight reduction in body weight is to be expected with the current total merit index. Results from auction data over the past 15 years confirmed this trend. In order to consider feed efficiency, the knowledge of body weight, milk yield, feed and nutrient intake, but also mobilization and health status are important. Since animal-specific feed intake data are not available under current practical conditions, the focus of the recommendations is on short and medium-term measures. The analyses showed that body weight in combination with milk yield already describe a substantial part of feed efficiency. For the implementation, a breeding value for body weight and a monitoring of the body weight development is recommended. Crucial for feed efficiency is the mobilization of body reserves. For the calculation of a metabolic index it is recommended to use already available metabolic data and to take measures to enable the recording of subclinical diseases in the future. The results from Efficient Cow also showed the importance of the genetic improvement of claw health. In a first step, the publication of a claw health breeding value based on veterinary diagnoses and data from linear type traits is recommended. An important further step is the inclusion of data from hoof trimmers. The results from the project also showed that data from management tools such as lameness or body condition scoring are valuable for breeding purposes. In order to enable genomic breeding values for new traits (e.g. body weight, metabolism, claw health and health in general as well as efficiency traits) to be developed in the future, it is important that such data are recorded, preferably nationwide, but in any case in cow calibration samples in combination with the genotypes of the cows.

Work package 7: Modelling of efficiency to analyse possible environmental impact

More efficient cows (i.e. ranked among the best 20 % according to feed efficiency at 100 days in milk for each herd) are superior over their herd average if their environmental impact is related to milk quantity as the functional unit and if by-products (beef from cull cows and calves) are accounted for. On average for the 18 different production systems, more efficient cows show the biggest advantages for the indicators *Land use for concentrate production* (-8.3 %) and *(non renewable) Primary energy* use (-7.4 %). Smaller differences

were found for *Global warming potential* (-4.3 %), *Eutrophication* (-4.2 %) and *Acidification potential* (-2.0 %). For the latter three indicators and only in some production systems, the more efficient (20 %) of cows may actually show greater impacts related to the area of land used for dairy production. This is partially caused by relatively constant background emissions which are not directly proportionate to required feed quantity or to level of milk yield. Furthermore, if improved feed efficiency is a consequence mainly of increased milk yield, the cows will still consume more nutrients from nutritionally dense diets, which means that the emissions will be distributed over a smaller land area. With few exceptions (such as *Global warming potential* of haymilk production), organic dairy production systems generally show lower environmental impacts than their conventional counterparts.

The lower the environmental impact of a standard dairy production system (e.g. in comparison to the national average), the more difficult it will be to further mitigate the impact by utilising more efficient cows. Compared to other studies, the results presented herein indicate relatively favourable environmental performance. However, comparability may be limited due to different methodological approaches or system boundaries.

Among the driving factors for environmental impact, feed efficiency seems to be most important. It is, in turn, connected to lactation (or lifetime) milk yield, type of ration (mainly dietary proportion of maize silage and concentrates) and – to a lesser extent – the body weight of the cows. The environmental impact of milk production improves with above-average lactation and lifetime milk yield, which are connected to improved lifetime feed efficiency, with decreasing live weight at similar milk yield and with reduced emissions from feed production.

3 Einleitung

Die Ernährung der wachsenden Weltbevölkerung mit aktuell ca. 7,4 Milliarden Menschen und zu erwartenden 9,6 Milliarden Menschen in 2050 (FAO, 2013) und der Klimawandel stellen die großen globalen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts dar. Ein effizienter Einsatz der Ressourcen wird nicht nur aus Gründen von Klimaschutzaspekten, sondern auch aus wirtschaftlichen Aspekten immer wichtiger.

Eine Züchterumfrage im Rahmen des Projektes OptiGene im Jahr 2012 zeigte für österreichische und deutsche Rinderzüchter, dass Themen wie Klauen-Gesundheit, Stoffwechselstabilität und Futter-Energieeffizienz zu den wichtigsten Merkmalskomplexen gehören, wo an züchterischen Verbesserungen gearbeitet werden soll (Egger-Danner et al. 2015).

Um die Möglichkeiten zur Verbesserung von Effizienzmerkmalen in der österreichischen Rinderzucht zu analysieren und eine bessere Einschätzung des Beitrags einer Effizienzsteigerung zur Minderung der Umweltwirkungen der Rinderhaltung unter österreichischen Produktionsbedingungen zu ermöglichen, wurde das Forschungsprojekt

„Efficient Cow – Analyse und Optimierung der Produktionseffizienz und der Umweltwirkung in der österreichischen Rinderwirtschaft“ durchgeführt.

Um relevante Ergebnisse für österreichische Produktionsbedingungen zu erhalten, war es wichtig, dass Daten von landwirtschaftlichen Betrieben aus unterschiedlichen Produktionsgebieten für die Analysen genutzt werden konnten. Daher wurde eine breite Datenerfassung von sehr umfassenden für die Beschreibung der Effizienz wichtigen Merkmalen durchgeführt. Genauere Informationen siehe Arbeitspaket 1 – Datenerfassung. Da aufgrund verschiedener Vorarbeiten und Publikationen zu erwarten ist, dass die Lebendmasse ein wichtiger Parameter für die Effizienz darstellt, aber angenommen wird, dass Wiegen in der Praxis schwer umsetzbar ist, wurde in Arbeitspaket 2 die Lebendmasse mit unterschiedlichen Körpermaßen unter Berücksichtigung von Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium modelliert, um die Einflussfaktoren auf die Lebendmasse zu identifizieren und eine valide Schätzformel zu entwickeln. Arbeitspaket 3 hatte zum Ziel, Zusammenhänge zwischen Effizienzmerkmalen und der Lebendmasse von Kühen zu untersuchen. Dieses Arbeitspaket beschäftigte sich auch mit der Erhebung der Fütterungsdaten und deren Verbindung zur Futteraufnahmeschätzung sowie mit den daraus berechneten Nährstoff- und Effizienzparametern. Neben der Untersuchung des Einflusses der Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium wurde die optimale Lebendmasse analysiert. Zusätzlich dazu wurde in Arbeitspaket 3 die optimale Lebendmasse auch anhand des umfangreichen Datenmaterials von Forschungsinstituten aus Deutschland, Österreich und der Schweiz mit tatsächlich erhobener Futteraufnahme untersucht (Gruber et al., 2004). In Arbeitspaket 4 wurden die genetischen Parameter der Effizienzmerkmale und deren Zusammenhänge zu den anderen Merkmalen im Gesamtzuchtwert analysiert. Daten aus der linearen Beschreibung und von Lebendmassen von Versteigerungen wurden für die Schätzung von Zuchtwerten für Lebendmasse verwendet und deren Potential als Hilfsmerkmal für die Abschätzung der Nährstoffeffizienz analysiert. In Arbeitspaket 5 war es das Ziel, die züchterischen Möglichkeiten von verschiedenen Datenquellen für die Bereiche Stoffwechselstabilität und Klauengesundheit zu analysieren. Ein Kernthema war die Analyse des genetischen Zusammenhanges zwischen Lebendmasse, Effizienz und Gesundheitsmerkmalen. In Arbeitspaket 6 wurden die Möglichkeiten einer züchterischen Umsetzung diskutiert und Empfehlungen für die Umsetzung in die Praxis abgeleitet. Arbeitspaket 7 hatte zum Ziel, die Effekte einer unterschiedlichen Effizienz auf der Ebene Einzeltier auf die Treibhausgas-Emissionen relevanter Milchproduktionssysteme in Österreich zu modellieren um so Verbesserungspotentiale besser einschätzen zu können.

4 Projektorganisation

4.1 Projektpartner

Projektträger: Zentrale Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Rinderzüchter (ZAR)/ Rinderzucht AUSTRIA, Dresdner Straße 89/19, 1200 Wien: www.zar.at

Projektkoordination: Dr. Christa Egger-Danner, ZuchtData

Projektpartner:

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung (www.raumberg-gumpenstein.at): Univ.-Doz. Dr. Leonhard Gruber

Universität für Bodenkultur Wien (BOKU), Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Nutztierwissenschaften (www.nas.boku.ac.at/nuwi.html): PD Dr. Birgit Fürst-Waltl, Dr. Stefan Hörtenhuber, DI Maria Ledinek, DI Christina Pfeiffer, Dr. Alfons Willam, Ao.Univ.-Prof. Dr. Werner Zollitsch, BOKU

Veterinärmedizinische Universität: Univ. Prof. Dr. Johann Kofler, Dr. Johann Burgstaller, Dr. Walter Obritzhauser

ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH (www.zuchtdata.at):
Dr. Christa Egger-Danner, Dr. Christian Fürst, DI Franz Steininger, Dr. Astrid Koeck, Dr. Roswitha Weissensteiner, Dr. Hermann Schwarzenbacher, GF Ing. Martin Mayerhofer

Landeskontrollverbände (www.lkv.at): DI Karl Zottl

Arbeitsgemeinschaft österreichischer Fleckviehzüchter (www.fleckvieh.at)

Arbeitsgemeinschaft der österreichischen Braunviehzuchtverbände (www.BraunviehAustria.at)

Holstein Austria (www.holstein.at)

Landwirtschaftskammer Österreich (www.lko.at)

4.2 Arbeitspakete

Der Endbericht ist nach Arbeitspaketen gegliedert. Wenn Ergebnisse aus dem Projekt bereits publiziert wurden, ist im Hauptdokument des Endberichtes nur eine Kurzzusammenfassung dargestellt. Die Publikationen finden sich im Anhang oder sind über den angegebenen Link im Internet verfügbar.

Verantwortlich für die folgenden Arbeitspakete zeichneten:

AP1: Datenerfassung auf Pilotbetrieben (Zottl)

Außerhalb des geplanten und budgetierten Projektes wurden für die teilnehmenden Betriebe Managementauswertungen entwickelt und zurückgeliefert. Für diesen Teil war DI Franz Steininger verantwortlich.

AP2: Schätzung der Lebendmasse mit Hilfe des Körpermaßes Brustumfang und ev. anderer Körpermaße wie Bauchumfang, Kreuzhöhe und BCS (Gruber)

AP3: Ableiten der optimalen Lebendmasse zur Erzielung der höchsten Nährstoffeffizienz (Gruber)

DI Maria Ledinek war im Rahmen der Schätzung der Trockenmasse– und Energieaufnahme auch für die strukturierte Erfassung und Bewertung der Rationen zuständig

AP4: Schätzung der genetischen Parameter für Effizienzmerkmale und die genetischen Zusammenhänge zu den Merkmalen im GZW und Exterieur/lineare Beschreibung (Fürst-Waltl)

Zusätzlich zu Dr. Fürst-Waltl waren in diesem Arbeitspaket auch Dr. Christian Fürst, Dr. Astrid Köck und Dr. Christina Pfeiffer tätig.

AP5: Zusammenhang Effizienz und Gesundheit (Egger-Danner)

Genetische Fragen in diesem Arbeitspaket wurden von Dr. Egger-Danner Kooperation mit Dr. Birgit Fürst-Waltl und Dr. Astrid Koeck erarbeitet; verschiedene andere Fragestellungen wurden in Zusammenarbeit mit der Universität für Bodenkultur und der Veterinärmedizinischen Universität, Wien im Rahmen von Masterarbeiten untersucht.

AP6: Züchterische Berücksichtigung und Grundlage für Entscheidungsträger bezüglich weiterer Vorgangsweise (Fürst)

Die wirtschaftlichen Gewichte wurden von Dr. Birgit Fürst-Waltl abgeleitet, die Zuchtplanungsrechnungen von Dr. Egger-Danner und Dr. Alfons Willam durchgeführt und die Empfehlungen für die praktische Umsetzung vom Projektteam gemeinsam ausgearbeitet.

AP7: Modellierung der Effekte der unterschiedlichen Produktionseffizienz auf der Ebene Einzeltier auf die Treibhausgas-Emissionen relevanter Milchproduktionssysteme (Zollitsch)

Dieses Arbeitspaket wurde von Ao.Univ.-Prof. Dr. Werner Zollitsch und Dr. Stefan Hörtenhuber erarbeitet. Unterstützung hinsichtlich Datenbereitstellung erfolgte durch DI Franz Steininger.

AP8: Projektmanagement und Kommunikation (Egger-Danner)

Die Arbeiten wurden im Team erledigt, wodurch es auch zu Verschiebungen in den Arbeiten der beteiligten Personen zwischen den Arbeitspaketen gekommen ist. Aufgrund des sehr hohen Aufwandes bei der Datenerfassung und Datenaufbereitung, mussten zusätzliche personelle Ressourcen außerhalb der budgetierten Projektmittel sowohl für Datenerfassung- und Aufbereitung als auch Auswertungen bereitgestellt werden. Über Kooperationen mit den Universitäten konnten spezifische Fragestellungen im Rahmen von Masterarbeiten durchgeführt werden.

Projektlaufzeit: Das Projekt wurde am 1.12.2012 gestartet und endet mit 30.11.2016.

5 Arbeitspaket 1: Datenerfassung auf Pilotbetrieben

5.1 Ziele und geplante Maßnahmen

- M1: Konzeption der Datenerfassung
- M2: Findung und Information der Pilotbetriebe
- M3: Entwicklung der Logistik für Sammlung der Gewebeproben für Genotypisierung
- M4: Programmierung der notwendigen Erfassungsmöglichkeiten im RDV
- M5: Ausarbeitung von Schulungsunterlagen und Schulung der für die Datenerfassung zuständigen Mitarbeiter der Landeskontroll- und Zuchtverbände
- M6: 1-jährige Datenerfassung auf den Pilotbetrieben und laufendes Monitoring der Datenerfassung
- M7: Probennahe und Analyse der eingesetzten hofeigenen Grundfuttermittel
- M8: Gewebeproben sammeln und Genotypisierung der Tiere im Rahmen des Projektes Gene2Farm (nur Fleckvieh und Braunvieh) bzw. Einlagern der Proben (Holstein)
- M9: Rückmeldung der gesammelten Rohdaten an Betriebe zur Qualitätskontrolle
- M10: Entwicklung von Auswertungen für Pilotbetriebe

5.2 Zusammenfassung

Um die umfangreiche Datenerfassung in diesem Projekt zu organisieren, wurde sie als eigenes Arbeitspaket definiert. Es wurden insgesamt 167 Betriebe mit über 5.400 Kühen der Rassen Fleckvieh, Braunvieh und Holstein gewonnen, an diesem Projekt mitzuarbeiten. Nach der Gestaltung der Erfassungsformulare und Einschulung der LKV-Mitarbeiter konnte die Erfassung im Kalenderjahr 2014 durchgeführt werden.

Es wurden neben den in der Routine der Milchleistungsprüfung erhobenen Daten zusätzlich von allen Betrieben zumindest ein Jahr vor dem Projektstart bis zum Ende der Datenerfassung auch alle aufgelaufenen tierärztlichen Diagnosen zur Abbildung des Gesundheitsstatus und als Datengrundlage für die Auswertung erfasst.

Durch den Landwirt waren zudem Ketosetests (7 und 14 Tage nach der Abkalbung) durchzuführen und Dokumentationen aller Klauenpflegemaßnahmen, tierbezogener Beobachtungen, von Weide und Grünfutter sowie die Zu- und Abgänge an Futtermitteln zu erfassen.

Über das gesondert eingeschulte LKV Personal wurden zu jedem Probemelken Gewicht, Brustumfang, Bauchumfang, Bemuskelungsnote, Körperkondition und Lahmheitsnote von allen Kühen erhoben. Am Tag des Probemelkens wurden die verfütterte Ration und die tierindividuellen Kraftfuttermengen festgehalten. Zur Abbildung der Grundfuttersituation wurden von jedem Betrieb acht Grundfutterproben gezogen und analysiert. Im Zuge dessen wurde auch der Hygienestatus des Grundfutters festgehalten. Ergänzt wurde diese Information durch die Inventur des Futtermittellagers zu Beginn und am Ende der Projektperiode und mit einer genauen Beschreibung der Betriebsstruktur und der Haltungsbedingungen.

Die Mitarbeiter der Zuchtverbände erfassten die rassenspezifische linearen Merkmale aller Kühe sowie in der Projektperiode 3malig die Stockmaße Kreuzhöhe, Mittelhandlänge, Beckenlänge, Rumpftiefe, Beckenbreite vorne und hinten sowie die hintere Körperbreite und führten die Gewebeprobensammlung für die Genotypisierung durch. Kühe der Rassen Fleckvieh und Braunvieh konnten im Rahmen des Projektes Gene2Farm bereits genotypisiert werden. Die Gewebeproben der Rasse Holstein wurden eingelagert und stehen für eine spätere Genotypisierung zur Verfügung.

Begleitet wurde die Datenerfassung durch ein umfassendes Monitoring. Damit wurde die Vollständigkeit und Plausibilität der Daten abgesichert. Diese umfangreichen Daten wurden teilweise EDV technisch und wo nötig auf Papier festgehalten und laufend in die Datenbank mittels im Projekt entwickelter Erfassungsmasken eingegeben, damit sie für alle weiteren Projektschritte zur Verfügung standen.

Zusätzlich wurden für die teilnehmenden Betriebe Berichte mit betriebsindividuellen Auswertungen generiert und dieser Abschlussbericht zur Datenerfassung in landesweiten Veranstaltungen den Landwirten erklärt und übergeben. Gerade diese Zwischeninformation trug wesentlich zur Motivation der Betriebe bei.

5.3 Einleitung

Im Jahr 2013 wurde das Projekt bei den LKV Mitgliedsbetrieben beworben. Das starke Interesse der Betriebe bestätigte die Ergebnisse der 2012 durchgeführte Züchterbefragung (Steininger et al. 2012, Steininger 2013), dass die Entwicklung einer Zuchtwertschätzung für Nährstoffeffizienz in Milchproduktion gefordert wird. Da das Interesse der Landwirte die Erwartung deutlich überschritt, war es möglich, auf eine ausgewogenen Verteilung der Betriebe über die einzelnen Produktionsgebiete und –verfahren zu achten. Somit konnte eine möglichst repräsentative Stichprobe an Pilotbetrieben für die Datenerfassung erstellt werden.

Die mit der Datenerhebung betrauten Mitarbeiter wurden entsprechend ihrem Anforderungsprofil geschult und auf deren Aufgabe vorbereitet. Dies war wie weiter unten dargestellt ein wichtiger Erfolgsfaktor, da so sichergestellt wurde, dass die Ergebnisse bei subjektiven Merkmalen wie Lahmheitsscore und Futterhygiene vergleichbar sind und auch eventuell ergebnisbeeinflussende Tätigkeiten, wie zum Beispiel die Entnahme von Proben für die Futtermittelanalyse, mit gleichbleibender Qualität durchgeführt wurden.

Ein weiterer wichtiger Schritt war die Umsetzung eines Monitorings der Datenerhebung und die Entwicklung von Rückmeldungen an die teilnehmenden Landwirte. So konnten einerseits den Landwirten bereits während der Projektlaufzeit wertvolle Informationen für das Management angeboten und deren Motivation zur Mitarbeit gestärkt werden, sowie andererseits diese Auswertung zur Korrektur möglicher Erfassungsfehler genutzt werden.

Von grundlegender Bedeutung war die Fixierung der Datenlogistik, damit Erfassung, Eingabe und in weiterer Folge die Verarbeitung aller im Projekt erhobenen Daten nachvollziehbar und sicher erfolgen konnte. Es zeigte sich sehr rasch, dass für die verschiedenen Themen und

Merkmalsblöcke separate Formulare entwickelt werden mussten und ergänzend zur Erfassung im RDV eine Archivierung der Papierformulare vorteilhaft war.

5.4 Durchführung und Organisation der Datenerfassung

Im ersten Projektjahr wurde bis in den Herbst 2013 die Datenerfassung gemeinsam mit den Mitarbeitern der Kontrollverbände und den beteiligten Wissenschaftlern geplant und die notwendigen Formulare entwickelt. Im Rahmen der Planung der Datenerfassung wurden der aktuelle Stand der Wissenschaft und die gängige Praxis in der Leistungsprüfung ausführlich studiert, diskutiert und darauf aufbauend möglichst effiziente Methoden der Datenerfassung im Feld fixiert. Insgesamt entstanden in diesem Prozess aufgrund der vielfältigen Beobachtungsbereiche 20 verschiedene Formulartypen, die bei der Erfassung der Daten zur Anwendung kamen. Die angewandten Prozeduren und Standardisierungen der Datenerfassung basieren auf folgende Quellen:

- aktueller Standard der Leistungsprüfung: ICAR (2016)
- Körpermaße gemäß gängiger Praxis zur linearen Beschreibung im Rahmen der Leistungsprüfung (rassenspezifisch). In Absprache mit Wissenschaftlern wurden einige zusätzlich Merkmale definiert.
    - Lineare Beschreibung: ZAR (2004), World Simmental Fleckvieh Federation (2016), Deutscher Holstein Verband (2016)
    - Body Condition Scoring: Häusler (2006)
    - Lahmheits-Scoring: Sprecher et al. (1997)
    - hintere Körperbreite: In Absprache mit Univ.-Doz. Dr. Leonhard Gruber (HBLFA Raumberg-Gumpenstein) wurde ein zusätzliches Maß für Körperbreite definiert (siehe Schulungsunterlagen im Anhang).
- Gesundheitsdatenerfassung: ZAR (2012)
- Erfassung der Futtermittel-Hygiene: In Anlehnung an Wiedner et al. (2012) und in Absprache mit Ing. Reinhard Resch (HBLFA Raumberg-Gumpenstein) wurde für das Projekt Efficient Cow eine praktikable Empfehlung erarbeitet.
- Klauenpflege: In Anlehnung an Maier et al. (2010) und den Empfehlungen von Robert Pesenhofer (Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Klauenpfleger)
- Keto-Test: Elanco (2012), Enjalbert et al. (2001), Gasteiner (2004), Geishauser et al. (1998, 2000), Iwersen et al. (2009)
- Rationserfassung: Tiefenthaller (2013)

Das Kalenderjahr 2014 stand ganz im Zeichen der Generierung und Erfassung der Daten. Anfang 2014 wurde auf 174 Betrieben mit der Datenerhebung gestartet. Aufgrund des hohen Arbeitsaufwandes für die landwirtschaftlichen Betriebe mussten im Lauf des Jahres jedoch 7 Betriebe aus dem Projekt ausscheiden. Somit verblieben 167 Betriebe im Projekt, die das Jahr der Datenerfassung erfolgreich abgeschlossen haben. Auf diesen Betrieben wurden am 1.1.2014 rund 3.100 Fleckviehkühe, 1.300 Braunvieh- und über 1.000 Holsteinkühe gehalten (siehe Tabelle 5.4.1). Die regionale Verteilung der Betriebe kann Abbildung 5.4.1 entnommen werden.

Tabelle 5.4.1 Anzahl der Milchkühe auf den teilnehmenden Betrieben des Projektes „Efficient Cow“ nach Rasse und Bundesland (Stand 1.1.2014).

Bundesland	Betriebe	Kühe	Fleckvieh	Braunvieh	Holstein
NÖ	53	1863	1029	436	390
OÖ	39	1458	1097	142	217
Stmk.	27	908	658	171	79
Vbg.	17	526	34	357	126
Sbg.	17	367	266	2	93
Tirol	13	305	2	173	126
Kärnten	1	25	25	0	0
Summe	**167**	**5452**	**3111**	**1281**	**1031**

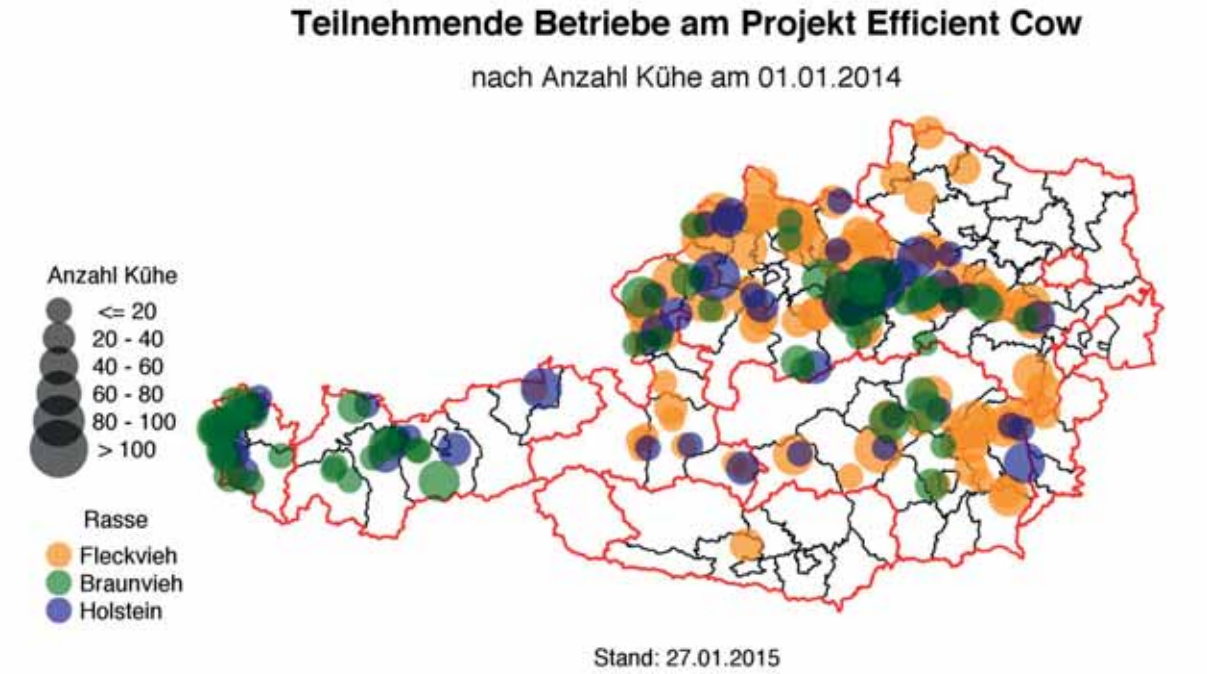


Abbildung 5.4.1 Verteilung der am Projekt Efficient Cow teilgenommenen Betrieb nach Hauptrasse und Betriebsgröße über das Bundesgebiet.

Die größte arbeitstechnische Herausforderung bestand auf den Bauernhöfen in der monatlich durchzuführenden Wiegung, Vermessung und Bewertung aller Milchkühe. Nach jeder Milchleistungsprüfung wurde bei allen Milchkühen das Gewicht, der Bauch- und Brustumfang sowie die Bemuskelungs-, BCS- und Lahmheitsnote ermittelt. Außerdem waren genaue Aufzeichnungen über die verfütterten Rationen, durchgeführte Klauenpflege sowie tierärztlichen Diagnosen und gesundheitsrelevanten Beobachtungen zu führen. Eine genaue Auflistung der erhobenen Daten befindet sich im Kapitel 5.5.

Soweit als möglich wurde versucht, die gesammelten Daten bereits auf den Betrieben elektronisch zu erfassen und in den RDV zu übermitteln. Dies betrifft hauptsächlich jene Daten, die auch in der Routine-Leistungsprüfung gesammelt werden: Milchleistungsdaten, Exterieurbeschreibung und zusätzliche Stockmaße sowie gesundheitsrelevante Tierbeobachtungen und tierärztliche Diagnosen. Der überwiegende Teil an Aufzeichnungen

musste allerdings auf Papierformularen erfolgen, da eine Programmierung von Onlineformularen oder Apps für mobile Eingabegeräte aufgrund der hohen Entwicklungskosten nicht möglich war.

Die Formulare wurden Großteils am Betrieb gemeinsam vom Landwirt und dem zuständigen Kontrollorgan ausgefüllt und anschließend im Büro des Landeskontrollverbands gescannt, die Scans systematisch benannt und per Email an die ZuchtData übermittelt. Für die übermittelten Formulare wurde von der ZuchtData ein möglichst automatisiertes Monitoring programmiert, womit die Kontrollverbände in regelmäßigen Abständen einerseits über die erfolgreich übermittelten und anderseits über noch ausständige Formulare informiert wurden. Insgesamt wurden auf diesem Weg 13.042 einzelne Formulare bestehend aus insgesamt rund 15.000 A4-Seiten handschriftlicher Aufzeichnungen gesammelt und an die Sammelstelle übermittelt. Tabelle 5.4.2 zeigt einen Überblick der eingelangten Formulare nach Formulartyp. All diese Formulare wurden, soweit für die geplanten Auswertungen notwendig, im Rinderdatenverbund (RDV) zentral erfasst und konnten dadurch mit den Daten aus der Routine-Leistungsprüfung verknüpft werden.

Tabelle 5.4.2 Anzahl gesammelter Formulare nach Formulartyp und der Hauptrasse am Betrieb.

Formulartyp	Fleckvieh	Braunvieh	Holstein	Sonstige	Summe
ANF	101	42	21	2	**166**
BAS	102	42	21	2	**167**
BES	61	25	8	2	**96**
FBG	334	146	64	2	**546**
FBK	484	181	80	10	**755**
FMH	897	409	185	24	**1515**
FVO	197	74	36	4	**311**
GMO	142	70	23	4	**239**
GWN	52	28	13	3	**96**
KET	471	208	98	11	**788**
KFM	514	235	100	11	**860**
KFZ	942	421	180	24	**1567**
KLG	139	82	38	0	**259**
KLI	96	40	20	2	**158**
KLP	421	167	98	9	**695**
MAS	978	430	202	24	**1634**
MLP	972	429	202	24	**1627**
NAC	94	41	21	2	**158**
RAP	32	3	7	0	**42**
RAT	781	379	176	24	**1360**
STM	0	3	0	0	**3**
Summe	**7810**	**3455**	**1593**	**184**	**13042**

Formulartypen: ANF ... Anfütterungs-Strategie am Betrieb, BAS ... Basiserhebung, BES ... Besaugen, FBG ... Zu- und Abgänge Grundfutter, FBK ... Zu- und Abgänge Kraftfutter, FMH ... Futtermittelhygiene, FVO ... Futtervorräte, GMO ... Beobachtungen, GWN ... Grünfutter- und Weidenutzung, KET ... Ketose-Tests, KFM ... Kraftfutter-Mischungen, KFZ ... Kraftfutter-Zuweisung, KLG ... Liste der Tiere mit gesunden Klauen, KLI ... Fragebogen bzgl. Stallklima, KLP ... Klauenpflege-Protokoll, MAS ... Körpermaße bei jeder MLP, MLP ... Aufzeichnungsdokumentation bei MLP, NAC ... Nacherfassung, RAP ... PDF-Ausdruck vom Rationsberechnungsprogramm, RAT ... Rationsberechnungs-Formulare, STM ... Körpermaße 3x - Stockmaße (vom ZV erhoben).

Für die elektronische Erfassung der Daten wurden von der ZuchtData mit APEX, einer Entwicklungsumgebung für Oracle-Datenbanken, die dafür notwendigen Erfassungsmasken programmiert. Die tatsächliche Erfassung konnte so an externe Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der ZAR auf Werkvertragsbasis ausgelagert werden, da diese Erfassungsmasken durch eine VPN-Leitung abgesichert online erreichbar waren.

Während dem ganzen Jahr der Datenerhebung wurden in regelmäßigen Abständen Online-Konferenzen mit den Koordinatoren der Datenerfassung in den Bundesländern und den beteiligten Wissenschaftlern und Institutionen abgehalten. Anfänglich fanden diese Jour Fixe wöchentlich statt, im Jahresverlauf konnte die Häufigkeit allerdings auf alle 2-4 Wochen reduziert werden. Insgesamt wurden 19 derartige Online-Besprechungen abgehalten. Durch diese laufende gegenseitige Abstimmung konnte eine hohe Datenqualität garantiert werden, da in der Praxis auftauchende Herausforderungen besprochen und eventuelle Fehlerquellen zeitnah korrigiert werden konnten.

Weiters wurden die mehrmals zur Verfügung gestellten Auswertungen und Rückmeldungen an die Pilotbetriebe genutzt um eventuell Erfassungsfehler möglichst zeitnah zu korrigieren.

Am zeitaufwändigsten stellte sich die systematische Bearbeitung und Zuweisung der verfütterten Rationen dar, auf deren Basis im Kalenderjahr 2016 einzeltierspezifische Grundfutteraufnahmen geschätzt und darauf aufbauend für jede einzelne Kuh die Effizienz ihrer Nährstoffumsetzung berechnet wurde (siehe Kapitel 7: Arbeitspaket 3). Die Sichtung und Erfassung der Fütterungsinformationen war mit einem sehr hohen Zeitaufwand verbunden. Um die Datenqualität zu sichern, erfolgte die Aufarbeitung betroffener Formulare betriebsweise, formular- und terminübergreifend. Unplausible Angaben wurden durch Rückfragen bei Landwirten und Kontrollassistenten direkt geklärt und Hinweise für die weitere Datenerhebung im Fütterungsbereich gegeben.

Die Zusammensetzung und die Zuteilung des Kraftfutters wurden im RDV erfasst. Weiters mussten Kraftfuttermischungen von unbekannter Zusammensetzung und nicht beprobte Grundfuttermittel bei der Erfassung in der Datenbank für die weitere Bearbeitung identifiziert werden.

Die Rationsgestaltung spiegelt eine hohe Vielfalt auch innerhalb der Betriebe wider. Diese Vielfalt wirkt sich auf die Art der Schätzung der Futteraufnahme der Einzeltiere aus. Rationen und deren Komponenten mussten so im RDV erfasst und codiert werden, dass sie einerseits die Fütterungssituation möglichst genau wiedergaben und sie sich andererseits für eine möglichst automatisierbare Weiterverarbeitung eigneten. Ein wichtiger Anhaltspunkt war die Einteilung der Rationen in reine Grundfuttermischungen (GFM), aufgewertete Grundfutterration (AGR), Totalmischration (TMR) und getrennte Kraftfutterverabreichung. Zusätzlich ergaben sich zum Beispiel noch folgende weitere spezielle Herausforderungen und Spezialfälle:

- Berechnung der über AGR oder TMR aufgenommenen Kraftfuttermengen
- Weidehaltung: Schätzung des Anteiles der Weide an der gesamten Grundfutterration

- Berücksichtigung von Grundfuttermitteln, die als Lockfutter über die restliche Ration gestreut werden
- Berücksichtigung von der Verfütterung von Resten einer anderen Ration

Um eine möglichst einheitliche Datenerfassung und Bewertung in allen Bundesländern und somit auch auf allen Betrieben sicherzustellen, wurden am 12.11.2013 und am 17.01.2014 die mit der Datenerhebung befassten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter geschult und auf die bevorstehenden, vielfältigen Aufgaben vorbereitet (siehe Unterlagen zur Mitarbeiterschulung im Anhang).

5.5 Überblick der gesammelten Daten

Im Rahmen des Projektes Efficient Cow wurden auf 167 Betrieben zusätzlich zu den im Rahmen der Milchleistungsprüfung routinemäßig erfassten Daten zahlreiche weitere Parameter erhoben. Im Wesentlichen gliedern sich die erhobenen Daten folgendermaßen:

- Daten aus der Routine-Leistungsprüfung
    - Milchleistungsprüfung (MLP – z. B.: Milchmenge, Fett- und Eiweißgehalt, Harnstoffgehalt – Diese Parameter werden im weiteren Verlauf als MLP-Daten bezeichnet.)
    - Gesundheitsmonitoring – von Tierarzt direkt elektronisch übermittelte Diagnosen oder vom LKV-Mitarbeiter erfassst codierte tierärztliche Diagnosen. Die Erfassung von Gesundheitsbeobachtungen durch den Landwirt war ebenso möglich. Geburtsnahe Beobachtungen wurden vom LKV-Mitarbeiter erfasst.. Alle Efficient Cow – Betriebe mussten diese Gesundheitsaufzeichnungen führen. (Diese Parameter werden im weiteren Verlauf als GMON-Daten bezeichnet.)
- Zusätzliche Aufzeichnungen durch Landwirt
    - Keto-Test: 2-malige Beprobung aller Kühe mittels Ketose-Teststreifen für Milch der Firma Elanco (7 und 14 Tage nach der Abkalbung)
    - Dokumentation der durchgeführten Klauenpflege
    - Zusätzliche tierbezogene Beobachtungen
    - Dokumentation von Weide und Grünfutter
    - Zu- und Abgänge an Futtermitteln
- Durch LKV-Mitarbeiter zusätzlich erhobene Daten
    - Erhebung von Lebendmasse (GEW), Brustumfang (BRU), Bauchumfang (BAU), Bemuskelungsnote (BEM), Body Condition Score (BCS) und Lahmheitsnote (LAHM) wenige Tage nach (oder in seltenen Fällen vor) der MLP (Diese 6 Parameter werden im weiteren Verlauf als MAS-Daten bezeichnet.)
    - Dokumentation der am Tag der MLP verfütterten Ration und tierindividuellen Kraftfuttermenge
    - Beurteilung des Hygiene-Status der aktuell verfütterten Grundfuttermittel bei jeder MLP
    - Ziehung von durchschnittliche acht Futtermittelproben je Betrieb im Projektverlauf für die im Futtermittellabor Rosenau durchgeführte Futtermittel-Analyse
    - Inventur der Futtermittel-Lagerbestände zu Projektbeginn und -ende
    - Genaue Beschreibung der Betriebsstruktur und Haltungsbedingungen

    - Abgangsgrund von weiblichen Jungtieren
- Durch Mitarbeiter der Zuchtverbände erfasste Daten
    - Lineare Beschreibung gemäß rassenspezifischer Richtlinien aller Kühe unabhängig vom Alter
    - 3-malige Erhebung ausgewählter Stockmaße: Kreuzhöhe (KH), Mittelhandlänge (MHL), Beckenlänge (BL), Rumpftiefe (RT), vordere Beckenbreite (vBB), hintere Beckenbreite (hBB) und hintere Körperbreite (hKB)
    - Sammlung von Gewebeproben ausgewählter Tiere für Genotypisierung
- Im Rahmen des europaweiten Forschungsprojektes „Gene2Farm“ wurden ca. 2.000 Fleckvieh- und 1.000 Braunviehkühe mit zuverlässigen Gesundheitsdaten genotypisiert. Da die Verbände der Rasse Holstein keine Partner im Projekt Gene2Farm waren, wurden die Gewebeproben für diese Rasse eingelagert und vorerst nicht analysiert.

Im weiteren Verlauf werden die gesammelten Daten überblickmäßig zusammengefasst und beschrieben.

Tabelle 5.5.1 Anzahl eingegangener Milchleistungskontrollen im Zeitraum der Datenerfassung für Efficient Cow nach Laktationsgruppe bzw. Trockensteher und Hauptrasse am Betrieb.

Tiergruppe	**FV**	**BV**	**HF**	**Summe**
1. Lakt.	7804	3440	2856	**14100**
2. Lakt.	5401	2745	2198	**10344**
ab 3. Lakt.	13508	5592	4007	**23107**
trocken	3685	1439	1066	**6190**
Summe	**30398**	**13216**	**10127**	**53741**

Im Zeitraum der Datenerhebung wurden auf den 167 Pilotbetrieben insgesamt 53.741 Einzel-MLPs (inkl. Trockensteher) durchgeführt. Aufgrund der zentralen Speicherung sämtlicher Daten im RDV können allerdings auch die Daten vor und nach dem Projekt bei Auswertungen miteinbezogen werden. Tabelle 5.5.2 zeigt die Mittelwerte ausgewählter Parameter aus der Milchleistungsprüfung nach Laktationsgruppe und Rasse.

Tabelle 5.5.2 Mittelwerte ausgewählte Milchleistungskennzahlen nach Laktationsgruppe und Rasse.

MLP-Ergebnisse	Laktationsgruppe	FV	BV	HF	alle
Milchmenge	1. Lakt.	24,3	22,3	28,0	**24,5**
	2. Lakt.	27,0	25,7	32,0	**27,7**
	ab 3. Lakt.	28,3	26,4	32,4	**28,5**
	alle	**26,9**	**25,0**	**30,9**	**27,2**
Fett-Prozent	1. Lakt.	4,21	4,26	4,10	**4,20**
	2. Lakt.	4,25	4,30	4,13	**4,24**
	ab 3. Lakt.	4,21	4,25	4,21	**4,22**
	alle	**4,22**	**4,26**	**4,16**	**4,22**
Eiweiß-Prozent	1. Lakt.	3,50	3,56	3,37	**3,49**
	2. Lakt.	3,59	3,68	3,46	**3,58**
	ab 3. Lakt.	3,53	3,60	3,41	**3,53**
	alle	**3,53**	**3,61**	**3,41**	**3,53**
Fett/Eiweiß-Quotient	1. Lakt.	1,21	1,20	1,22	**1,21**
	2. Lakt.	1,19	1,17	1,20	**1,19**
	ab 3. Lakt.	1,20	1,19	1,24	**1,20**
	alle	**1,20**	**1,19**	**1,22**	**1,20**
Harnstoffgehalt	1. Lakt.	21,3	22,9	21,3	**21,7**
	2. Lakt.	20,6	22,5	21,6	**21,3**
	ab 3. Lakt.	20,8	22,3	21,3	**21,2**
	alle	**20,9**	**22,5**	**21,4**	**21,4**
Laktosegehalt	1. Lakt.	4,84	4,84	4,85	**4,84**
	2. Lakt.	4,76	4,76	4,75	**4,76**
	ab 3. Lakt.	4,68	4,66	4,67	**4,67**
	alle	**4,74**	**4,73**	**4,75**	**4,74**
Zellzahl x 1000	1. Lakt.	93	117	121	**105**
	2. Lakt.	118	157	145	**134**
	ab 3. Lakt.	196	248	280	**223**
	alle	**150**	**188**	**197**	**169**

Tabelle 5.5.3 zeigt die Anzahl Kühe, die im Rahmen von Efficient Cow mindestens einmal gewogen wurden nach Rasse und Bundesland. Im Rahmen des Projektes wurden insgesamt knapp 54.000 Wiegungen durchgeführt. Tabelle 5.5.4 zeigt die Verteilung dieser nach Rasse sowie Tiergruppe und Tabelle 5.5.5 zeigt die Mittelwerte der sechs bei jeder MLP erhobenen Parameter. Bei der Interpretation der Mittelwerte der Kalbinnen ist zu berücksichtigen, dass diese jeweils knapp vorm Abkalbungstermin durchgeführt wurden und dadurch höher als die Mittelwerte der Tiere in der 1. Laktation erscheinen.

Tabelle 5.5.3 Anzahl Tiere die mind. 1x gewogen wurden nach Bundesland und Rasse.

Bundesland	FV	BV	HF	SO	Summe
Kärnten	31	0	1	0	**32**
Niederösterreich	1338	558	512	5	**2413**
Oberösterreich	1399	184	284	3	**1870**
Salzburg	365	2	132	3	**502**
Steiermark	881	209	101	0	**1191**
Tirol	2	224	182	5	**413**
Vorarlberg	39	460	165	10	**674**
Summe	**4055**	**1637**	**1377**	**26**	**7095**

Tabelle 5.5.4 Anzahl durchgeführter Wiegungen nach Tiergruppe und Rasse.

Tiergruppe	FV	BV	HF	Summe
Kalbinnen	708	311	234	**1253**
1. Lakt.	7505	3193	2670	**13368**
2. Lakt.	5380	2689	2182	**10251**
ab 3. Lakt.	13680	5564	4033	**23277**
trocken	3481	1330	1021	**5832**
Summe	**30754**	**13087**	**10140**	**53981**

Tabelle 5.5.5 Mittelwerte der bei jeder MLP erhobenen Kennzahlen nach Tiergruppe und Rasse.

	Tiergruppe	FV	BV	HF	alle
Lebendmasse	Kalbinnen	701	650	651	**679**
	1. Lakt.	686	619	626	**658**
	2. Lakt.	735	665	678	**704**
	ab 3. Lakt.	777	692	709	**745**
	alle	**742**	**665**	**676**	**711**
Bauchumfang	Kalbinnen	255	251	254	**254**
	1. Lakt.	251	243	249	**249**
	2. Lakt.	259	251	258	**257**
	ab 3. Lakt.	265	256	262	**262**
	alle	**260**	**251**	**257**	**257**
Brustumfang	Kalbinnen	210	204	210	**209**
	1. Lakt.	208	200	206	**206**
	2. Lakt.	212	205	212	**210**
	ab 3. Lakt.	217	209	215	**215**
	alle	**213**	**205**	**212**	**211**
Bemuskelung-Note	Kalbinnen	6,11	5,66	5,01	**5,79**
	1. Lakt.	5,58	4,77	4,19	**5,11**
	2. Lakt.	5,72	4,77	4,23	**5,16**
	ab 3. Lakt.	5,89	4,61	4,24	**5,3**
	alle	**5,77**	**4,71**	**4,24**	**5,23**
BCS-Note	Kalbinnen	3,76	3,66	3,54	**3,7**
	1. Lakt.	3,32	3,22	3,00	**3,23**
	2. Lakt.	3,33	3,17	2,94	**3,21**
	ab 3. Lakt.	3,36	3,08	2,92	**3,22**
	alle	**3,35**	**3,15**	**2,96**	**3,23**
Lahmheits-Note	Kalbinnen	1,09	1,08	1,19	**1,1**
	1. Lakt.	1,12	1,11	1,22	**1,14**
	2. Lakt.	1,20	1,18	1,38	**1,23**
	ab 3. Lakt.	1,42	1,35	1,60	**1,44**
	alle	**1,29**	**1,24**	**1,43**	**1,3**

Zusätzlich zu den MAS-Daten wurden durch Zuchtverbands-Mitarbeiter einige ausgewählte Stockmaße erhoben und möglichst sämtliche Tiere entsprechend der rassenspezifischen Definitionen linear beschrieben. Tabelle 5.5.6 zeigt, dass insgesamt 14.357 Mal folgende sieben Stockmaße erhoben wurden: Kreuzhöhe (KH), Mittelhandlänge (MHL), Beckenlänge (BL), Rumpftiefe (RT), vordere Beckenbreite (vBB), hintere Beckenbreite (hBB) und hintere Körperbreite (hKB). Weiters wurden 5.871 lineare Beschreibungen durchgeführt.

Tabelle 5.5.6 Anzahl der erhobenen Stockmaße und linearen Nachzuchtbeschreibungen durch die Zuchtverbände nach Laktationsgruppe und Rasse.

	Laktationsgruppe	FV	BV	HF	Summe
Anzahl Stockmaße	1. Lakt.	2149	927	762	**3838**
	2. Lakt.	1746	832	702	**3280**
	ab 3. Lakt.	4262	1697	1270	**7229**
	Summe	**8157**	**3456**	**2734**	**14347**
Anzahl lineare Beschreibungen	1. Lakt.	1219	583	347	**2149**
	2. Lakt.	611	305	233	**1149**
	ab 3. Lakt.	1548	593	432	**2573**
	Summe	**3378**	**1481**	**1012**	**5871**

Tabelle 5.5.7 Mittelwerte der erhobenen Stockmaße nach Laktationsgruppe und Rasse.

	Laktationsgruppe	FV	BV	HF	alle
Kreuzhöhe	1. Lakt.	143,9	147,4	148,3	**145,4**
	2. Lakt.	144,4	148,3	148,9	**146,2**
	ab 3. Lakt.	144,1	147,3	148,2	**145,5**
	alle	**144,1**	**147,6**	**148,4**	**145,6**
Mittelhandlänge	1. Lakt.	86,5	90,5	81,2	**86,4**
	2. Lakt.	89,0	92,6	82,9	**88,7**
	ab 3. Lakt.	90,3	93,7	86,6	**90,4**
	alle	**88,9**	**92,6**	**84,2**	**88,9**
Beckenlänge	1. Lakt.	54,0	55,2	55,4	**54,5**
	2. Lakt.	55,1	56,9	56,6	**55,9**
	ab 3. Lakt.	56,0	57,4	57,0	**56,5**
	alle	**55,2**	**56,6**	**56,4**	**55,8**
Rumpftiefe	1. Lakt.	81,1	80,7	83,5	**81,3**
	2. Lakt.	83,4	83,3	86,1	**83,8**
	ab 3. Lakt.	85,6	85,6	88,4	**86,0**
	alle	**83,8**	**83,6**	**86,5**	**84,1**
vordere Beckenbreite	1. Lakt.	54,9	54,2	54,9	**54,7**
	2. Lakt.	56,8	56,6	57,6	**56,9**
	ab 3. Lakt.	58,1	57,5	59,4	**58,2**
	alle	**57,0**	**56,4**	**57,7**	**57,0**
hintere Beckenbreite	1. Lakt.	39,3	34,5	37,2	**37,7**
	2. Lakt.	40,4	35,6	38,9	**38,9**
	ab 3. Lakt.	41,5	36,3	40,1	**40,0**
	alle	**40,7**	**35,7**	**39,0**	**39,1**
hintere Körperbreite	1. Lakt.	53,2	53,0	51,5	**52,8**
	2. Lakt.	53,8	54,0	53,0	**53,7**
	ab 3. Lakt.	54,3	54,4	53,6	**54,2**
	alle	**53,9**	**53,9**	**52,9**	**53,7**

Tabelle 5.5.7 zeigt die Mittelwerte der erhobenen Stockmaße nach Rasse und Laktationsgruppe.

Einen wesentlichen Schwerpunkt in der Datenerfassung war die Dokumentation der verfütterten Rationen und tierindividuell zugewiesenen Kraftfuttermengen. Insgesamt wurden über das Jahr knapp 2.000 verschiedene Rationen mit 2.265 unterschiedlichen Rationskomponenten erfasst. Hierbei wurde zwischen folgenden Rationstypen unterschieden: getrennte Vorlage (GET), reine Grundfutter-Mischungen (GFM), aufgewertete Grundfutter-Rationen (AGR) und totale Mischrationen (TMR). Tabellen 5.5.8 und 5.5.9 zeigen die Verteilung der Anzahl erfasster Rationen nach Hauptrasse am Betrieb und Bundesland bzw. Rationstyp.

Tabelle 5.5.8 Anzahl erhobener Rationen nach Bundesland und Hauptrasse am Betrieb.

Bundesland	**FV**	**BV**	**HF**	**SO**	**Summe**
Kärnten	18	0	0	0	**18**
Niederösterreich	388	115	108	0	**611**
Oberösterreich	407	57	54	0	**518**
Salzburg	155	0	34	0	**189**
Steiermark	253	60	7	0	**320**
Tirol	0	81	30	0	**111**
Vorarlberg	6	148	37	27	**218**
Summe	**1227**	**461**	**270**	**27**	**1985**

Tabelle 5.5.9 Anzahl erhobener Rationen nach Rationstyp und Hauptrasse am Betrieb.

Rationstyp	**FV**	**BV**	**HF**	**SO**	**Summe**
GET	799	319	98	27	**1243**
GFM	43	0	11	0	**54**
AGR	330	134	132	0	**596**
TMR	55	8	29	0	**92**
Summe	**1227**	**461**	**270**	**27**	**1985**

Rationstyp: GET ... getrennte Futtervorlage, GFM ... reine Grundfuttermischung, AGR ... aufgewertete Grundfutterration, TMR ... Totale Mischration.

Tabelle 5.5.10 Anzahl eingesetzter Rationskomponenten nach Futterart und Konservierungsform.

Futterart	**Frisch**	**Silage**	**Heu**	**KF/MIN**	**Summe**
Wiesenfutter	242	754	377	0	**1373**
Klee	0	2	0	0	**2**
Kleegras	9	85	1	0	**95**
Luzerne	0	3	24	0	**27**
Luzernegras	1	21	1	0	**23**
Getreideganzpflanze	2	9	0	0	**11**
Maisganzpflanze	14	261	0	0	**275**
Stroh	0	0	22	0	**22**
Kraftfutter	2	13	0	295	**310**
Mineralfutter	0	0	0	127	**127**
Summe	**270**	**1148**	**425**	**422**	**2265**

Für alle eingesetzten Rationskomponenten wurden deren Inhaltsstoff-Konzentrationen festgelegt. Insgesamt wurden hierfür im Futtermittel-Labor Rosenau 1.208 Analysen durchgeführt. Für die restlichen Rationskomponenten wurden Sackanhänger, Auskünfte der Hersteller oder notfalls Tabellenwerten herangezogen.

Zusätzlich zur chemischen Analyse der verwendeten Grundfuttermittel wurde deren hygienischer Zustand laufend erfasst. Insgesamt gingen über 3.400 Erfassungen des aktuellen Hygienestatus in den Datenbestand ein. Tabellen 5.5.11 und 5.5.12 zeigen die Anzahl der eingegangenen Futtermittel-Hygiene-Bewertungen nach Hauptrasse am Betrieb und Bundesland bzw. Futtermittelart.

Tabelle 5.5.11 Anzahl durchgeführten Erfassungen der Futtermittel-Hygiene nach Bundesland und der Hauptrasse am Betrieb.

Bundesland	**FV**	**BV**	**HF**	**SO**	**Summe**
Niederösterreich	573	169	100	0	**842**
Oberösterreich	703	78	83	0	**864**
Salzburg	293	0	49	0	**342**
Steiermark	499	95	15	0	**559**
Tirol	0	282	75	0	**357**
Vorarlberg	6	320	72	47	**445**
Summe	**2024**	**944**	**394**	**47**	**3409**

Tabelle 5.5.12 Anzahl durchgeführten Erfassungen der Futtermittel-Hygiene nach Art des Futtermittels und der Hauptrasse am Betrieb.

Futtermittelart	**FV**	**BV**	**HF**	**SO**	**Summe**
Wiesenfutter - Frisch	41	75	10	10	**136**
Wiesenfutter - Heu	448	332	58	21	**859**
Wiesenfutter - Silage	897	345	164	9	**1415**
Klee - Silage	5	1	0	0	**6**
Kleegras - Frisch	1	3	0	0	**4**
Kleegras - Heu	0	3	0	0	**3**
Kleegras - Silage	104	11	18	0	**133**
Luzerne - Heu	30	5	20	0	**55**
Luzerne - Silage	1	0	0	0	**1**
Luzernegras - Frisch	1	0	0	0	**1**
Luzernegras - Heu	0	0	3	0	**3**
Luzernegras - Silage	22	4	0	0	**26**
Getreideganzpflanze - Silage	4	1	0	0	**5**
Maisganzpflanze - Frisch	3	7	0	0	**10**
Maisganzpflanze - Silage	403	142	102	7	**654**
Stroh	64	15	19	0	**98**
Summe	**2024**	**944**	**394**	**47**	**3409**

Das Herzstück der nun vorliegenden Datensammlung stellt die tierindividuelle Schätzung der aufgenommen Trockenmasse je Tier und MLP-Datum dar. Für jedes Einzeltier wurde je MLP-Datum die zu erwartende Trockenmasse-Aufnahme (DMI) geschätzt und anschließend

basierend auf den Anteilen der einzelnen verfütterten Rationskomponenten die Summen der aufgenommenen Nährstoffe berechnet. Hierfür wurde das Schätzmodell von Gruber et. al (2004) verwendet (siehe Kapitel 7: Arbeitspaket 3: Ableiten der optimalen Lebendmasse zur Erzielung der höchsten Nährstoff-Effizienz).

Insgesamt wurden knapp 46.000 tierindividuelle Schätzungen der Trockenmasse-Aufnahme durchgeführt (siehe Tabelle 5.5.13).

Tabelle 5.5.13 Anzahl der durchgeführten Schätzungen für Trockenmasse-Aufnahme (DMI) nach Laktationsgruppe und Laktationsgruppe und Rasse.

Laktationsgruppe	**FV**	**BV**	**HF**	**Summe**
1. Lakt.	3053	7493	2503	**13049**
2. Lakt.	2641	5467	2058	**10166**
ab 3. Lakt.	5251	13729	3733	**22713**
Summe	**10945**	**26689**	**8294**	**45928**

Tabelle 5.5.14 zeigt die Mittelwerte ausgewählter Fütterungsparameter nach Laktationsgruppe und Rasse.

Tabelle 5.5.14 Mittelwerte einiger ausgewählter Fütterungsparameter nach Laktationsgruppe und Rasse.

Parameter	Tiergruppe	FV	BV	HF	alle
TM-Aufnahme (kg TM)	1. Lakt.	16,6	17,2	18,4	**17,3**
	2. Lakt.	18,8	19,0	20,6	**19,2**
	ab 3. Lakt.	19,1	19,6	21,0	**19,7**
	alle	**18,3**	**18,8**	**20,1**	**18,9**
Kraftfutter-Menge (kg TM)	1. Lakt.	4,3	5,2	5,9	**5,2**
	2. Lakt.	5,2	5,6	6,7	**5,7**
	ab 3. Lakt.	5,2	5,8	6,7	**5,8**
	alle	**4,9**	**5,6**	**6,5**	**5,6**
Kraftfutter-Anteil (TM-%)	1. Lakt.	24,2	28,7	30,5	**28,0**
	2. Lakt.	25,7	27,7	30,2	**27,7**
	ab 3. Lakt.	25,5	27,7	30,1	**27,6**
	alle	**25,2**	**28,0**	**30,3**	**27,7**
NEL-Aufnahme (MJ)	1. Lakt.	107,9	112,8	122,6	**113,5**
	2. Lakt.	122,6	124,0	137,4	**126,3**
	ab 3. Lakt.	124,5	128,2	140,2	**129,3**
	alle	**119,4**	**123,0**	**134,2**	**124,2**
TM-Aufnahme je kg LM (g/kg)	1. Lakt.	28,5	26,6	31,3	**28,0**
	2. Lakt.	30,0	27,6	32,6	**29,2**
	ab 3. Lakt.	29,1	26,7	31,3	**28,0**
	alle	**29,1**	**26,8**	**31,7**	**28,3**
ECM/metab. LM ($kg/kg^{0,75}$)	1. Lakt.	0,1915	0,1908	0,2300	**0,1985**
	2. Lakt.	0,2139	0,2029	0,2538	**0,2161**
	ab 3. Lakt.	0,2119	0,2009	0,2476	**0,2112**
	alle	**0,2067**	**0,1985**	**0,2438**	**0,2087**
LE/NEL (MJ/MJ)	1. Lakt.	0,6624	0,6793	0,7019	**0,6797**
	2. Lakt.	0,6815	0,6815	0,7240	**0,6901**
	ab 3. Lakt.	0,6856	0,6857	0,7243	**0,6921**
	alle	**0,6782**	**0,6830**	**0,7175**	**0,6881**
LE/NEL – partial (MJ/MJ)	1. Lakt.	1,0035	1,0481	0,9990	**1,0282**
	2. Lakt.	0,9893	1,0189	1,0021	**1,0078**
	ab 3. Lakt.	0,9999	1,0321	1,0103	**1,0210**
	alle	**0,9984**	**1,0339**	**1,0049**	**1,0201**

Neben der Nährstoffversorgung stellt der Gesundheitszustand der Tiere das zweite wichtige Standbein des Projektes Efficient Cow dar. Für alle Pilotbetriebe bestand für das Jahr der Datenerfassung Aufzeichnungspflicht für tierärztliche Diagnosen. Die Diagnosen aus den Jahren 2012 und 2013 wurden anhand der tierärztlichen Belege nacherfasst.

Aufgrund der unterschiedlichen Gegebenheiten in der Praxis gibt es drei mögliche Quellen für tiergesundheitsrelevante Aufzeichnungen: (1) direkte elektronische Übermittlung durch den Tierarzt in den RDV, (2) Erfassung von schriftlich vorliegenden tierärztlichen Belegen durch Landwirte oder LKV-Mitarbeiter und (3) sogenannte geburtsnahe Beobachtungen. Unter geburtsnahe Beobachtungen versteht man geburtsnahe Gesundheitsstörungen (z. B.:

Nachgeburtsverhaltung, Festliegen) die seit 2012 zusätzlich in der Routine-Leistungsprüfung erfasst werden.

Tabelle 5.5.15 zeigt die Anzahl erfasster Diagnosen und Beobachtungen in den Kalenderjahren 2012-2014 nach Rasse und Quelle. Tabelle 5.5.16 gliedert die erfassten Diagnosen und Beobachtungen zusätzlich nach Diagnosegruppe.

Tabelle 5.5.15 Anzahl erfasster Diagnosen bzw. Beobachtungen nach Quelle der Diagnose bzw. Beobachtung und Rasse.

Quelle der Diagnosen bzw. Beobachtungen	**FV**	**BV**	**HF**	**Summe**
von Tierarzt elektronisch übermittelt	4996	1952	1674	**8622**
von Landwirt erfasste tierärztliche Diagnosen	471	611	240	**1322**
geburtsnahe Beobachtung	731	193	199	**1123**
Summe	**6198**	**2756**	**2113**	**11067**

Tabelle 5.5.16 Anzahl erfasster Diagnosen bzw. Beobachtungen nach Diagnosegruppe und Rasse.

Diagnosegruppe	**FV**	**BV**	**HF**	**Summe**
Erkrankungen der Atemwege	53	20	14	**87**
Erkrankungen des Verdauungstraktes	81	53	40	**174**
Eutererkrankungen	1249	615	366	**2230**
Fruchtbarkeits- und Abkalbestörungen	2063	829	799	**3691**
Herz-, Kreislauf- und Bluterkrankungen	3	1	2	**6**
Klauen- und Gliedmaßenerkrankungen	428	177	135	**740**
Sonstige Erkrankungen	366	11	23	**400**
spezifische Kälberkrankheiten	9	3	0	**12**
Stoffwechselkrankheiten	528	185	208	**921**
ZNS-Erkrankungen, Hauterkrankungen, Infektionen	27	30	14	**71**
Sonstige Diagnosen	1391	832	512	**2735**
Summe	**6198**	**2756**	**2113**	**11067**

Neben den tierärztlichen Diagnosen waren die Pilotbetriebe auch noch angewiesen die durchgeführte Klauenpflege zu dokumentieren. Hierbei ist wichtig festzustellen, dass von den Betrieben keine Änderung ihres gewohnten Klauenpflege-Regimes gefordert wurde, sondern nur die ohnehin durchgeführte Klauenpflege dokumentiert wurde. Prinzipiell gibt es in der Häufigkeit der durchgeführten Klauenpflege große Unterschiede zwischen den Betrieben. Auf manchen Betrieben wird routinemäßig in gewissen Abständen Klauenpflege durchgeführt auf anderen Betrieben werden nur bei Tieren, die Klauenprobleme aufweisen, die Klauen saniert. Dementsprechend ist davon auszugehen, dass in weit mehr als 4.061 Fällen Tiere gesund waren, nur wurde bei diesen keine Klauenpflege durchgeführt und somit scheinen sie auch nicht als gesunde Tiere auf.

Tabelle 5.5.17 zeigt die Häufigkeit der erfassten Klauenpflege-Diagnosen nach Diagnoseart und Rasse. Von den insgesamt 13.387 Klauenpflege-Aktionen wurden knapp 7.000 vom Landwirt selbst durchgeführt. Die restlichen von betriebsfremden Klauenpflegern.

Tabelle 5.5.17 Anzahl Klauenpflege-Diagnosen nach Rasse.

Klauenpflege-Diagnose	FV	BV	HF	Summe
kein Befund, Tier gesund	2205	1179	677	**4061**
Ballenfäule	2503	367	603	**3473**
Dermatitis digit. - Mortellaro	162	210	472	**844**
Doppelsohle	428	125	108	**661**
Klauenrehe (Laminitis)	68	29	28	**125**
Klotz geklebt	9	20	3	**32**
Konkave Vorderwand	74	9	9	**92**
Limax	132	81	113	**326**
Rollklaue	90	21	8	**119**
Schwellung (Phlegmone)	79	31	23	**133**
Sohlenblutung	380	86	91	**557**
Sohlengeschwür	419	306	272	**997**
Spreizklaue	1	1	2	**4**
Wanddefekt	1219	241	118	**1578**
Sonstiger Befund	207	68	110	**385**
Summe	**7976**	**2774**	**2637**	**13387**

Am 7. und 14. Tag nach jeder Abkalbung waren die Landwirte angewiesen einen Keto-Test durchzuführen. Bei dem von der Firma Elanco zur Verfügung gestellten Test handelte es sich um einen Streifentest zur Beprobung von Milch. Tabelle 5.5.18 zeigt die Anzahl durchgeführter Keto-Tests nach Rasse und Tiergruppe bzw. Testergebnis oder Zeitpunkt der Durchführung.

Tabelle 5.5.18 Anzahl Keto-Test nach Laktationsgruppe, Ergebnis bzw. Tag nach Abkalbung und Rasse.

Anzahl Keto-Tests	Tiergruppe	FV	BV	HF	Summe
nach Laktation	1. Lakt.	1397	506	308	**2211**
	2. Lakt.	884	387	225	**1496**
	ab 3. Lakt.	2443	866	484	**3793**
	Summe	**4724**	**1759**	**1017**	**7500**
nach Ergebnis	normal	3046	872	605	**4523**
	schwach positiv	1301	630	314	**2245**
	positiv	368	236	86	**690**
	stark positiv	9	21	12	**42**
	Summe	**4724**	**1759**	**1017**	**7500**
Tag nach Abkalbung	Tag 7	2392	896	532	**3820**
	Tag 14	2332	863	485	**3680**
	Summe	**4724**	**1759**	**1017**	**7500**

Tabelle 5.5.19 zeigt die durchschnittlichen Ergebnisse des Keto-Tests nach Rasse, Laktation und Beprobungszeitpunkt.

Tabelle 5.5.19 Mittelwerte der Keto-Tests nach Laktationsgruppe, Tag nach der Abkalbung und Rasse.

	Tiergruppe	FV	BV	HF	Summe
nach Laktation	1. Lakt.	50,0	87,9	62,0	**60,3**
	2. Lakt.	55,5	101,2	65,7	**68,9**
	ab 3. Lakt.	73,1	99,4	87,2	**80,9**
	Summe	**62,9**	**96,5**	**74,8**	**72,4**
nach Lakt. und Zeitpunkt	1. Lakt. - Tag 7	48,1	91,4	67,6	**60,8**
	1. Lakt. - Tag 14	51,9	84,1	55,7	**59,8**
	2. Lakt. - Tag 7	57,3	97,1	65,7	**69,0**
	2. Lakt. - Tag 14	53,6	105,6	65,6	**68,7**
	ab 3. Lakt. - Tag 7	70,6	95,6	88,5	**78,6**
	ab 3. Lakt. - Tag 14	75,6	103,3	85,8	**83,2**
	Summe	**62,9**	**96,5**	**74,8**	**72,4**

5.6 Rückmeldung und Auswertungen für Pilotbetriebe

Eine möglichst zeitnahe Rückmeldung erster Auswertungen für Pilotbetriebe war unerlässlich um die Motivation der Betriebsführer für das Projekt aufrecht zu erhalten, da mit der Teilnahme eine hohe arbeitstechnische und zeitintensive Belastung verbunden war. Die Tatsache, dass von den anfänglich 174 Betrieben nur 7 das Projekt abgebrochen haben, bezeugt, dass dies durchaus gut gelungen sein muss.

Folgende Auswertungen wurden den Landwirten bereits zur Verfügung gestellt:

- erste einfache Grafiken und die gesammelten Rohdaten Anfang August 2014
- Aktualisierung und weitere Auswertungen über Merkmalsverläufe Mitte Dezember 2014
- Zwischenberichte mit deskriptiven Auswertungen und sämtliche gesammelten Rohdaten Ende Mai 2015
- Übergabe der umfangreichen Abschlussberichte der Datenerfassung im Rahmen eines Workshops zur Interpretation der Ergebnisse im November und Dezember 2015

Diese Rückmeldungen an die Pilotbetriebe dienten außerdem dem Monitoring der Datenerfassung und wurden genutzt, um mögliche Erfassungsfehler frühzeitig zu erkennen und bereits vor dem Beginn der wissenschaftlichen Auswertungen richtig zu stellen.

Anfang August 2014 wurden den Betrieben erste Auswertungen über die bei jeder MLP gesammelten MAS-Daten (Gewicht, Bauchumfang, Brustumfang, BCS, Bemuskelungs- und Lahmheitsnote) in Form einer Exceldatei mit sämtlichen am Betrieb gesammelten Rohdaten, Grafiken zur Verteilung dieser sechs Merkmale im Vergleich zum Österreich- und Landesschnitt sowie Grafiken zur Entwicklung dieser sechs Merkmale im Laktationsverlauf

(siehe Abbildung 5.6.1 und Abbildung 5.6.2) zur Verfügung gestellt. Auffällige Werte wurden eingefärbt, um einen Hinweis auf mögliche Eingabefehler zu geben.

Bei der Erstellung dieser Grafiken stellte sich heraus, dass Aussagen über die Entwicklung von Merkmalen im Jahres- sowie Laktationsverlauf zu diesem Zeitpunkt nur sehr bedingt getätigt werden konnten, da die ungleiche Verteilung der Tiere auf den einzelnen Betrieben über die verschiedenen Laktationsabschnitte und über das gesamte Jahr gesehen (speziell bei saisonaler Abkalbung) unweigerlich zu Verzerrungen führt. Eine statistische Korrektur dieser Verzerrungen war zu diesem Zeitpunkt nicht möglich, da noch keine Daten über gesamte Laktationen bzw. ein gesamtes Wirtschaftsjahr vorlagen.

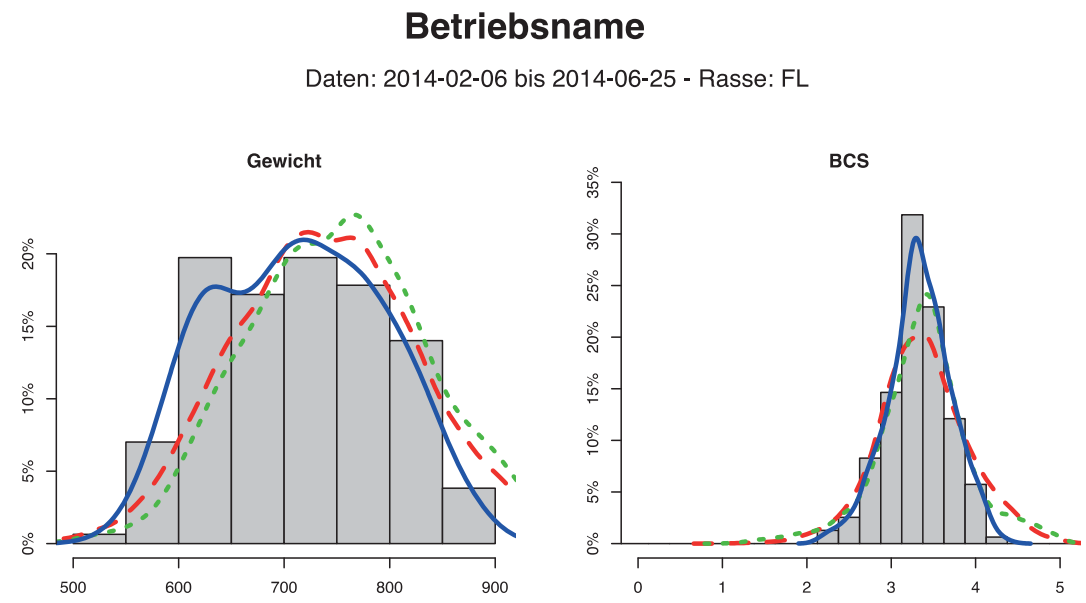


Abbildung 5.6.1 Verteilung von Gewicht und BCS eines Beispielbetriebes (blau) im Vergleich zum Landes- (grün) und Bundesschnitt (rot)

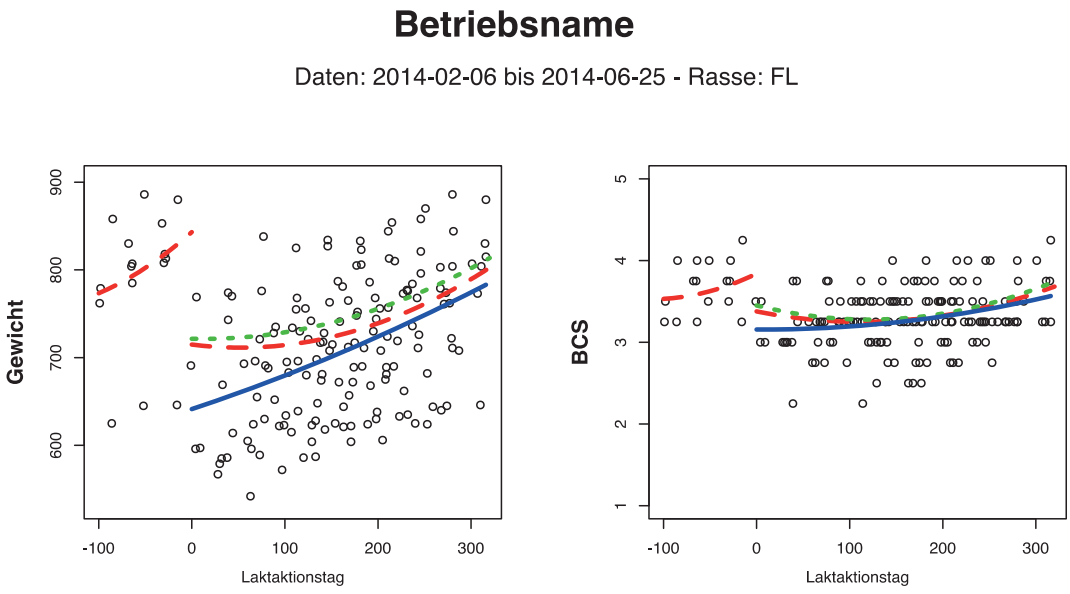


Abbildung 5.6.2 Entwicklung von Gewicht und BCS im Laktationsverlauf eines Beispielbetriebes (blau) im Vergleich zum Landes- (grün) und Bundesschnitt (rot)

Mitte Dezember 2014 wurden den Landwirten eine Aktualisierung der bereits im August zur Verfügung gestellten Auswertungen sowie neue zusätzliche Auswertungen übermittelt. Hinzu kamen genauere Grafiken zur Entwicklung der Merkmale im Jahres- und Laktations- bzw. Lebensverlauf und ein speziell entwickelter Gesundheitsreport des Betriebes mit einer detaillierten Auflistung von Auffälligkeiten bei den am Betrieb gehaltenen Tieren. Hierfür wurden alle zur Verfügung stehenden Datenquellen miteinbezogen (siehe Abbildung 5.6.3 und anonymisierte Auswertungen im Anhang).

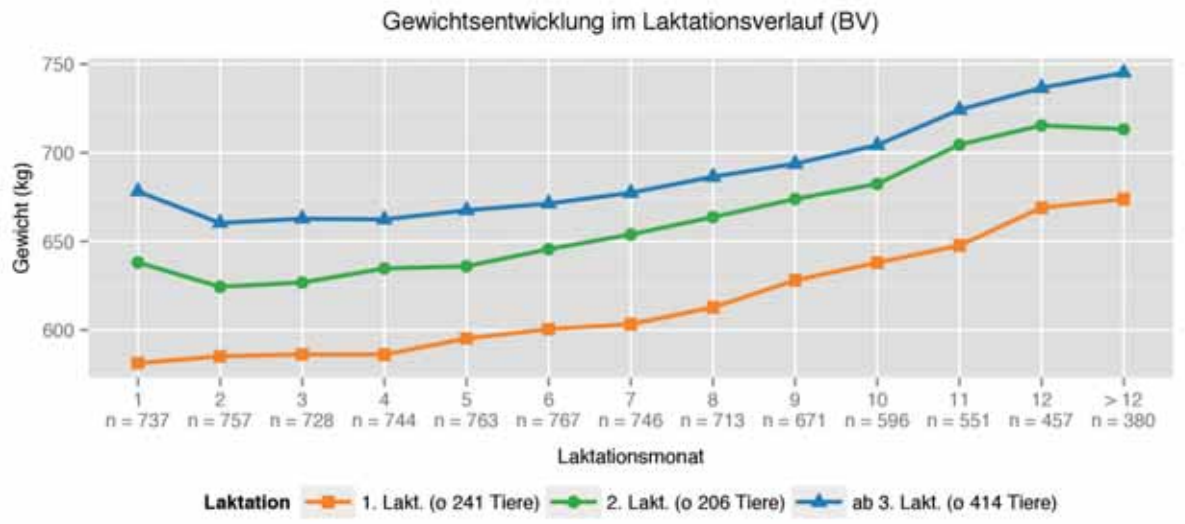


Abbildung 5.6.3 Gewichtsentwicklung bei Braunvieh im Laktationsverlauf (1. Laktation (gelb), 2. Laktation (grün), 3 und höhere Laktationen (blau))

Ende Mai 2016 wurde sämtlichen Pilotbetrieben ein Zwischenbericht der bisherigen Auswertungen elektronisch zur Verfügung gestellt. Dieser Zwischenbericht enthielt folgende Daten:

- Übersicht wichtiger betrieblicher Kennzahlen aus dem RDV und der Basiserhebung des Projekts
- Durchschnittswerte nach Rasse für Gewicht, Bauch- und Brustumfang sowie Bemuskelung, BCS und Lahmheit
- Tabellarische Übersicht aller Wiegungen und Messungen am Betrieb für alle Tiere gruppiert nach Tier und Kontrolldatum. Erste Kontrolle nach Abkalbung sowie sämtliche auffällige Wertänderungen wurden farblich markiert.
- Grafische Darstellung der Verteilung der erhobenen Daten je Merkmal und der Merkmalsentwicklung nach Rasse.
- Ein speziell entwickelter Gesundheits-Report zeigte für alle Kühe Auffälligkeiten aus sämtlichen zur Verfügung stehenden Datenquellen (Diagnosen, Beobachtungen, Milchleistungskontrolle, Wiegungen und Messungen, Ketose-Teststreifen, Klauenpflege).

- Vergleichsmöglichkeit ausgewählter Kennzahlen mit ähnlichen Betrieben (nach Region, Kuhzahl, Milchleistung, Fütterung, ...)
- Diagnosehäufigkeiten und Häufigkeit sonstiger auffälliger Tiere im Vergleich zu allen Pilotbetrieben nach Rasse
- Ergebnisse der Ketose-Teststreifen im Vergleich zu allen Pilotbetrieben nach Rasse

Schließlich wurde im November und Dezember 2015 in den Bundesländern Niederösterreich, Oberösterreich, Salzburg, Steiermark, Tirol und Vorarlberg jeweils ein Workshop mit den Pilotbetrieben durchgeführt. Im Rahmen dieser Veranstaltungen bekamen die Betriebsleiter ihren betriebsindividuellen Abschlussbericht (anonymisierter Beispiel-Bericht siehe Anhang) sowie als kleine Anerkennung für deren Engagement eine Hoftafel überreicht. Gemeinsam mit den Landwirten wurden sämtliche Auswertungen vorgestellt und die Ergebnisse diskutiert. Im Vorfeld zu diesen Workshops gab es auch ein spezielles Schulungsangebot für LKV- und Zuchtverbandsmitarbeiter um diese auf eventuelle Fragen durch Pilotbetriebe vorzubereiten.

Der überreichte Abschlussbericht für Landwirte beruht im Wesentlichen auf den bereits zuvor entwickelten Zwischenbericht, allerdings wurde er noch um Auswertungen bezüglich einzeltierspezifischer Effizienzunterschiede und umfangreichere Möglichkeiten zum Betriebsvergleich erweitert.

Um die einzeltierspezifischen Ergebnisse untereinander vergleichbar zu machen, wurde eine Standardisierung auf den 100. Laktationstag durchgeführt. Als Vergleichskriterien wurden den Landwirten folgende Kennzahlen angeboten, übersichtlich in einer Tabelle zusammengefasst und zuvor in möglichst einfachen Worten erklärt:

- ECM steht für energiekorrigierte Milch und ist notwendig um die unterschiedlichen Fett- und Eiweißgehalte in der Milch zu berücksichtigen. 1kg ECM entspricht 1kg Milch mit 4,0% Fett und 3,4% Eiweiß.
- Gewicht bzw. Lebendmasse
- Trockenmasse-Aufnahme
- ECM je kg metabolischer Lebendmasse ($ECM/LM^{0,75}$) ist einer der wichtigsten Effizienz-Parameter und erklärt einen Großteil der tierspezifischen Effizienzunterschiede. Die Varianz dieses Parameters rührt hauptsächlich vom unterschiedlichen Erhaltungsbedarf der Tiere in Abhängigkeit des Gewichts und der produzierten Milchmenge her.
- ECM je aufgenommenen MJ NEL (ECM/NEL) stellt die produzierten Milchmenge der aufgenommenen Energie in MJ NEL gegenüber.
- Produzierte Milchmenge aus dem Grundfutter wurde einerseits in Kilogramm (GF-ECM (kg)) und andererseits in Prozent der gesamten Milchmenge (GF-ECM (%)) angegeben.

Die Parameter $ECM/LM^{0,75}$ und ECM/NEL wurden in der für Landwirte gewohnten Form für Zuchtwerten dargestellt (Mittelwert: 100, Standardabweichung: 12, Werte über 100 sind wünschenswert).

Für die Standardisierung auf den 100 Laktationstag wurden für die Parameter Lebendmasse (LM), Trockenmasse-Aufnahme (DMI), NEL-Aufnahme (NEL), Milchmenge (ECM) und Milchmenge je aufgenommenen MJ NEL (ECM/NEL) jeweils unabhängige Schätzmodelle aufgestellt. Tabelle 5.6.1 fasst die berücksichtigten Parameter in den einzelnen Modellen zusammen. Die Tabellen 5.6.2, 5.6.3 und 5.6.4 zeigen für jeweils eine der drei untersuchten Rassen Minimum, Maximum sowie Durchschnitte je Laktationsgruppe der standardisierten Werte für ausgewählte Parameter.

Tabelle 5.6.1 In Schätzmodell zur Standardisierung auf den 100. Laktationstag eingegangene Parameter

Parameter	LM	DMI	NEL	ECM	ECM/NEL
Laktations-Gruppe**	X	X	X	X	X
Laktationstag	log^2	log^2	log^2	X^2	X^3
Trächtigkeitstag	X^2	X^3		X^2	X^2
Lebendmasse		X^2		X^2	X^2
MJ NEL / kg DMI		X	X^2	X	X
BIO oder konventionell		X	X	X	
Maisanteil***	X			X	
g XP / MJ NEL		X			
Erstabkalbealter	X				
Betrieb*	X	X	X	X	X
Tier innerhalb Betrieb*	X	X	X	X	X

* ... Zufallseffekte, alle anderen Parameter wurden als fixe Effekte berücksichtigt
** ... 1., 2. und ≥3. Laktation, außer bei ECM/NEL: 1.+2. und ≥3. Laktation
*** ... 3 Gruppen: kein Silomais, < 35% und ≥35% Silomais in der Ration

Tabelle 5.6.2 Minimum, Maximum sowie Mittelwerte (und Standardabweichungen) nach Laktationsgruppe der auf den 100. Laktationstag standardisierten Parameter Lebendmasse in kg (LM), Milchmenge in kg (ECM), Trockenmasse-Aufnahme in kg (DMI), aufgenommenen Energiemenge in MJ NEL (NEL), kg ECM je kg metabolischer Lebendmasse (ECM/$LM^{0,75}$), kg ECM je aufgenommenen MJ NEL (ECM/NEL) und Anteil Milch aus Grundfutter in Prozent (Milch aus GF) für die Rasse Fleckvieh

n = 2796 Kühe ≥3 Beobachtungen / Lakt.	MIN	MAX	LAKT 1	LAKT 2	LAKT≥3
LM	477	983	664 (±59)	707 (±62)	751 (±69)
ECM	9,88	49,20	27,82 (±5,20)	30,79 (±5,26)	31,87 (±5,47)
DMI	11,07	27,27	18,98 (±2,22)	20,88 (±2,26)	21,54 (±2,34)
NEL	94,3	181,7	129,4 (±12,6)	142,0 (±13,6)	144,9 (±14,5)
ECM/$LM^{0,75}$	0,092	0,351	0,212 (±0,035)	0,225 (±0,036)	0,223 (±0,037)
ECM/NEL	0,116	0,308	0,219 (±0,025)	0,220 (±0,027)	0,220 (±0,028)
Milch aus GF	32,3	99,1	61,0 (±7,9)	57,3 (±8,3)	56,5 (±8,3)

Tabelle 5.6.3 Minimum, Maximum sowie Mittelwerte (und Standardabweichungen) nach Laktationsgruppe der auf den 100. Laktationstag standardisierten Parameter Lebendmasse in kg (LM), Milchmenge in kg (ECM), Trockenmasse-Aufnahme in kg (DMI), aufgenommenen Energiemenge in MJ NEL (NEL), kg ECM je kg metabolischer Lebendmasse ($ECM/LM^{0,75}$), kg ECM je aufgenommenen MJ NEL (ECM/NEL) und Anteil Milch aus Grundfutter in Prozent (Milch aus GF) für die Rasse Braunvieh

n = 1107 Kühe ≥3 Beobachtungen / Lakt.	MIN	MAX	LAKT 1	LAKT 2	LAKT≥3
LM	454	946	595 (±59)	637 (±63)	666 (±59)
ECM	6,90	48,45	25,77 (±5,93)	29,73 (±6,06)	30,69 (±5,70)
DMI	11,00	27,73	18,02 (±2,64)	20,24 (±2,64)	20,68 (±2,37)
NEL	92,3	179,4	122,9 (±14,3)	136,5 (±15,2)	138,0 (±14,5)
$ECM/LM^{0,75}$	0,068	0,384	0,213 (±0,041)	0,234 (±0,042)	0,234 (±0,039)
ECM/NEL	0,101	0,303	0,214 (±0,026)	0,220 (±0,028)	0,222 (±0,028)
Milch aus GF	32,1	94,1	65,0 (±9,3)	60,8 (±9,6)	60,3 (±9,1)

Tabelle 5.6.4 Minimum, Maximum sowie Mittelwerte (und Standardabweichungen) nach Laktationsgruppe der auf den 100. Laktationstag standardisierten Parameter Lebendmasse in kg (LM), Milchmenge in kg (ECM), Trockenmasse-Aufnahme in kg (DMI), aufgenommenen Energiemenge in MJ NEL (NEL), kg ECM je kg metabolischer Lebendmasse ($ECM/LM^{0,75}$), kg ECM je aufgenommenen MJ NEL (ECM/NEL) und Anteil Milch aus Grundfutter in Prozent (Milch aus GF) für die Rasse Holstein

n = 859 Kühe ≥3 Beobachtungen / Lakt.	MIN	MAX	LAKT 1	LAKT 2	LAKT≥3
LM	437	853	597 (±61)	645 (±55)	681 (±60)
ECM	12,60	53,15	31,69 (±6,00)	36,18(±6,20)	36,96 (±6,70)
DMI	13,60	30,37	20,14 (±2,70)	22,46 (±2,62)	22,75 (±2,55)
NEL	109,0	206,2	138,7 (±14,8)	153,2 (±16,5)	154,8 (±16,0)
$ECM/LM^{0,75}$	0,108	0,414	0,262 (±0,043)	0,283 (±0,045)	0,277 (±0,047)
ECM/NEL	0,120	0,310	0,232 (±0,025)	0,238 (±0,027)	0,239 (±0,030)
Milch aus GF	38,9	82,3	59,3 (±8,8)	56,4 (±8,9)	56,3 (±8,1)

Im Rahmen der Diskussion der Ergebnisse mit den Landwirten stellte sich heraus, dass für Praktiker neben der Stoffwechsel-Effizienz vor allem Effizienz im Sinne von Wirtschaftlichkeit von Interesse ist. Um derartige Auswertungen in den laufenden Selektionsentscheidungen und Management-Anpassungen berücksichtigen zu können, müssten sie immer tagesaktuell möglichst einfach für die aktuelle Herde eines Betriebes zur Verfügung stehen. Da dies aufgrund der Projektbedingungen nicht gegeben war, wurde im Rahmen von EIP-AGRI das Projekt „Effizienz-Check“ eingereicht und mittlerweile genehmigt. In diesem Projekt geht es hauptsächlich um die Bewertung der Wirtschaftlichkeit von Einzeltieren, Gesamtbetrieben und Änderungen im Herdenmanagement bzw. von Haltungsbedingungen. Basierend auf den Erkenntnissen und Erfahrungen aus dem Projekt Efficient Cow wird in Rahmen vom Projekt Effizienz-Check eine Web-Anwendung entwickelt, die tagesaktuell möglichst benutzerfreundlich derartige Wirtschaftlichkeitsberechnungen und -vergleiche im Onlineportal des RDV (RDV4M) zur Verfügung stellen wird.

5.7 Erkenntnisse für die Praxis

Es zeigte sich eine unterschiedliche Akzeptanz für die diversen erfassten Merkmalsgruppen bei den teilnehmenden Landwirten sowie beim Erfassungspersonal. Grundsätzlich ist festzuhalten, dass die Datenlogistik für dieses Projekt sehr umfangreich angelegt werden musste. Aufgrund des begleitenden Monitorings funktionierten die Erhebungen innerhalb dieses abgesteckten Zeitraums gut. Für eine routinemäßige Erhebung ist jedoch unbedingt eine sehr datenbanknahe (RDV) Erfassungsmöglichkeit zu schaffen. Diese war im Rahmen des Projektes nur begrenzt möglich, da hierfür Erfassungsmasken und Tabellen im RDV und für alle Erfassungsmedien zu gestalten und zu programmieren gewesen wären. Die realisierte Vorgangsweise über gezielt gestaltete Papierformulare und soweit möglich die Nutzung der bestehenden RDV Erfassungsmasken sowie die nachfolgende RDV nahe Verarbeitung der Daten bestätigte die Effizienz der eingebundenen Personen und Organisationen.

Laut Rückmeldung des Erfassungspersonals sind, die entsprechenden Einschulungen und Standardisierungsmaßnahmen vorausgesetzt, berührungslose Erhebungsformen für einzeltierbezogenen Merkmale zu bevorzugen. Im Wesentlichen handelte es sich hier um die Merkmale Körperkondition (BCS), Lahmheitsscoring und die Merkmale der Tierbeschreibung (z. B. Bemuskelung). Die Gründe liegen für die mit der Erfassung betrauten Organisationen im Arbeitnehmerschutz bzw. Unfallschutzes und für den Landwirt in der Hygiene im Sinne von Biosicherheit sowie im Handling der Tiere. Unabhängig davon, zeigten die Landwirte besonders für die BCS-Bewertung Interesse. Als Vorarbeit für eine mögliche Aufnahme der Merkmale BCS und/oder Lahmheitsscoring in die Routine-Leistungsprüfung werden derzeit in einem weiterführenden Projekt die Managementnutzen dieser Merkmale noch stärker herausgearbeitet, als es im Projekt Efficient Cow vorgesehen war. Für eine routinemäßige Erhebung sind allerdings auch noch einige wichtige Fragen – wie die notwendige Frequenz der Erhebung (Anzahl pro Jahr) und elektronische Erfassungsmöglichkeiten z. B. mittels App für Smartphones – zu klären.

Bei jenen Merkmalen, die einen direkten Tierkontakt bei der Erhebung benötigen, sind Brust- bzw. Bauchumfang als Hilfsmerkmale für die Lebendmasseschätzung am besten geeignet. In der Praxis sind dies aber Merkmale, die einen engen Kontakt mit den Tieren erfordern und auf Grund der Art der Messung (Umschlag mit dem Maßband um den Rumpf des Tieres) ein gewisses Verletzungsrisiko für die durchführende Person bedeuten. Dieses Risiko kann in einem Routine-Einsatz nur dadurch vermindert werden, dass die Messungen von Personen durchgeführt werden, die den Tieren bekannt sind und regelmäßigen Umgang mit ihnen haben. Zudem zeigte sich im Projekt, dass handelsübliche Viehmaßbänder speziell für die Aufzuchtphase entwickelt wurden und für die Messung bei erwachsenen Kühen zu kurz waren. Daher wurden handelsübliche Rollmeter mit 3 bzw. 5 Meter Länge eingesetzt, die zudem auch einfach zu reinigen und desinfizieren sind.

Die Ermittlung der Stockmaße für Größe (z. B. Kreuzhöhe), Breite (z. B. Beckenbreite) und Tiefe (z. B. Rumpftiefe) sind auf Grund geringeren Exponierung des Messenden im Vergleich

zu den Bandmaßen weniger kritisch und wurden deshalb in der Praxis auch kaum diskutiert. Es handelt sich dabei Großteils um Routinemaße, die in der Linearen Beschreibung bereits verwendet werden.

Die Erfassung und Verarbeitung von Daten, die bei im Herdenmanagement notwendigen Aktivitäten (z.B. Klauenpflege, tierärztliche Behandlungen) anfallen, wurde in den Rückmeldungen der Landwirte und beteiligten Mitarbeiter als sehr wertvoll eingestuft. Hier ist eine Überführung der Datenerfassung aus dem Projekt in die Routine zu diskutieren und effektive Erfassungsmöglichkeiten sind zu entwickeln.

Im Rahmen von Efficient Cow wurde die Lebendmasse großteils mit Waagen der zuständigen Landesorganisation erhoben. Sobald die Lokalisierung am jeweiligen Betrieb fixiert war und die Tiere die Abläufe kannten, zeigte sich, dass der Vorgang der Wiegung zwar aufwändig in der Vorbereitung war, Tier und Mensch sich aber relativ schnell an diese Abläufe gewöhnten und so sehr zuverlässige Daten geliefert werden konnten. Zusätzlich wurden gleichzeitig mit dem Gewicht auch die Körpermaße erhoben. Für eine Routineerhebung sind allerdings die Kosten für den Waagenankauf einer vereinfachten Gewichtsschätzung mittels Maßbändern gegenüberzustellen und hinsichtlich Genauigkeit und Handhabbarkeit gemeinsam mit der Frage der notwendigen Mindestfrequenz der Erhebung abzuwägen. Zudem sind Möglichkeiten zu finden, eventuell am Betrieb bereits vorhandene Lebendmasse-Daten der Kühe (z. B. von automatischen Melksystem mit eingebauter Waage) in den RDV zu übernehmen. Hierzu sind neben den rein technischen Fragen der Datenübermittlung auch die Themen Datenverwendung und Standardisierung verschiedener Datenherkünfte abzuklären.

Für die Standardisierung der Lebendmasse ist ein Festhalten der eingesetzten Messtechnik und des Faktums, ob es sich um eine einmalige Wiegung (z.B. mit einer transportablen Waage) oder das Ergebnis aus einer im Betriebsmanagement implementieren elektronischen Waage mit Mittelwert einer mehrtägigen Messperiode handelt, notwendig. Hier tritt ein weiteres Problem auf: Um Daten aus derartigen Systemen (z.B. Gewichte automatischen Melk- bzw. Wiegesystemen und Kraftfuttermengen aus der Transponderfütterung) automatisiert zu verarbeiten, sind definierte elektronische Schnittstellen notwendig. Diese Schnittstellen können grundsätzlich nur bei jenen Systemen geschaffen werden, die dazu die technischen Voraussetzungen wie PC-Anbindung bzw. Datenausgabeschnittstelle erfüllen. Allerdings ist dazu auch die Kooperationsbereitschaft der Herstellerfirmen notwendig. Eine stabile und verwechslungssichere Tieridentifikation ist eine weitere Forderung, die von den jeweiligen Systemen erfüllt werden muss.

Zur Erfassung der Fütterungsinformationen zeigte sich das Rationsberechnungsprogramm der Internetanwendung RDV4M grundsätzlich geeignet. Da es aber als Optimierungssystem ausgelegt ist, sind einige spezielle Vorgangsweisen zur sicheren Erhebung der tatsächlichen Ist-Ration notwendig, die einen erhöhten Einschulungsbedarf für die betroffenen Personen bedeuten. Zur Beurteilung der Auswirkungen einer unausgewogenen Fütterung erwiesen sich die verwendeten Milch-Ketose-Teststreifen als durchaus praktikabel. Da die Probemelkungen nur vereinzelt im gewünschten Zeitraum zwischen Tag 7 und Tag 14 der

jeweiligen Laktation stattfinden, ist für den Nachweis subklinischer Ketosen ein individueller Test je Tier immer im Vorteil gegenüber einer Analyse im Rahmen der Milchleistungsprüfung. Wobei eine valide Ermittlung subklinischer Ketosen mittels Teststreifen (wie im Projekt) oder über die mittlerweile von einzelnen Länder-TGDs gemeinsam mit den Hoftierarzt angebotenen Kapilarbluttests möglich ist. Da diese Bluttests Messergebnisse direkt digital ausgeben und damit die Interpretation des Farbumschlages entfällt, scheint dies eine vielversprechende Option in Zusammenarbeit von Hoftierarzt und Landwirt.

Im Projektzeitraum wurden zusätzlich zu den Milchinhaltsstoffen auch die für deren Ermittlung notwendigen Infrarotspektren gespeichert, um diese für zukünftige, auf die Ergebnisse dieses Projektes aufbauende, Auswertungen zur Verfügung stellen zu können.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass im Zuge der Datenerhebung und Auswertung wichtige Grundlagen für eine Weiterentwicklung der Erhebungsroutine geschaffen werden konnten. Damit können vor allem auch Fragen wie notwendige Erhebungsfrequenz und Verwendung von Hilfsmerkmalen auf solider Basis diskutiert und beantwortet werden. Parallel dazu haben die durchführenden Organisationen auch Erkenntnisse gewonnen, um die Kostenauswirkung der Erweiterung der Leistungsprüfung und Datenverarbeitung im Zuchtprogramm detailliert abschätzen zu können. In diesen Prozess ist auch die Standardisierung der Merkmalsbeschreibung und -ausprägung zu diskutieren, um die Möglichkeit einer Einbindung des Landwirtes in die Datenerhebung und deren Auswirkung auf die Qualität der zur Verfügung stehenden Daten zu beantworten. Zusätzlich ist auch die Verwendung von Managementdaten, gewonnen durch Beobachtung und Erfassung des Landwirtes oder automatisiert über Sensoren, zu überlegen, wobei subjektive Einflüsse in der Erhebung genauso zu beachten sind wie technische Fragen der Datenübernahme.

5.8 Meilensteine

- Ein Konzept für eine systematische Erfassung zusätzlicher Merkmale auf Pilotbetrieben wurde erstellt.
- Logistik für die Sammlung der Gewebeproben für Genotypisierung innerhalb des Projekts wurde aufgebaut.
- Zusätzliche projektorientierte Erfassungsmasken für den RDV wurden erstellt.
- Für die Datenerfassung zuständige Mitarbeiter der Landeskontroll- und Zuchtverbände wurden geschult.
- Die 1-jährige Datenerfassung auf den Pilotbetrieben wurde erfolgreich abgeschlossen, die Daten kontrolliert und in RDV geladen.
- Ausgewählte Tiere der Rassen Fleckvieh und Braunvieh mit genauen Gesundheitsdaten wurden genotypisiert und die Gewebeproben der Kühe der Rasse Holstein eingelagert.
- Den Pilotbetrieben wurde ein Abschlussbericht mit betriebsindividuellen Auswertungen zur Verfügung gestellt.

5.9 Literatur

Deutscher Holstein Verband (Hrsg.) 2016. Exterieurbeurteilung. Lineare Beschreibung. http://www.holstein-dhv.de/seiteninhalte/exterieur.html. Abgerufen am 28.November 2016

Elanco (Hrsg.) 2012. Keto-Test. Healthy Start. (Produktbroschüre)

Enjalbert, F., M.C. Nicot, C. Bayourthe und R. Moncoulon 2001. Ketone Bodies in Milk and Blood of Dairy Cows: Relationship between Concentrations and Utilization for Detection of Subclinical Ketosis. J. Dairy Sci. 84, 583–589.

Gasteiner, J. 2004. Ketose - die bedeutendste Stoffwechselerkrankung der Milchkuh. ÖAG (Hrsg.)

Geishauser, T., Leslie K., Kelton D. und Duffield T., 1998. Evaluation of Five Cowside Tests for Use with Milk to Detect Subclinical Ketosis in Dairy Cows. J. Dairy Sci. 81, 438–443.

Geishauser, T., Leslie K., Tenhag J. und Bashiri A., 2000. Evaluation of Eight Cow-Side Ketone Tests in Milk for Detection of Subclinical Ketosis in Dairy Cows. J. Dairy Sci. 83, 296–299.

Gruber L., Schwarz F.J., Erdin D., Fischer B., Spiekers H., Steingass H., Meyer U., Chassot A., Jilg T., Obermaier A. und Guggenberger T., 2004. Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen – Datenbasis von 10 Forschungs- und Universitätsinstituten Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. 116. VDLUFA-Kongress, Rostock, 13.-17. September 2004, Kongressband 2004, VDLUFA-Schriftenreihreihe 60, 484–504.

Häusler, J., 2006. Körperkonditionsbeurteilung von Milchkühen. ÖAG (Hrsg.)

ICAR (Hrsg.), 2016. ICAR Recording Guidelines. https://www.icar.org/index.php/recording-guidelines-in-menu. Abgerufen am 28.November 2016

Iwersen, M., Falkenberg U., Voigtsberger R., Forderung D. und Heuwieser W., 2009. Evaluation of an electronic cowside test to detect subclinical ketosis in dairy cows. J. Dairy Sci. 92, 2618–2624.

Maier, M., Egger-Danner C., Dippel S. und Winckler C., 2010. Klauengesundheit durch Zucht verbessern. In: Fortschrittlicher Landwirt 2010-8, 10–13.

Sprecher, D.J., Hostetler D.E. und Kaneene J.B., 1997. A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. Theriogenology 47: 1179–1187.

Steininger, F., Fuerst-Waltl B. und Egger-Danner C., 2013. Welche Anforderungen stellen die Züchter an die Kühe? In: ZAR (Zentrale Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Rinderzüchter) (Hrsg.) ZAR-Seminar 2013. Die beste Kuh für's Gras: 3–11. Salzburg.

Steininger, F., Fuerst-Waltl B., Pfeiffer C., Fuerst C., Schwarzenbacher H. und Egger-Danner C., 2012. Participatory development of breeding goals in Austrian dairy cattle Acta argiculturae Slovenica. Ljubljana: Acta Agriculturae Slovenica: 143–47. http://aas.bf.uni-lj.si/zootehnika/supl/3-2012/cont-suppl3.htm. Abgerufen am 28.November 2016

Tiefenthaller, F. 2013. Online Rationsprogramm. Landwirtschaftskammer OÖ (Hrsg.)

Wiedner, G. und Stögmüller G., 2012. Futterhygiene in der Praxis. ÖAG (Hrsg.)

World Simmental Fleckvieh Federation (Hrsg.) 2016. Fleckscore Beschreibung. Info zur Fleckscoreberechnung. http://www.wsff.info/home-2/type/fleckscore-beschreibung. Abgerufen am 28.November 2016

ZAR (Zentrale Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Rinderzüchter) (Hrsg.) 2004. Bedeutung des Exterieurs in der Rinderzucht. Seminar des Genetischen Ausschusses der ZAR. Salzburg, 2004.

ZAR (Zentrale Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Rinderzüchter) (Hrsg.) 2012. TGD-Programm Gesundheitsmonitoring. http://zar.at/Projekte/Gesundheitsmonitoring-Rind.html. Abgerufen am 28.November 2016

5.10 Publikationen

Publikationen und Vorträge

Fuerst-Waltl B., Steininger F., Gruber L., Zottl K., Ledinek M., Zollitsch W., Fuerst C., Egger-Danner C., 2014. Optimization of production efficiency and environmental impact within the Austrian cattle production In: Wageningen Academic Publishers (Hrsg.), Book of Abstracts of the 65th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science 191.

Ledinek M., Gruber L., Steininger F., Fürst-Waltl B., Zottl K., Royer M., Krimberger K., Mayerhofer M. und Egger-Danner C., 2016. Efficient Cow – Estimation of feed intake for efficiency traits using on-farm recorded data. 24th International Symposium Animal Science Days, Sept. 21-23, Ptuj, Acta Agriculturae Slovenica, Supplement 5, 71–75.

Steininger F, 2015. Projektvorstellung “Efficient Cow” – der effizienten Kuh auf der Spur. Wintertagung 2015.

Steininger F., Fuerst C., Fuerst-Waltl B., Gruber L., Mayerhofer M., Ledinek M., Weissensteiner R., Zollitsch W., Zottl K. und Egger-Danner C., 2015. Efficient Cow-Strategies for on-farm collecting of phenotypes for efficiency traits. [ICAR-Technischer Workshop 2015, Krakau, Polen, JUN 10 - JUN 12, 2015]

Steininger F., Ledinek M., Gruber L., Fuerst-Waltl B., Zottl K., Egger-Danner C., 2016. Recording of feed efficiency under on-farm conditions. [EAAP 2016 - 67th Annual Meeting of the Federation of Animal Science, Belfast, AUG 29 - SEP 2, 2016] In: Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, Book of Abstracts of the 67th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science, 648; ISBN: 978-90-8686-284-9.

Zottl K., Koeck A., Fuerst-Waltl B., Pfeiffer C., Steininger F., Gruber L., Ledinek M., Fuerst C., Egger-Danner C., 2016. On-farm recording of novel traits in dairy cattle – genetic parameters and recommendations. [ICAR-Congress 2016, Puerto Varas, Chile, OKT 24 - OKT 28, 2016]

Fachartikel und sonstige Publikationen

Egger-Danner C. und Steininger F., 2013. Die effiziente Kuh für Ihren Betrieb. Fleckvieh Austria – das österreichische Magazin für Fleckviehzucht, Ausgabe 3/2013, 16-17.

Egger-Danner C. und Steininger F., 2014. Efficient Cow – aktueller Stand der Umsetzung des Projektes. Fleckvieh Austria – das österreichische Magazin für Fleckviehzucht, Ausgabe 5/2014, 14-15.

Egger-Danner C. und Steininger F., 2014. Efficient Cow – Aktueller Stand der Umsetzung des Projektes. AGÖF-Mitteilung 10/2014; Mitteilungen der ARGE-BV und der ARGE Holstein.

Pein S., 2016. Österreich sucht die effiziente Kuh. top agrar 1/2016, 14-16.

Steininger F., Egger-Danner C. und Zottl K., 2013. Wie finde ich die richtige Kuh für meinen Betrieb? Fleckvieh Austria – das österreichische Magazin für Fleckviehzucht, Ausgabe 4/2013, 7-9.

Steininger F., Egger-Danner C. und Zottl K., 2013. Auf der Suche nach der idealen Kuh. Braunvieh, Ausgabe 4/2013

Steininger F., Zottl K. und Egger-Danner C., 2013. „Efficient Cow“ – ein Projekt zur Optimierung der Milchproduktion. BauernZeitung, Nr. 38, 7.

Steininger F., Egger-Danner C. und Zottl K., 2013. Wie finde ich die richtige Kuh für meinen Betrieb? vet journal 12/2013, 2-7

ZAR (Zentrale Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Rinderzüchter) (Hrsg.) 2013. Efficient Cow. Die richtige Kuh für meinen Bericht. (Informationsfolder) http://zar.at/Projekte/Efficient-Cow.html. Abgerufen am 28.November 2016

Film über Projekt: youtube

unten der Link zum Imagefilm Projekt „Efficient Cow“

http://youtu.be/9J8WUFQL-40

6 Arbeitspaket 2: Schätzung der Lebendmasse mit Hilfe des Körpermaßes Brustumfang und ev. anderer Körpermaße wie Bauchumfang, Kreuzhöhe und BCS

6.1 Ziele und geplante Maßnahmen

- Entwicklung einer möglichst genauen und einfachen Schätzformel für die Lebendmasse
- Identifikation der bedeutendsten Körpermaße und Einflussfaktoren für eine valide Formel
- Validierung der gewählten Schätzmodelle
- Publikation u. a. in Rahmen der Dissertation von Ledinek

6.2 Zusammenfassung

Ziel des AP 2 war es, eine Schätzformel für die Lebendmasse mittels Körpermaßen oder BCS sowie unter Berücksichtigung von Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium zu entwickeln. Die entwickelten Modelle basieren auf ca. 46.600 Datensätzen, davon knapp 10 % aus der Trockenstehzeit. Lebendmasse, BCS, Brust- und Bauchumfang wurden bei jeder Milchleistungsprüfung erhoben. Körpermaße wie Kreuzhöhe, Mittelhandlänge, Beckenlänge, Rumpftiefe, vordere und hintere Beckenbreite und hintere Körperbreite (bei der Kniehöhe gemessen) wurden jedoch höchstens dreimal pro Tier erfasst, weswegen Schätzformeln mit diesen Körpermaßen auf einem deutlich geringeren Datenmaterial beruhen.

In den Einzelmodellen erwies sich der Brustumfang als einflussreichstes Körpermaß mit dem niedrigsten RMSE (39,0 kg), gefolgt von Bauchumfang (39,3 kg) und vorderer Beckenbreite (49,9 kg). Alle anderen Körpermaße und auch der BCS erbrachten keine höhere Schätzgenauigkeit als ca. 50,0 kg. Das Modell $_{BU\,BA}$ reduzierte den Schätzfehler weiter auf 32,5 kg und das Zufügen der vorderen Beckenbreite auf 30,4 kg. Der fixe Effekt der Laktationszahl zeigt das simultane und degressive Wachstum von 1. bis ≥5. Laktation. Aufgrund einer Verbesserung der Schätzgenauigkeit und des Bestimmtheitsmaßes wurden neben dem gepoolten Regressionskoeffizienten auch rassespezifische für jedes Körpermaß ausgewiesen.

Die Validierung ergab, dass durchschnittlich 99,6 % der Varianz zwischen geschätzten und beobachteten Werten auf Zufall beruhen. Dies bedeutet, dass die Modelle die Lebendmasse valide und ohne unerwünschte systematische Schätzfehler vorhersagen. Dies liegt einerseits daran, dass die verwendeten Parameter tatsächlich die Einflussfaktoren für die Lebendmasse sehr gut erfassen. Andererseits basiert die Formel auf einem sehr heterogenen und weitgestreuten Datenmaterial. Allerdings ist eine Schätzung ohne Brust- und Bauchumfang nicht genau genug möglich, weswegen für eine Anwendung in der Praxis diese zwei Merkmale zusätzlich erfasst werden müssen.

6.3 Einleitung

Die Zucht von Milchkühen mit hohem Milchleistungspotential bewirkte eine verkürzte Nutzungsdauer, sowie schwerere und größere Tiere mit einem höheren Erhaltungsbedarf

(Krogmeier 2009). Eine 850 kg schwere Kuh muss 8.100 kg Milch pro Jahr produzieren, um die gleiche Futter-Effizienz wie eine 550 kg schwere Kuh mit 5.900 kg Milch zu erreichen (Steinwidder 2009). Dafür benötigt eine 550 kg schwere Kuh einen Kraftfutteranteil von 18 %, eine Kuh mit 850 kg jedoch einen Anteil von 27 %. Ohne diese Erhöhung der Energiekonzentration erreichen schwere Kühe entweder die notwendige Milchleistung nicht und verlieren daher an Effizienz, oder sie müssen verstärkt Körperreserven mobilisieren. Modellkalkulationen von Gruber (2013) auf Basis des Energiebedarfs nach GfE (2001) haben ergeben, dass eine Kuh im Durchschnitt um 832 kg mehr Milch (ECM) geben muss, um gleich effizient zu sein wie die um 100 kg LM leichtere Kuh. Die Einbeziehung der Lebendmasse in der Milchviehzucht ist für eine zukünftig effiziente Ressourcennutzung nötig (Steinwidder 2009). Das Abwägen der Tiere ist jedoch unter Praxisverhältnissen schwierig (Banos und Coffey 2012).

Daher soll die Lebendmasse mit unterschiedlichen Körpermaßen unter Berücksichtigung von Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium modelliert werden, um die Einflussfaktoren auf die Lebendmasse zu identifizieren und eine valide Schätzformel zu entwickeln.

6.4 Material und Methoden

6.4.1 Beschreibung der Datenbasis

Die Untersuchungen basieren auf 46.584 Datensätzen, davon 4.530 aus der Trockenstehzeit. Da die Stockmaße unabhängig von den Erhebungsterminen und höchstens dreimal pro Tier gemessen wurden, fließen bei der zusätzlichen Verwendung von Stockmaßen in Schätzformeln nur 12.306 Datensätze ein, 1.240 davon aus der Trockenstehzeit (Tabelle 1). Die Schätzung erfolgte mit 80 % der Datensätze für die gesamte Zwischenkalbezeit und die Validierung mit 20 % der Datensätze getrennt nach Trockenstehzeit und Laktation. Die Tiere sind insgesamt größer und schwerer als im Datenmaterial von Ledinek und Gruber (2015), was sich auch durch einen höheren Anteil von Fleckvieh erklären lässt. Das Datenmaterial der Projektbetriebe (Tabellen 2 bis 5) weist auch eine stärkere Streuung auf, was auch die Variationskoeffizienten zeigen. In der Trockenstehzeit sind die Kühe mit durchschnittlich 794 kg um 92 kg schwerer als in der Laktation und erreichen im Schnitt beinahe 800 kg. Die leichteste Kuh (Laktation) wiegt 400 kg, die schwerste 1108 kg (Trockenstehzeit). Trockensteher haben einen um 7,5 cm größeren Brustumfang als laktierende Kühe (217,5 vs. 210,0 cm). Der Bauchumfang ist mit 272 cm um 16,5 cm weiter. Die restlichen mit Messstock gemessenen Merkmale verändern sich um höchstens 2 cm. Die durchschnittliche Kuh besitzt eine Kreuzhöhe von 146 cm, eine Mittelhandlänge von 91 cm, eine Beckenlänge von 56 cm und eine Rumpftiefe von 85 cm. Die vordere Beckenbreite beläuft sich bei 57,5 cm, die hintere Beckenbreite bei 39,5 und die hintere Körperbreite bei 54 cm.

6.4.2 Statistische Auswertung

Die Auswertung erfolgte mit der Procedure Mixed des Programmes SAS (2015; Version 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) mit der Varianzkomponentenschätzung Methode REML,

der Freiheitsgradapproximation nach Kenward-Roger und nach dem Akaike-Informationskriterium (AIC) ausgewählten Kovarianzstruktur VC.

Die Validierung wurde nach der Methode von Bibby und Toutenburg (1977) vorgenommen. Hierbei wird die Abweichung zwischen geschätzten (estimated) und gemessenen (observed) Werten in Bias, Regression und Zufall aufgeteilt. Weiters wird die lineare Regression zwischen gemessener und geschätzter Lebendmasse aus der Validierung verwendet, um die aus der Schätzformel erhaltenen Werte zu korrigieren. Tabelle 2 bis 5 zeigen eine deskriptive Übersicht über die Schätz- und Validierungsdatensets der zwei schlussendlich gewählten Schätzmodelle. Die nur geringfügigen Unterschiede sprechen für eine gute statistische Verteilung der Variablen in allen Datensets.

Gleich den Voruntersuchungen von Ledinek und Gruber (2015) wurden Laktationszeit und Trockenstehzeit gemeinsam ausgewertet. Die Kurvenanpassung an den fixen Effekt Zeit und die Validierung wurden anschließend jedoch getrennt nach Trockenstehzeit und Laktation vorgenommen. Die an den fixen Effekt Zeit angepassten Kurven ermöglichen eine stufenlose Schätzung der Lebendmasse abhängig vom Laktationstag.

Das Ziel war wie bereits in den Vorstudien (Ledinek und Gruber 2014; Gruber und Stegfellner 2015), den Einfluss der einzelnen Körpermaße, des BCS und ggf. der Bemuskelung auf die Lebendmasse zu untersuchen und aus der Kombination der einflussreichsten Körpermaße eine Schätzformel für die Lebendmasse zu entwickeln. Dabei war der Einfluss von Rasse, Laktationszahl, Laktationsstadium auf die Lebendmasse selbst, aber auch auf die Körpermaße zu berücksichtigen. Ein möglichst genaues, aber verhältnismäßig wenig komplexes Modell wurde angestrebt. Die Gestaltung der Zwischenkalbezeit als fixen Effekt modelliert die Wechselwirkungen der Körpermaße in Abhängigkeit vom Laktationsstadium (Gruber et al. 2004). Allerdings hatte das Laktationsstadium im vorliegenden Datenmaterial nur einen geringen Einfluss auf die Regressionskoeffizienten im Laktationsverlauf und die Wechselwirkung zwischen Laktationsstadium und Körpermaß wurde daher entfernt. Dies steht im Gegensatz zu den Ergebnissen der Vorstudien und den Empfehlungen von Wall et al. (2005), Veränderungen durch Wachstum, Mobilisation oder Zunahmen im Laktationsverlauf zu berücksichtigen.

Zu den zuerst einzeln getesteten Körpermaßen wurden im Modell weitere Körpermaße hinzugefügt. Die Beurteilung der Modelle erfolgte nach dem AIC-Wert, der Signifikanz der Modellparameter und deren Auswirkungen auf die Schätzwerte und Regressionskoeffizienten. Ähnliche Vorgangsweisen wählten auch andere Autoren (Yan et al. 2009, Banos und Coffey 2012, Haile-Marian et al. 2014). Quadratische Effekte führten ähnlich wie bei Yan et al. (2009), Banos und Coffey (2012) und in den Vorstudien zu keiner wesentlichen Verbesserung. Dies gilt auch für mehr als drei Körpermaße. Daher fiel die Wahl auf das genaueste Modell mit zwei und drei Körpermaßen (Modell $_{BU\ BA}$, Modell $_{BU\ BA\ VBB}$) und mit einem rassespezifischen Regressionskoeffizienten für jedes Körpermaß.

Der fixe Effekt Rasse zeigt eine Einteilung der Tiere in fünf Klassen nach der Höhe des Fremdgenanteils und der Milchbetonung. Die Gruppen BS (Brown Swiss) und HF (Holstein-

Friesian) beinhalten Tiere ohne Fremdrasse. In der Klasse FV (Fleckvieh) wurden Tiere ohne Fremdgenanteil und die Gruppe mit einem Red Holstein (RH)-Anteil von ≤ 10 % kombiniert, weil vorangehende Auswertungen keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen zeigten. FV_RH_m und FV_RH_h stellen Fleckviehgruppen mit mittleren und hohem RH-Anteil dar. FV_RH_m weist einen Fremdgenanteil von > 10,0 bis ≤ 44,5 % auf, FV_RH_h einen von > 44,5 %. FV-Gruppen mit Montbeliard als Fremdrasse standen ebenfalls zur Verfügung. Diese feine Einteilung wurde erstellt, weil sich milchbetonte und kombinierte Rassen bereits in den Vorstudien deutlich im Körperbau unterschieden.

Der Effekt der Laktationszahl weist 1. und 2. Laktation getrennt aus, 3. und 4. Laktation gemeinsam sowie alle Laktationszahlen ≥ 5 gemeinsam. Der fixe Effekt Zeit (Laktationsstadium) fasst die Laktation in 4-Wochen-Abschnitte (28 Tage) zusammen. Für die Trockenstehzeit sind jeweils zwei Wochen kombiniert.

Die allgemeine Form der Modelle für die Lebendmasseschätzung lautet:

$$Y_{ijklm} = \mu + R_i + L_j + Z_k + \sum b_l \times X_l + \sum b_{l(Rasse)} \times X_l + B_m + \varepsilon_{ijklm}$$

Y_{ijklm}	= Beobachtungswert des abhängigen Parameters
μ	= Intercept
R_i	= fixer Effekt der Rasse i (i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)
L_j	= fixer Effekt der Laktationszahl j (j = 1, 2, 3+4, ≥5)
Z_k	= fixer Effekt der Zeit (k = 7-8, 5-6, 3-4, 1-2, 1, 2, …, 12, 13)
b_l	= linearer Regressionskoeffizient des l-ten Körpermaßes
$b_{l(Rasse)}$	= Regressionskoeffizient des l-ten Körpermaßes für die Rasse i
B_m	= zufälliger Effekt Betrieb (m = 1-167)
ε_{ijklm}	= Restkomponente

Tabelle 1: Datenverteilung in den Klassen der fixen Effekte

Anzahl der Datensätze in den Klassen der fixen Effekte Rasse und Laktationszahl

TRO-LAK	EST-VAL	Daten gesamt	Rasse					Laktationszahl			
			FV	FV_RH_m	FV_RH_h	HF	BS	1	2	3+4	≥ 5
Modell mit den Körpermaßeparametern Brustumfang und Bauchumfang (Modell BU BA)											
LAK	EST	33653	13457	3860	1872	5171	7756	9569	7381	9513	7190
LAK	VAL	8401	3330	988	478	1300	1917	2388	1825	2392	1796
TRO	EST	3615	1506	423	207	502	802	1055	874	1058	628
TRO	VAL	915	402	93	43	121	213	281	210	260	164
Modell mit den Körpermaßeparametern Brustumfang, Bauchumfang und vorderer Beckenbreite (Modell BU BA VBB)											
LAK	EST	8800	3530	1090	495	201	1403	2397	1974	2608	1901
LAK	VAL	2186	867	262	119	351	481	590	514	614	468
TRO	EST	965	370	99	46	158	236	291	245	252	177
TRO	VAL	275	104	33	22	36	67	64	82	75	54

Anzahl der Datensätze für den fixen Effekt Zeit

			Trockenstehzeit (Wochen a.p.)				Laktation (Monate p.p., 28 Tage pro Monat)												
			7-8	5-6	3-4	1-2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Modell mit den Körpermaßeparametern Brustumfang und Bauchumfang (Modell BU BA)																			
LAK	EST	33653					3105	3194	3070	3058	3014	2826	2911	2755	2769	2708	2116	1336	791
LAK	VAL	8401					827	813	733	765	695	764	740	704	678	572	516	361	233
TRO	EST	3615	503	909	1082	1121													
TRO	VAL	915	141	246	285	243													
Modell mit den Körpermaßeparametern Brustumfang, Bauchumfang und vorderer Beckenbreite (Modell BU BA VBB)																			
LAK	EST	8800					718	888	811	861	798	761	781	694	717	671	571	383	226
LAK	VAL	2186					156	233	200	179	193	187	186	178	165	184	153	114	58
TRO	EST	965	138	295	310	222													
TRO	VAL	275	49	78	97	51													

TRO trocken, LAK laktierend, EST Datenmaterial für Schätzung, VAL Datenmaterial für Validierung

FV Fleckvieh, RH Red Holstein(anteil), HF Holstein Friesian, m mittlerer Holsteinanteil, h hoher Holsteinanteil, BS Brown Swiss

Tabelle 2: Tierbedingte Parameter im Datensatz für Schätzung und Validierung für das Modell $_{BU\ BA}$ in der Laktation

Parameter	Einheit	Datensatz Schätzung						Datensatz Validierung					
		Anzahl	Mittelwert	Standard-abweichung	Variations-koeffizient	Minimum	Maximum	Anzahl	Mittelwert	Standard-abweichung	Variations-koeffizient	Minimum	Maximum
Lebendmasse	kg	33653	701	89,6	12,8	400	1088	8401	700	89,6	12,8	403	1042
Lebendmasse geschätzt	kg							8401	700	80,6	11,5	422	1011
Brustumfang	cm	33653	210	10,3	4,9	166	257	8401	210	10,3	4,9	168	253
Bauchumfang	cm	33653	255	13,9	5,5	193	302	8401	255	14,0	5,5	204	312
Kreuzhöhe	cm	8834	146	4,5	3,1	128	163	2239	146	4,7	3,2	130	163
Mittelhandlänge	cm	8333	90	5,5	6,1	73	110	2101	90	5,6	6,2	74	111
Beckenlänge	cm	8831	56	3,0	5,3	46	68	2237	56	3,0	5,4	45	68
Rumpftiefe	cm	8832	84	4,5	5,4	67	99	2236	84	4,5	5,3	70	99
vordere Beckenbreite	cm	8830	57	3,4	5,9	45	68	2236	57	3,4	6,0	46	67
hintere Beckenbreite	cm	8823	39	4,7	12,1	27	59	2237	39	4,6	11,8	28	58
hintere Körperbreite	cm	8812	54	5,5	10,3	34	71	2239	53	5,4	10,2	36	69
Laktationszahl		33653	2,6	1,4	54,7	1	5	8401	2,6	1,4	54,6	1	5
Laktationstag		33653	159	96	60	1	364	8401	158	97	61	1	364

Tabelle 3: Tierbedingte Parameter im Datensatz für Schätzung und Validierung für das Modell $_{BU\ BA}$ in der Trockenstehzeit

Parameter	Einheit	Datensatz Schätzung						Datensatz Validierung					
		Anzahl	Mittelwert	Standard-abweichung	Variations-koeffizient	Minimum	Maximum	Anzahl	Mittelwert	Standard-abweichung	Variations-koeffizient	Minimum	Maximum
Lebendmasse	kg	3615	796	91,8	11,5	506	1105	915	795	92,6	11,6	534	1108
Lebendmasse geschätzt	kg							915	796	81,5	10,2	586	1085
Brustumfang	cm	3615	218	11,0	5,0	182	264	915	218	10,9	5,0	188	258
Bauchumfang	cm	3615	271	13,2	4,9	227	320	915	272	13,6	5,0	231	314
Kreuzhöhe	cm	967	146	4,6	3,2	131	163	275	145	4,5	3,1	130	156
Mittelhandlänge	cm	904	91	5,8	6,3	75	109	257	91	5,4	5,9	75	105
Beckenlänge	cm	967	56	3,0	5,4	48	66	275	56	3,1	5,5	45	66
Rumpftiefe	cm	966	86	4,2	4,8	71	99	275	86	4,4	5,1	74	99
vordere Beckenbreite	cm	967	58	3,4	5,8	47	68	273	58	3,3	5,7	48	70
hintere Beckenbreite	cm	964	40	4,9	12,4	28	57	272	40	4,8	12,0	27	56
hintere Körperbreite	cm	964	55	5,9	10,8	36	70	271	55	6,5	11,8	38	71
Laktationszahl		3615	2,5	1,4	54,3	1	5	915	2,5	1,4	55,4	1	5
Laktationstag		3615	370	69	19	257	1049	915	367	66	18	269	752

Tabelle 4: Tierbedingte Parameter im Datensatz für Schätzung und Validierung für das Modell $_{BU\ BA\ VBB}$ in der Laktation

Parameter	Einheit	Datensatz Schätzung						Datensatz Validierung					
		Anzahl	Mittelwert	Standard-abweichung	Variations-koeffizient	Minimum	Maximum	Anzahl	Mittelwert	Standard-abweichung	Variations-koeffizient	Minimum	Maximum
Lebendmasse	kg	8880	704	88,9	12,6	416	1016	2186	703	89,9	12,8	435	1013
Lebendmasse geschätzt	kg							2186	704	80,6	11,5	441	980
Brustumfang	cm	8880	210	10,3	4,9	173	253	2186	210	10,3	4,9	175	247
Bauchumfang	cm	8880	256	13,7	5,3	200	312	2186	256	13,9	5,4	199	300
Kreuzhöhe	cm	8879	146	4,5	3,1	128	163	2186	146	4,7	3,2	130	163
Mittelhandlänge	cm	8353	90	5,5	6,1	73	111	2075	90	5,5	6,1	74	109
Beckenlänge	cm	8875	56	3,0	5,3	46	68	2185	56	3,0	5,3	45	66
Rumpftiefe	cm	8877	84	4,5	5,3	67	99	2183	84	4,5	5,4	69	99
vordere Beckenbreite	cm	8880	57	3,4	5,9	45	68	2186	57	3,4	6,0	46	68
hintere Beckenbreite	cm	8832	39	4,7	11,9	27	59	2178	39	4,9	12,5	27	59
hintere Körperbreite	cm	8823	54	5,5	10,3	36	69	2177	53	5,5	10,3	34	71
Laktationszahl		8880	2,7	1,4	53,7	1	5	2186	2,7	1,4	54,0	1	5
Laktationstag		8880	160	95	60	1	364	2186	164	97	59	1	364

Tabelle 5: Tierbedingte Parameter im Datensatz für Schätzung und Validierung für das Modell $_{BU\ BA\ VBB}$ in der Trockenstehzeit

Parameter	Einheit	Datensatz Schätzung						Datensatz Validierung					
		Anzahl	Mittelwert	Standard-abweichung	Variations-koeffizient	Minimum	Maximum	Anzahl	Mittelwert	Standard-abweichung	Variations-koeffizient	Minimum	Maximum
Lebendmasse	kg	965	789	93,6	11,9	528	1075	275	793	88,6	11,2	578	1018
Lebendmasse geschätzt	kg							275	797	77,2	9,7	609	1046
Brustumfang	cm	965	217	11,1	5,1	185	264	275	218	10,9	5,0	190	250
Bauchumfang	cm	965	271	13,6	5,0	235	311	275	272	13,0	4,8	234	314
Kreuzhöhe	cm	965	146	4,6	3,2	130	163	275	146	4,7	3,2	132	158
Mittelhandlänge	cm	904	91	5,8	6,3	75	109	256	92	5,5	6,0	75	106
Beckenlänge	cm	965	56	3,1	5,5	45	66	275	56	2,8	5,0	48	63
Rumpftiefe	cm	964	86	4,2	4,8	71	99	275	87	4,3	5,0	75	99
vordere Beckenbreite	cm	965	58	3,4	5,8	47	67	275	58	3,3	5,6	49	70
hintere Beckenbreite	cm	962	40	4,8	12,1	27	57	273	40	5,1	12,8	28	57
hintere Körperbreite	cm	961	55	6,2	11,2	36	71	273	55	5,7	10,4	38	70
Laktationszahl		965	2,5	1,4	55,7	1	5	275	2,6	1,4	52,2	1	5
Laktationstag		965	365	63	17	269	795	275	369	72	20	288	663

Tabelle 6: Korrelationsmatrix der Körpermaßeparameter in der Laktation (oberhalb Diagonale) und Trockenstehzeit (unterhalb Diagonale).

Parameter	**LM**	**BU**	**BA**	**KH**	**MHL**	**BL**	**RT**	**VBB**	**HBB**	**HKB**	**BCS**	**BEM**
Lebendmasse		0,82	0,82	0,17	0,22	0,41	0,52	0,59	0,43	0,29	0,43	0,46
Brustumfang	0,80		0,72	0,25	0,16	0,44	0,55	0,57	0,34	0,21	0,35	0,34
Bauchumfang	0,80	0,72		0,16	0,25	0,32	0,62	0,54	0,34	0,24	0,30	0,34
Kreuzhöhe	0,21	0,25	0,20		0,40	0,50	0,41	0,36	0,04	0,14	*0,00*	-0,12
Mittelhandlänge	0,15	0,08	0,19	0,43		0,24	0,33	0,32	*0,00*	0,05	*0,00*	*0,01*
Beckenlänge	0,43	0,40	0,33	0,48	0,23		0,48	0,56	0,23	0,20	0,13	0,02
Rumpftiefe	0,54	0,53	0,60	0,41	0,28	0,46		0,60	0,22	0,24	0,06	0,03
vord. Beckenbreite	0,57	0,53	0,51	0,34	0,25	0,53	0,54		0,36	0,32	0,16	0,11
hint. Beckenbreite	0,39	0,29	0,26	*0,04*	*-0,06*	0,22	0,19	0,36		0,21	0,11	0,22
hint. Körperbreite	0,25	0,15	0,22	0,19	0,13	0,18	0,27	0,34	0,18		0,22	0,13
BCS	0,48	0,45	0,39	*0,04*	*0,05*	0,21	0,21	0,27	0,16	0,23		0,58
Bemuskelung	0,45	0,37	0,35	-0,08	0,10	0,10	0,16	0,20	0,17	0,14	0,49	
rot und kursiv: P-Wert > 0,05; oberhalb der Diagonale Laktation, unterhalb der Diagonale Trockenstehzeit												

6.5 Ergebnisse und Diskussion

6.5.1 Beziehungen von Lebendmasse und Körpermaßen

Tabelle 6 zeigt die Korrelationen nach Pearson zwischen den einzelnen Körpermaße-parametern getrennt nach Laktation und Trockenstehzeit.

Ähnlich wie Gruber und Stegfellner (2015) kann dieses Datenmaterial einen stärkeren Zusammenhang zwischen den Körpermaßen und der Lebendmasse in der Trockenstehzeit – wie es in der anderen Vorstudie der Fall – war nicht oder nur bedingt bestätigen. Nur BCS und Bemuskelung korrelierten zu den meisten anderen Merkmalen in der Trockenstehzeit stärker als in der Laktation. Die meisten Merkmale änderten sich nur geringfügig.

Alle Körpermaße korrelierten positiv zur Lebendmasse (LM). Brust- und Bauchumfang (r = 0,82; 0,80; Laktation, Trockenstehzeit) wiesen mit der vorderen Beckenbreite (r = 0,59; 0,57) und der Rumpftiefe (r = 0,52; 0,54) die stärkste Beziehung auf. Dies spiegelte sich auch in den höchsten Schätzgenauigkeiten der LM-Modelle mit einem Körpermaß wider. Damit liegen die Werte von Brust- und Bauchumfang im Bereich der Ergebnisse von Ledinek und Gruber (2014) mit 0,81 sowie von Stegfellner (2014) und Yan et al. (2009) mit 0,88. Yan et al. (2009) führten dies mit der stärkeren Beziehung von Umfangsmerkmalen zur Körperkondition zurück. Die vordere Beckenbreite (= Hüftbreite) war in der Studie von Enevoldsen und Kristensen (1997) mit 0,72 deutlich stärker korreliert. Die auffällig geringere Beziehung der hinteren Körperbreite in der aktuellen Studie (r = 0,29; Laktation) im Vergleich zu 0,77 Ledinek und Gruber (2014) und 0,60 Stegfellner (2014) lässt sich durch das schwere Finden der Messpunkte erklären. In beiden anderen Studien wurde ein mit diesem Merkmal bereits erfahrenes Personal eingesetzt. Daher sind die Werte der hinteren Beckenbreite dieser Studie mit Vorsicht zu betrachten. BCS und Bemuskelung verhielten sich zur Lebendmasse einander sehr ähnlich in einem Bereich von 0,43 bis 0,48 und lagen leicht unter den von Stegfellner (2014) und Enevoldsen und Kristensen (1997) gefundenen Werten von 0,53. Körpermaße, welche die Höhe oder Länge beschreiben, wiesen wie in den davor genannten Studien den geringsten Zusammenhang zur Lebendmasse auf.

Der BCS korrelierte in der Laktation mit allen Merkmalen außer Lebendmasse, Brustumfang, Bauchumfang, hinterer Körperbreite und Bemuskelung gering (r = 0,43; 0,35; 0,30; 0,22; 0,58) und deutlich schwächer ausgeprägt als bei den vergleichbaren Merkmalen beider Vorstudien. Auch die Lebendmasseschätzung mit dem BCS wies einen höheren Schätzfehler in dieser Studie auf. In den Vorstudien gehörten Schätzmodelle mit BCS zu den genauesten. Auch dies liegt daran, dass die BCS-Bewerter in den Vorstudien erfahren waren.

6.5.2 Schätzmodelle für die Lebendmasse

Tabelle 7 beinhaltet die Schätzwerte der beiden ausgewählten Modelle $\text{Modell}_{\text{BU BA}}$ und $\text{Modell}_{\text{BU BA VBB}}$. In den Zeilen für die Regressionsparameter der Körpermaße (b_KM) sind einerseits der gepoolte Regressionskoeffizient als auch die rassespezifischen zu finden. Die Zeile Zeit führt die an den fixen Effekt Zeit angepassten Kurvenmodelle getrennt nach Trockenstehzeit und Laktation an. Die Formel lässt sich nur für Trockensteher nur im Bereich

vom -56. bis zum -1. Tag vor der Abkalbung einsetzen, für die Laktation für die Zeitspanne eines Jahres vom 1. zum 365. Laktationstag. Eine Extrapolierung über diese Grenzen hinaus ist unzulässig, weil sich u. a. die Krümmung der angepassten Kurven verändert. In der Zeile VAL (Validierung) sind jene Formeln angeführt, welche für die Korrektur des Schätzfehlers sorgen (Bibby und Toutenburg 1977). Man setzt die aus dem Modell geschätzten Werte in die entsprechende Formel ein und erhält somit die korrigierten geschätzten Werte.

In den Einzelmodellen erwies sich der Brustumfang als einflussreichstes Körpermaß mit dem niedrigsten root mean square error (RMSE) (39,0 kg), gefolgt von Bauchumfang (39,3 kg) und vorderer Beckenbreite (49,9 kg). Diese Schätzfehler sind deutlich höher als die in den Vorstudien erhaltenen (Bauchumfang 19,7 bis 35,0 kg; Brustumfang 23,0 kg bis 35,2 kg).

Die Kombination von Brust- und Bauchumfang im Modell $_{BU\ BA}$ verringert den RMSE auf 32,5 kg und liegt leicht unter dem Modell $_{BU\ BA}$ (33,9 kg) von Stegfellner (2014). Das Modell $_{BU\ BA\ VBB}$ reduziert den Schätzfehler weiter auf 30,4 kg. Damit liegt der Schätzfehler unter den Modellen aus rein linearen Merkmalen (RMSE = 36,6 bis 43,0 kg) von Banos und Coffey (2012) und dem zweitgenauestem Modell $_{BU\ BA\ BCS}$ (33,6 kg) von Stegfellner (2014). Schätzfehler der geringen Größenordnung (Modell $_{BU\ BA\ BCS}$ 18,7 kg) wie in der Vorstudie von Ledinek und Gruber (2014) konnten nicht erreicht werden. Allerdings ist auch zu beachten, dass die in der aktuellen Studie vorliegenden Schätzmodelle auf ein deutlich größeres Praxis-Datenmaterial zugreifen, was die höheren Schätzfehler zusätzlich relativiert.

Die fixen Effekte Rasse, Laktationszahl und Zeit sowie die Regressionskoeffizienten der Körpermaße Brust- und Bauchumfang sowie vorderer Beckenbreite sind in beiden Modellen Modell $_{BU\ BA}$ und Modell $_{BU\ BA\ VBB}$ hochsignifikant. Die einzige Ausnahme bildet der rassenspezifische Regressionskoeffizient für b_VBB im Modell $_{BU\ BA\ VBB}$ (P = 0,119).

Abbildung 1 zeigt jene Effekte, die beide Schätzmodelle berücksichtigen.

Die Lebendmasse nimmt in beiden Schätzmodellen mit der Laktationszahl degressiv zu und zeigt die typische simultane Entwicklung von Körpermaßen und Lebendmasse durch das Wachstum der Tiere. Die Vorstudien und die Untersuchungen von Yan et al. (2009) sowie Enevoldsen und Kristensen (1997) zeigen ein ähnliches Bild. Auffällig sind die in den aktuellen Untersuchungen geringen Differenzen zwischen den einzelnen Laktationen. Zwischen 1. und ≥5. Laktation liegen nur 16,80 bis 9,46 kg bei Modell $_{BU\ BA}$ und Modell $_{BU\ BA\ VBB}$. Dies verdeutlicht die in dieser Studie besonders starke Wirkung der Körpermaße selbst und deren Wechselwirkung mit der Rasse auf die Lebendmasse, weil der Unterschied beim Effekt Laktationszahl in einem Modell ohne Körpermaße bei 100 kg lag. Der Effekt für die ≥5. Laktation ist als letzte Laktationszahlklasse 0 und deshalb nicht in der Tabelle angeführt.

Die Kurve des fixen Effekts Zeit steigt bei Modell $_{BU\ BA}$ in der Trockenstehzeit von 4,49 kg auf 18,50 kg an, bei Modell $_{BU\ BA\ VBB}$ von 4,60 auf 17,03 kg. Der verstärkte Einfluss ist mit der Zunahme für die Trächtigkeit zu erklären. Der gravide Uterus nimmt vom 7. bis 9. Trächtigkeitsmonat von ca. 24 auf 80 kg stark zu (Kirchgessner et al. 2011). In der Laktation wurde ein Polynom 4. Grades angepasst. Jener 2. Grades führte zu Schätzungenauigkeiten und jener 3. Grades war aufgrund seiner verfrühten Änderung der Krümmung nicht

anwendbar. Beide Kurven des fixen Effektes Zeit spiegeln in ihrer Form den typischen Verlauf der Lebendmasse in der Laktation wider. Unter Konstanthaltung aller anderen Faktoren erreicht eine Kuh ihre geringste Lebendmasse am 108. bzw. am 114. Laktationstag (Modell $_{BU\ BA}$ und Modell $_{BU\ BA\ VBB}$) und damit deutlich später als in einem Modell ohne Körpermaße, was wiederum deren starken Einfluss aufzeigt. Lebendmasse und Bauchumfang steigen in der Laktation bereits ab dem 1. Monat an, während BCS und Brustumfang erst gemeinsam ab dem 71. Laktationstag zunehmen. Andrew et al. (1994) stellten den geringsten Körperenergiegehalt von Holstein-Friesians am 77. Tag fest, aber keine signifikanten Veränderungen der Lebendmasse verglichen mit anderen Laktationsstadien. Diese Zusammenhänge verdeutlichen wiederum, dass Bauchumfang und Lebendmasse stärker von der Futteraufnahme abhängen, und Brustumfang und BCS stärker mit der Einschmelzung und dem Wiederaufbau von Fettreserven (Yan et al. 2009). Die Schätzmodelle von Ledinek und Gruber (2015) wiesen hingegen einen beinahe entgegengesetzten Verlauf des fixen Effektes Zeit mit einem Hochpunkt aus, was sich jedoch durch die zusätzliche Modellierung der Wechselwirkung zwischen Zeit und Körpermaße ergab. Der RMSE der angepassten Kurven liegt in der Trockenstehzeit zwischen 5,0 und 6,8 kg, in der Laktation zwischen 0,7 und 1,4 kg bei beiden Modellen.

Die Regressionskoeffizienten des Brustumfanges auf die Lebendmasse liegen bei 3,16 kg/cm (Modell $_{BU\ BA}$) und 2,52 kg/cm (Modell $_{BU\ BA\ VBB}$). Damit entsprechen sie der Größenordnung von Stegfellner (2014) mit 3,69 und Yan et al. (2009) mit 3,09 kg/cm. Der Brustumfang ist stärker vom BCS abhängig, der Bauchumfang von der Futteraufnahme (Yan et al. 2009).

Die Regressionskoeffizienten des Bauchumfanges liegen bei beiden aktuellen Modellen bei 3,0 und 2,9 kg/cm und damit über den Ergebnissen der beiden Vorstudien und Yan et al. (2009) mit durchschnittlich 2,27; 1,70 und 1,81 kg/cm.

Der Einfluss der vorderen Beckenbreite liegt im Modell $_{BU\ BA\ VBB}$ bei 4,73 kg/cm. Eine Kuh mit einer um 1 cm größeren Beckenbreite wiegt daher um 4,73 kg mehr als ein Tier mit sonst gleichen Eigenschaften. Im Gegensatz zu den Modellen der aktuellen Studie fließt die vordere Beckenbreite bei Enevoldsen und Kristensen (1997) als quadratischer Effekt ein.

Beim Austesten der Wechselwirkungen zwischen fixen Effekten und Körpermaßen zeigte die Wechselwirkung Rasse × Körpermaß besonders starken Einfluss auf die Schätzwerte und auch die größte Verbesserung der Schätzgenauigkeit. Um diesen Vorteil zu nutzen, wurden in einem weiteren Schritt neben den zuvor beschriebenen Regressionskoeffizienten auch rassenspezifische eingeführt.

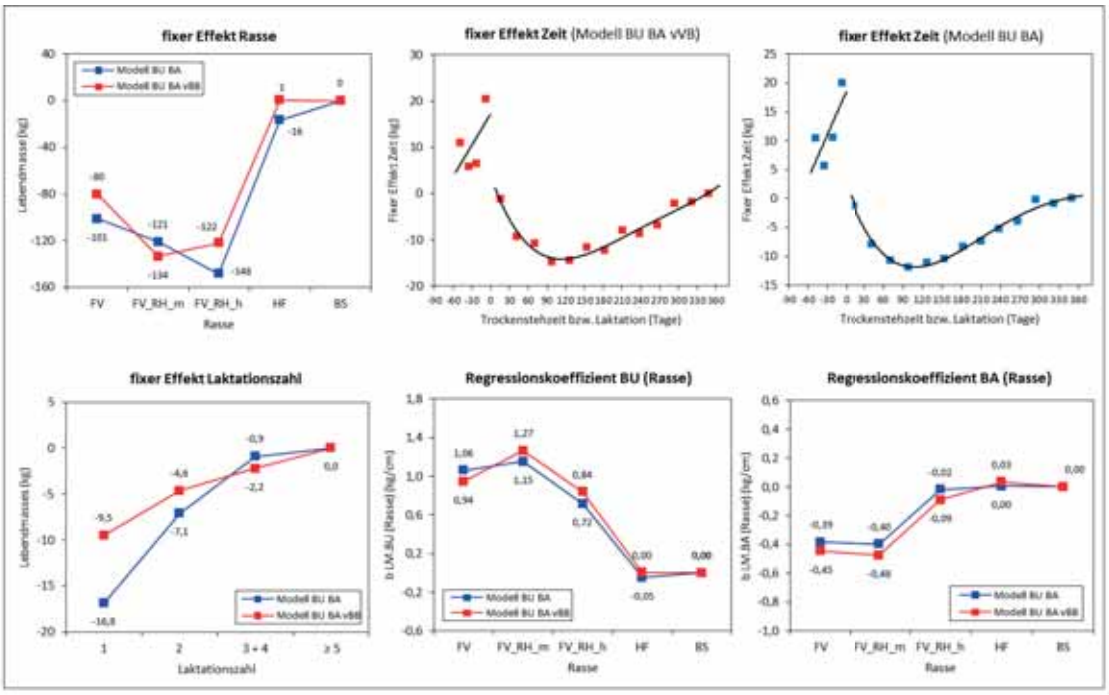


Abbildung 1: Einfluss von Rasse, Laktationszahl und Zeit sowie die rassespezifischen Regressionskoeffizienten in Modell $_{BU\ BA}$ und Modell $_{BU\ BA\ VBB}$

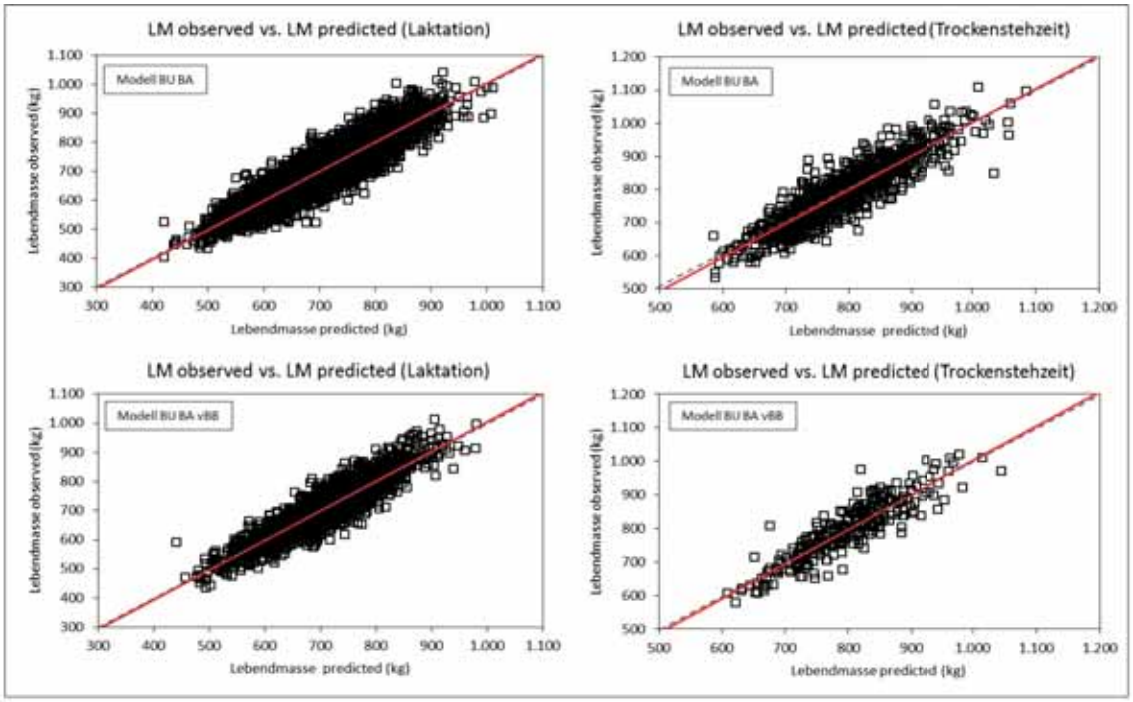


Abbildung 2: Beziehung zwischen geschätzter (predicted) und beobachteter (observed) Lebendmasse im Modell $_{BU\ BA}$ und Modell $_{BU\ BA\ VBB}$

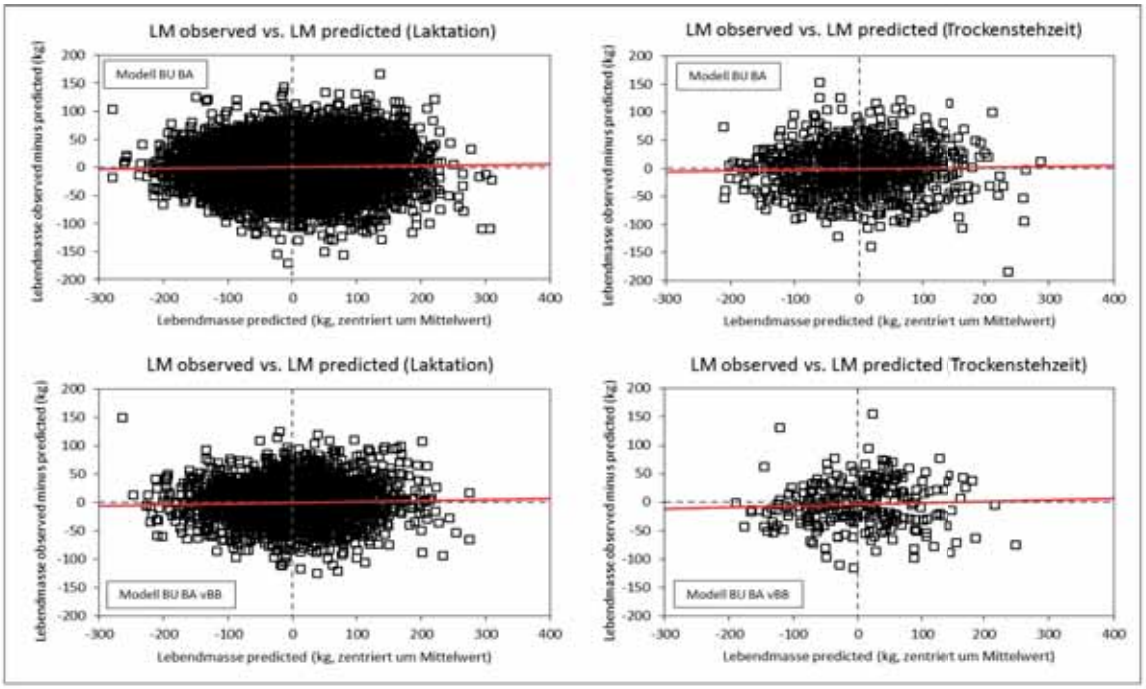


Abbildung 3: Beziehung von beobachteter (observed minus predicted) und geschätzter (predicted) Lebendmasse nach St-Pierre (2003)

Tabelle 7: Intercept, fixe Effekte (Rasse, Laktationszahl), rassenspezifische Regressionskoeffizienten sowie Kurvenmodelle für den Effekt Zeit und die Validierung getrennt nach Trockenstehzeit und Laktation

Parameter	Einheit	Intercept		Rasse (R)					Laktationszahl (L)			RMSE		P-Wert	
			a		FV	FV_RH_m	FV_RH_h	HF	1	2	3+4	Modell		R	L
			b	Regressionskoeffizienten Körpermaße × Rasse (KM × R)											
				gepooled	FV	FV_RH_m	FV_RH_h	HF						gepooled	KM × R
			c	Kurvenmodelle für fixen Effekt Zeit (Z)								Kurvenmodelle Zeit			
				Trockenstehzeit (Tag = -56 a.p. bis -1 a.p.)				Laktation (Tag = 1 p.p. bis 365 p.p.)				trocken	laktierend	Z	
			d	Korrekturformel für LM_obs								RMSPE		R^2	
				Trockenstehzeit				Laktation				trocken	Laktation	trocken	Laktation
Modell mit den Körpermaßeparametern Brustumfang und Bauchumfang (Modell BU BA)															
	kg	-724,81	a		-101,07	-121,05	-148,33	-16,42	-16,80	-7,06	-0,92	32,5		< 0,001	< 0,001
b_BU	kg/cm		b	3,1643	1,0631	1,1516	0,7160	-0,0485						< 0,001	< 0,001
b_BA	kg/cm		b	2,9949	-0,3853	-0,3985	-0,0181	0,0044						< 0,001	< 0,001
Zeit	kg		c	18,755 + 0,254644 × Tag			2,7426 – 0,324907 × Tag + 0,00231406 × Tag^2 – 0,00000567999 × Tag^3 + 4,74719E-9 × Tag^4					4,96	0,73	< 0,001	
VAL			d	LM_obs = -14,0413+1,01602 × LM_pred			LM_obs = -8,28378+1,01217 × LM_pred					41,3	37,0	80,0	82,9
Modell mit den Körpermaßeparametern Brustumfang, Bauchumfang und vorderer Beckenbreite (Modell BU BA VBB)															
	kg	-833,39	a		-79,99	-133,55	-121,77	0,72	-9,46	-4,62	-2,21	30,4		< 0,001	< 0,001
b_BU	kg/cm		b	2,5192	0,9442	1,2656	0,8393	0,0033						< 0,001	< 0,001
b_BA	kg/cm		b	2,9030	-0,4459	-0,4750	-0,0904	0,0348						< 0,001	< 0,001
b_VBB	kg/cm		b	4,7367	0,3378	0,1046	-0,6885	-0,6804						< 0,001	0,119
Zeit	kg		c	17,2602 + 0,226024 × Tag			-0,390321 – 0,00278743 × Tag + 0,00231406 × Tag^2 – 0,00000738974 × Tag^3 + 7,23071E-9 × Tag^4					6,76	1,39	< 0,001	
VAL			d	LM_obs = -24,5726 + 1,02562 × LM_pred			LM_obs = -13,4824 + 1,01851 × LM_pred					39,9	36,5	79,9	83,5

Z fixer Effekt Zeit, KM Körpermaß, LM Lebendmasse, VAL Validierung, LM_obs Lebendmasse observed, LM_pred Lebendmasse predicted, b_... Regressionskoeffizient Lebendmasse auf Körpermaß

RMSE Root Mean Square Error, RMSPE Root Mean Square Prediction Error, R^2 Bestimmtheitsmaß der Beziehung zwischen beobachteter und geschätzter Lebendmasse

Laktationszahl ≥ 5 Effekt = 0

Rasse FV Fleckvieh, RH Red Holstein(anteil), HF Holstein Friesian, m mittlerer Holsteinanteil, h hoher Holsteinanteil BS Brown Swiss: Effekte = 0

6.5.3 Validierung

Die Ergebnisse zur Validierung von Modell $_{BU\ BA}$ und Modell $_{BU\ BA\ VBB}$ sind in der Abbildung 2 und 3 angeführt. Der RMSPE (root mean square prediction error) und das R^2 der linearen Regression der gemessenen Werte auf die geschätzten sind in der Tabelle 7 (Zeile VAL) getrennt nach Trockenstehzeit und Laktation ersichtlich. In Tabelle 8 ist die Aufteilung des RMSPE nach Bibby und Toutenburg (1977) zu finden.

Das zusätzliche Körpermaß vordere Beckenbreite verbesserte den RMSPE von 41,2 auf 39,9 kg in der Trockenstehzeit, und von 37,0 auf 36,5 kg in der Laktation. Es ist zu berücksichtigen, dass beide Modelle aufgrund der unterschiedlich großen Datenbasis nicht direkt vergleichbar sind.

Das Bestimmtheitsmaß R^2 sagt aus, dass bei beiden Modellen in der Trockenstehzeit 80 % der Streuung der gemessenen Werte durch die Schätzmodelle geklärt werden, in der Laktation bei Modell $_{BU\ BA}$ 83 % und bei Modell $_{BU\ BA\ VBB}$ 84 %. Damit sind die Kennzahlen der Beziehung zwischen geschätzter und tatsächlicher Lebendmasse (Abbildung 2) etwas schlechter als in den Schätzmodellen selbst, folgen aber dem gleichen Trend. Damit liegen die Validierungsergebnisse unter dem adjusted R^2 von 91 % und über dem RMSPE von 23,9 kg bei Modell von Yan et al (2009). Deren Schätzformel basiert ähnlich wie die von Ledinek und Gruber (2015) auf den Erhebungen einer Forschungsherde, was auch die höhere Genauigkeit erklärt. Haile-Marian et al. (2014) erreichen bei deren zehnfacher Kreuzvalidierung mit dem besten Modell ein R^2 von 47 % und einen RMSE von 50 kg. Das Modell beinhaltet lineare Körpermaße und BCS, jedoch keine Körperumfangsparameter.

Tabelle 8: Validierung nach Bibby und Toutenburg (1977)

Modelle	**n (VAL)**	**MSPE**	**Varianz verursacht durch**			**Varianz (%) verursacht durch**			**nach St-Pierre (2003)**	
			Bias	Regression	Zufall	Bias	Regression	Zufall	Intercept	Steigung
Modell mit den Körpermaßeparametern Brustumfang und Bauchumfang (Modell BU BA)										
laktierend	8401	1366	0,057	0,963	1364,5	0,004	0,070	99,925	0,239	0,012*
trocken	915	1709	1,654	1,704	1705,7	0,097	0,099	99,804	-1,286	0,016
Modell mit den Körpermaßeparametern Brustumfang, Bauchumfang und vordere Beckenbreite (Modell BU BA VBB)										
laktierend	2186	1331	0,206	2,227	1328,7	0,015	0,167	99,817	-0,453	0,018
trocken	275	1595	17,25	3,898	1573,4	1,081	0,244	98,673	-4,153	0,026

n Anzahl, VAL Validierung, MSPE mean square prediction error, * P < 0,05

Die Aufteilung des MSPE nach dessen Ursachen Bias, Regression und Zufall nach Bibby und Toutenburg (1977) zeigt, dass durchschnittlich 99,6 % der Streuung zufällig zustande kommt (Tabelle 8, Abbildung 3). Das heißt, die Modelle schätzen die Lebendmasse von Tieren ohne systematischer oder regressionsbedingter Unter- oder Überschätzung. Die regressionsbedingte Abweichung zielt auf die Unter- oder Überschätzung z.B. nur im Bereich der leichten oder schweren Tiere ab und ist als Steigung der Geraden (Abbildung 3) zu erkennen. Die systematische Abweichung führt zu einer gleichgroßen Unter- oder Überschätzung in allen Gewichtsklassen und drückt sich im Intercept, also im y-Achsenschnitt aus. Nach dem Vorschlag von St-Pierre (2003) sind auf der x-Achse die um den Mittelwert zentrierten Voraussage-Werte (Schätzwerte minus Mittelwert der Schätzwerte)

aufgetragen, auf der y-Achse die Differenz der beobachteten und geschätzten Werte (Residuen). Im Idealfall entspricht die Regressionsgerade der x-Achse und Intercept und Steigung unterscheiden sich nicht signifikant von 0. Einzig die Steigung mit 0,012 von Modell $_{BU\ BA}$ ist signifikant, was jedoch auf die große Datenmenge zurückzuführen ist (Tabelle 8). Abbildung 2 stellt hingegen die beobachteten und geschätzten Werte als Originaldaten gegenüber. Im Idealfall ist die Gerade mit der 45°-Linie ident. Auch diese Abbildung verdeutlicht die zumeist nicht signifikanten Abweichungen zur Idealsituation.

Gründe für dieses Validierungsergebnis liegen in zweierlei Bereichen: Die im Modell verwendeten Parameter erfassen die Faktoren für die Streuung der Lebendmasse annähernd vollständig. Das sehr umfangreiche und heterogene Datenmaterial ist für eine valide und robuste Schätzformel ausschlaggebend.

6.5.4 Beispielrechnung

Die Anwendung der Formel wird an drei Beispielen demonstriert:

1. Beispiel:

Fleckvieh, 2. Laktation am 100. Laktationstag, Brustumfang 190 cm, Bauchumfang 230 cm

Lösung mit Modell $_{BU\ BA}$:

Ausrechnen des fixen Effektes Zeit für Laktation:

Zeit = 2,7426 – 0,324907 × 100 + 0,00231406 × 100^2 – 0,00000567999 × 100^3 + 4,74719E^{-9} × 100^4 = **-11,847 kg**

Einsetzen in das *Modell $_{BU\ BA}$:*

LM = -724,81 – 101,07 – 7,06 – **11,847** + 3,1643 × 190 + 2,9949 × 230 + 1,0631 × 190 – 0,3853 × 230

LM = **558,6 kg**

Korrektur: LM_obs = -8,28378 + 1,01217 × **558,6** = **557 kg**

2. Beispiel: gleich wie 1., aber für Holstein

Holstein, 2. Laktation am 100. Laktationstag, Brustumfang 190 cm, Bauchumfang 230 cm

Einsetzen in das *Modell $_{BU\ BA}$:*

LM = -724,81 – 16,42 – 7,06 – **11,847** + 3,1643 × 190 + 2,9949 × 230 – 0,0485 × 190 + 0,0044 × 230

LM = **521,7 kg**

Korrektur: LM_obs = -8,28378 + 1,01217 × **521,7 = 520 kg**

3. Beispiel:

Brown Swiss, ≥5. Laktation, 10. Tag vor der Abkalbung, Brustumfang 220 cm, Bauchumfang 260 cm

Hinweis: Für Brown Swiss und ≥5. Laktation sind die Effekte Rasse, Laktationszahl und die rassespezifischen Regressionskoeffizienten gleich 0, und daher in der Tabelle 7 nicht eigens ausgewiesen. Der 10. Tag vor der Abkalbung ist mit -10 in die Formel für den fixen Effekt Zeit einzufügen.

Lösung mit Modell $_{BU\ BA}$:

Ausrechnen des fixen Effektes Zeit für Laktation:

Zeit = 18,755 + 0,254644 × (-10) = **16,2 kg**

Einsetzen in das *Modell $_{BU\ BA}$:*

LM = -724,81 + 0 + 0 + **16,2** + 3,1643 × 220 + 2,9949 × 260 – 0 × 190 + 0 × 230

LM = **766,2 kg**

Korrektur: LM_obs = -14,0413 + 1,01602 × 766,2 = **764 kg**

Bei Modell $_{BU\ BA\ VBB}$ ist noch das zusätzliche Körpermaß vordere Beckenbreite zu beachten.

6.6 Schlussfolgerungen

Auf Basis der zwei Schätzmodelle Modell $_{BU\ BA}$ und Modell $_{BU\ BA\ VBB}$ wurden vier Formeln, jeweils eine pro Modell für Trockenstehzeit und Laktation entwickelt.

Die Lebendmasse ist mit Körpermaßen ausreichend genau schätzbar, vorausgesetzt Brust- und Bauchumfang werden dazu verwendet. Dies bestätigt die Ergebnisse der Vorstudien in diesem Bereich.

Im Gegensatz zu den Vorstudien gehören Modelle, die den BCS integrieren, nicht zu den genauesten. Der BCS wurde in den Vorstudien von langjährig geübtem Personal bewertet.

Modell $_{BU\ BA}$ und Modell $_{BU\ BA\ VBB}$ gewährleisten eine Schätzung ohne systematische Abweichungen der Schätzwerte von den beobachteten Werten. Dies zeigt einerseits, dass mit den fixen Effekten Rasse, Laktationszahl, Laktationsstadium (Zeitfaktor) und den gewählten Körpermaßen die Faktoren für die Lebendmasse eines Tieres gut erfasst werden. Andererseits ist dies nur mit einem sehr großen und gestreuten Datenmaterial, wie es die Projektbetriebe geboten haben, möglich.

Die Berücksichtigung des Einflusses des Laktationsstadiums auf die Körpermaße, wie von den Vorstudien empfohlen, war nicht nötig.

Die Körpermaße haben bei den Fleckvieh-Gruppen einen größeren Einfluss als bei den milchbetonten HF und BS.

Für die Anwendung der Modelle in der Praxis ist die zusätzliche Messung von Brust- und Bauchumfang unerlässlich. Genauso ist für die Programmierung auf die ungerundeten Schätzwerte für die Modellparameter, welche jedoch für die Erläuterungen in diesem Bericht nicht mehr aussagekräftig waren, zurück zu greifen.

6.7 Meilensteine – spezifische Fragestellungen

- Vorstudien an der Forschungsherde von Raumberg-Gumpenstein und einem Projekt an 18 landwirtschaftlichen Schulen erfolgreich abgeschlossen
- Diplomarbeiten Stegfellner und Ledinek zu Zusammenhängen von Körpermaßen, Körperkondition und Milchleistung abgeschlossen und Ergebnisse publiziert
- Schätzformeln für die Lebendmasse entwickelt und validiert
- Bedeutung der verschiedenen Körpermaße und BCS für Lebendmasseschätzung getestet

6.8 Literatur

Andrew S.M., Waldo D.R. und Erdman R.A., 1994. Direct analysis of body composition of dairy cows at three physiological stages. J. Dairy Sci. 77, 3022–3033.

Banos G. und Coffey M.P., 2012. Technical note: Prediction of liveweight from linear conformation traits in dairy cattle. J. Dairy Sci. 95, 2170–2175.

Bibby J. und Toutenburg H., 1977. Prediction and improved estimation in linear models, Wiley, New York.

Enevoldsen C. und Kristensen T., 1997. Estimation of body weight from body size measurements and body condition scores in dairy cows. J. Dairy Sci. 80, 1988–1995.

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 2001. Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 8: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 135 S.

Gruber L., 2013. Grundfutterqualität, Kraftfutterniveau und genetisches Potenzial als Schlüsselfaktoren für die Höhe der Milchleistung. Tagungsband ZAR-Seminar, 21.03.2013, Salzburg, 21–40.

Gruber L., Schwarz F.J., Erdin D., Fischer B., Spiekers H., Steingass H., Meyer U., Chassot A., Jilg T., Obermaier A. und Guggenberger T., 2004. Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen – Datenbasis von 10 Forschungs- und Universitätsinstituten Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. 116. VDLUFA-Kongress, Rostock, 13.-17. September 2004, Kongressband 2004, VDLUFA-Schriftenreihreihe 60, 484–504.

Gruber L. und Stegfellner M., 2015. Effizienz bei Milchkühen – Einfluss von Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium. In: 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.-26. März 2015, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2015, 23–40.

Haile-Marian M., Gonzalez-Recio O. und Pryce J.E., 2014. Prediction of liveweight of cows from type traits and its relationship with production and fitness traits. J. Dairy Sci. 97, 1–17.

Kirchgessner M., Roth F.X., Schwarz F.J. und Stangl G.I., 2011. Tierernährung. Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. 13. überarb. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 643 S.

Krogmeier D., 2009. Zusammenhänge zwischen Nutzungsdauer und Körpergröße unter besonderer Berücksichtigung des Stallsystemes bei Braunvieh und Fleckvieh. Züchtungskunde 81, 328–340.

Ledinek M., 2014. Futteraufnahme, Milchleistung, Energiebilanz, Lebendmasse und Körpermaße von Milchkühen im Laufe der Laktation sowie Zusammenhänge zwischen diesen Parametern. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

Ledinek M. und Gruber L., 2014. Erhebungen von Körpermaßen und BCS im Laktationsverlauf und ihre Beziehungen zu Lebendmasse und Energiebilanz. In: 41. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2014, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, 31–44.

Ledinek M. und Gruber L., 2015. Körpermaße und BCS im Laufe der Laktation und ihre Beziehungen zu Lebendmasse und Energiebilanz. Züchtungskunde 87, 181–200.

SAS Institute Inc., 2015. SAS/STAT 9.4 User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC (USA).

Stegfellner M., 2014. Zusammenhänge zwischen Körpermaßen, Körperkondition, Lebendmasse und Milchleistung bei Milchkühen verschiedener Rassen und Laktationsstadien. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

Steinwidder A., 2009. Modellrechnungen zum Einfluss der Lebendmasse von Milchkühen auf Futtereffizienz und Kraftfutterbedarf. Band 2 – Tierhaltung, Agrarpolitik und Betriebswirtschaft, Märkte und Lebensmittel. 10. Wissenschaftstagung Ökolog. Landbau, 11.-13. Febr. 2009, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 30–33.

St-Pierre N.R., 2003. Reassessment of biases in predicted nitrogen flows to the duodenum by NRC 2001, J. Dairy Sci. 86, 344–350.

Wall E., Coffey M.P. und Brotherstone S., 2005. Body trait profiles in Holstein-Friesians modeled using random regression. J. Dairy Sci. 88, 3663–3671.

Yan T., Mayne C.S., Patterson D.C. und Agnew R.E., 2009. Prediction of body weight and empty body composition using body size measurements in lactating dairy cows. Livest. Sci. 124, 233–241.

6.9 Publikationen

Die Erkenntnisse von Vorstudien zur Lebendmasseschätzung aus einem Teilprojekt der HBLFA Raumberg-Gumpenstein wurden bei der 41. Viehwirtschaftlichen Fachtagung 2014 in Österreich und bei der EAAP in Kopenhagen, der größten nutztierwissenschaftlichen Tagung

Europas, vorgetragen und in Fachartikeln zugänglich gemacht (siehe Anlagen). Ähnliches gilt für ein weiteres Teilprojekt zur Schätzung der Lebendmasse mit Versuchsherden von 18 landwirtschaftlichen Fachschulen aller Bundesländer Österreichs. Bereits deren Ergebnisse zeigten, dass eine ausreichend genaue Schätzung der Lebendmasse mit verschiedenen Körpermaßen in der Praxis möglich ist.

Gruber L., Ledinek M. und Steininger F., 2014. "Efficient Cow" Auf der Suche nach der idealen Kuh. Der fortschrittliche Landwirt 8/2014, 18–20.

Gruber L. und Stegfellner M., 2015. Effizienz bei Milchkühen – Einfluss von Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium. In: 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.-26. März 2015, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2015, 23–40.

Ledinek M., 2014. Futteraufnahme, Milchleistung, Energiebilanz, Lebendmasse und Körpermaße von Milchkühen im Laufe der Laktation sowie Zusammenhänge zwischen diesen Parametern. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

Ledinek M. und Gruber L., 2014. Erhebungen von Körpermaßen und BCS im Laktationsverlauf und ihre Beziehungen zu Lebendmasse und Energiebilanz. In: 41. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2014, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, 31–44.

Ledinek M. und Gruber L., 2014. Interrelationships between body weight, body measurements, BCS and energy balance of dairy cows. In: Proceedings of the 65th Annual Meeting of the European Association for Animal Production: 25.-29.08.2014, Copenhagen, Denmark, 128.

Stegfellner M., 2014. Zusammenhänge zwischen Körpermaßen, Körperkondition, Lebendmasse und Milchleistung bei Milchkühen verschiedener Rassen und Laktationsstadien. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

Ledinek M. und Gruber L., 2015. Körpermaße und BCS im Laufe der Laktation und ihre Beziehungen zu Lebendmasse und Energiebilanz. Züchtungskunde 87, 181–200.

7 Arbeitspaket 3: Ableiten der optimalen Lebendmasse zur Erzielung der höchsten Nährstoff-Effizienz

7.1 Ziele und geplante Maßnahmen

- Analyse der Einflussfaktoren auf Nährstoffeffizienz-Parameter im phänotypischen Bereich
- Ableitung des optimalen Lebendmassebereiches für die höchste Nährstoff-Effizienz auf Basis der Projektdaten und des umfangreichen Datenmaterials aus Forschungsinstituten, anhand dessen die Futteraufnahmeschätzformel entwickelt wurde
- Analyse, in welchem Bereich sich die Tiere der aktuellen Studie befinden, um züchterische Maßnahmen entwickeln zu können
- Publikation u. a. in Rahmen der Dissertation von Ledinek

7.2 Zusammenfassung

Ziel des AP 3 war es, die wichtigsten Einflussfaktoren auf Lebendmasse- und Nährstoff-Effizienz zu untersuchen, und die optimale Lebendmasse für die höchste Nährstoff-Effizienz abzuleiten. Die Auswertungen zur optimalen Lebendmasse basieren auf dem EC-Datenmaterial und jenem der 10 Forschungsinstitute der Studie Gruber et al. (2004).

Bezüglich der Futteraufnahme der EC-Kühe wurde die auf den Betrieben erhobene Fütterungsinformation für die Schätzung der Futteraufnahme auf Einzeltierbasis genutzt. Die Ermittlung von möglichst tierindividueller Fütterungsinformation unter Berücksichtigung unterschiedlicher Fütterungssysteme und Rationsgestaltungen war eine der größten Herausforderungen bei der Erhebung auf den Betrieben. Rationen und deren einzelne Rationskomponenten mussten so strukturierbar sein, dass sie sich auch für die Schätzung der Futteraufnahme mit dem Futteraufnahmemodell von Gruber et al. (2004) eignen. Daher wurde ein neuartiges Codierungssystem für die Rationen und Rationskomponenten sowie spezielle Anpassungen für das Schätzmodell entwickelt.

Die individuelle leistungsabhängige Kraftfuttergabe mittels Transponder (getrennte KF-Fütterung zu Grundfutterration (GET) oder aufgewertete Mischration (AGR)) wird gegenüber einer Totalmischration (TMR) bevorzugt. 44,3 % aller Datensätze betreffen Rationen mit reiner Abruffütterung, 42,3 % betreffen AGR und 12,0 % TMR. Die Grundfutterkomponenten der Rationstypen GET, AGR und TMR bestehen aus durchschnittlich über 50 % Grassilage. AGR und TMR besitzen den höchsten Maissilage-Anteil von ca. 30 % am Grundfutter. Insgesamt machen grassilagebetonte Rationen 46,9 % aller Datensätze aus, maissilagebetonte 27,9 %, heubetonte nur 8,1 %. Grünfutter bzw. weidebetonte Rationen betreffen nur 5,7 % aller Datensätze. Der KF-Anteil lag durchschnittlich bei 30 %.

Die Ergebnisse der Auswertung zu Nährstoff- und Effizienzparametern zeigen, dass die Milchleistung, Futter- und Nährstoffaufnahme und Effizienz mit steigender Milchbetonung von Fleckvieh (FV) über FV-Gruppen mit steigendem Red Holstein-Anteil bis Holstein-Friesian (HF) steigen. HF gibt die meiste Milch (29,5 kg ECM), während BS und FV mit 26,7 und 26,6 kg ECM auf ähnlichem Niveau liegen. HF produziert 1,395 kg ECM/kg TM, FV und BS 1,325 kg ECM/kg TM. Der BCS und die Lebendmasse sinken hingegen mit steigender

Milchbetonung von FV zu HF (FV 727 kg, 3,41 Pkt.; BS 655 kg, 2,94 Pkt.; HF 657 kg 2,63 Pkt.). Im Laktationsverlauf wird ersichtlich, dass besonders die milchbetonten und effizientesten Gruppen HF und FV_RH5075 an Körperkondition und Lebendmasse verlieren, dies jedoch auch wegen eines höheren KF-Anteiles an der Ration wieder wettmachen.

Die Untersuchungen zur optimalen Lebendmasse zeigen, dass es tatsächlich ein Optimum für die Effizienz gibt. Dieses unterscheidet sich zwischen den Rassen. Die Lebendmasse beeinflusst die Effizienz von den milchbetonten Rassen BS und HF mehr als die Effizienz der kombinierten Zweinutzungsrasse FV. Dies liegt an der nichtlinearen Beziehung von Milchleistung und Lebendmasse. Die Milchleistung von FV steigt degressiv bis 800 kg an, jene von HF und BS bis 750 kg. Danach fällt die Milchleistung besonders von HF und BS deutlich ab. Der optimale Bereich der Nährstoff-Effizienz liegt für BS und HF von 550 bis 700 kg. Der optimale Bereich für FV liegt zwischen 500 und 750 kg. Ab 750 bis 800 kg nimmt die Nährstoff-Effizienz aller Rassen deutlich ab und die Rassenunterschiede schwinden.

Das Datenmaterial der Forschungsinstitute ergab optimale Bereiche je nach Effizienzparameter bei FV und HF zwischen 575 und 675 kg. Auch die Berücksichtigung der Lebendmasseveränderung und der Energiebilanz änderte grundsätzlich nichts am Optimum, jedoch an der Höhe der Effizienz der Rassen und der leichtesten und schwersten Tiere. Besonders die Effizienz von FV in den leichten Gewichtklassen vor dem Optimum steigt im Vergleich zu Holstein und den Tieren im optimalen Bereich. HF büßt besonders im Optimum an Energie-Effizienz ein, was bedeutet, dass ein größerer Teil der Milchleistung auf dem Einschmelzen der Fettreserven basiert und zu einer scheinbar höheren Nährstoff-Effizienz führt. Somit gehen die Unterschiede zwischen FV und Holstein zurück.

Aus den Ergebnissen kann man Folgendes schließen:

Es ist möglich, die Futteraufnahme mit tierindividuellen Fütterungsinformationen unter Berücksichtigung von unterschiedlichen Fütterungssystem und Rationsgestaltungen in der Praxis zu schätzen.

Die Fütterung der EC-Betriebe zeigt die hohe Bedeutung des Dauergrünlandes in Form von Grassilage und von konservierten Rationskomponenten, aber auch das hohe Produktionsniveau. Sie füttern das Kraftfutter leistungsangepasst.

Die Einteilung der Rassen nach der Höhe von Fremdgenanteil und Milchbetonung der Fremdrasse ist sinnvoll. Besonders Lebendmasse und Körperkondition sinken mit steigender Milchbetonung. Die Überlegenheit bei Effizienz und Milchleistung der milchbetonten Rassen basiert auf der höheren Nährstoffaufnahme, der Zuteilung eines größeren Teiles dieser zur Milchproduktion, aber auch auf der stärkeren Einschmelzung von Fettreserven.

Der Zusammenhang zwischen Milchleistung und Lebendmasse ist nicht linear. Besonders schwere Tiere geben weniger Milch als Tiere mittlerer Lebendmasse.

Es existieren daher Optima für die Lebendmasse für die höchste Nährstoff-Effizienz. Die Lebendmasse beeinflusst die Effizienz milchbetonter Rassen stärker. Nach dem Optimum geht deren Effizienz stärker zurück als bei FV. FV wiegt durchschnittlich 728 kg, HF 657 kg und BS 655 kg. Damit liegen BS und HF durchschnittlich genau im Optimum der Nährstoff-

Effizienz. FV liegt zwar im Optimalbereich, jedoch bereits an dessen Ende bei 750 kg und daher am absteigenden Ast der Nährstoff-Effizienz. Ein weiteres Steigern der Lebendmasse wird hinsichtlich Nährstoff-Effizienz nicht empfohlen, besonders hinsichtlich der damit verbundenen nötigen Steigerung von Milchleistung und Kraftfuttereinsatz.

Die Berücksichtigung von Lebendmasseveränderung oder Energiebilanz im Datenmaterial der Forschungsinstitute zeigt, dass die Effizienz von FV besonders in den leichten Lebendmasseklassen vor dem Optimum steigt, während HF im optimalen Bereich an Effizienz einbüßt und die Rassenunterschiede damit schwinden. Das Optimum wird durch diesen weiteren Untersuchungsschritt nicht beeinflusst, die optimalen Tiere bleiben also mit und ohne Berücksichtigung von Ab- und Aufbau von Körpersubstanz dieselben.

7.3 Einleitung

Die Zucht von Milchkühen mit hohem Milchleistungspotential bewirkte eine kürzere Nutzungsdauer, sowie schwerere und größere Tiere mit einem höheren Erhaltungsbedarf (Krogmeier 2009). Eine 850 kg schwere Kuh muss 8.100 kg Milch pro Jahr produzieren, um die gleiche Futter-Effizienz wie eine 550 kg schwere Kuh mit 5.900 kg Milch zu erreichen (Steinwidder 2009). Nach Gruber et al. (2004) erhöht sich die Gesamtfutteraufnahme pro kg Milchleistung jedoch nur um 0,22 kg. Daher ist eine höhere Energiekonzentration für die Deckung des zusätzlichen Nährstoffbedarfes nötig. Dafür benötigt eine 550 kg schwere Kuh einen Kraftfutteranteil von 18 %, eine Kuh mit 850 kg jedoch einen Anteil von 27 % (Steinwidder 2009). Gruber (2013) errechnet auf Basis der Nährstoffbedarfsempfehlungen der GfE (2001), dass Kühe im Durchschnitt um 832 kg ECM mehr leisten müssen, wenn ihre Lebendmasse um 100 kg ansteigt, um die gleiche Nährstoff-Effizienz zu erreichen (4,75 MJ NEL pro kg ECM). Ohne diese Erhöhung der Energiekonzentration erreichen schwere Kühe entweder die notwendige Milchleistung nicht und verlieren daher an Effizienz, oder sie müssen verstärkt Körperreserven mobilisieren. Die Einbeziehung der Lebendmasse in der Milchviehzucht ist für eine zukünftig effiziente Ressourcennutzung nötig (Steinwidder 2009).

Dieser Teil des Projektes Efficient Cow hat zum Ziel, Zusammenhänge zwischen Effizienzmerkmalen und der Lebendmasse von Kühen zu untersuchen und folgende Fragen zu beantworten:

- Gibt es ein Optimum oder einen optimalen Bereich der Lebendmasse für die höchste Nährstoff-Effizienz?
- Welche Unterschiede gibt es zwischen den verschiedenen Effizienzparametern?
- Verhalten sich die Rassen unterschiedlich bezüglich der Zusammenhänge zwischen Effizienzmerkmalen, Lebendmasse und deren Optimalbereich?
- Wie ist die aktuelle Situation der Tiere zu beurteilen? Befinden sich die Kühe mit ihrer Lebendmasse durchschnittlich im Optimum oder wurde es bereits überschritten?
- Welche Empfehlungen kann man bezüglich Nährstoff-Effizienz für die Rinderzucht ableiten?

Dieses Arbeitspaket beschäftigt sich auch mit der Erhebung der Fütterungsdaten und deren Verbindung zur Futteraufnahmeschätzung sowie mit den daraus berechneten Nährstoff- und

Effizienzparametern. Neben der Untersuchung des Einflusses von Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium (Teil 1) wird die optimale Lebendmasse analysiert (Teil 2).

Die Untersuchungen von Teil 1 und 2 beziehen sich auf das Datenmaterial der EC-Betriebe mit geschätzter Futteraufnahme. Zusätzlich dazu wird in Teil 3 die optimale Lebendmasse auch anhand des umfangreichen Datenmaterials von Forschungsinstituten aus Deutschland, Österreich und der Schweiz mit tatsächlich erhobener Futteraufnahme untersucht (Gruber et al. 2004).

Die Effizienzmerkmale wurden in Anlehnung an Berry und Pryce (2014) entwickelt. Für die Projektbetriebsdaten wurden nur jene einfachen Effizienzparameter ausgesucht, welche ein Verhältnis von Produkt (Output) zum Aufwand (Input) bilden. Das Datenmaterial der Forschungsinstitute erlaubt zusätzlich auch die Berücksichtigung der Zunahme bzw. der Abnahme an Lebendmasse (d.h. LM-Veränderung (LMV, kg/d)) in der Berechnung der Effizienz. Dies ist insofern von Bedeutung, als die Abnahme an Lebendmasse bzw. eine negative Energiebilanz eine scheinbar höhere Effizienz ergibt und die Zunahme an Lebendmasse bzw. eine positive Energiebilanz eine scheinbar niedrigere.

Die Namen der Effizienzmerkmale setzen sich aus Zähler_Nenner zusammen, um die Parameter nachvollziehbar zu machen. Im Zähler steht der Output (Produkt wie Milch, ECM, Milchinhaltsstoffe) und im Nenner der Input (Futter, Nährstoffe, … bzw. die Lebendmasse).

- **Lebendmasse-Effizienz (body weight efficiency)**

Im Nenner steht ein Lebendmasseparameter (LM oder $LM^{0,75}$).

ECM_LM (ECM_LW): Verhältnis der Menge an energiekorrigierter Milch zur Lebendmasse des Tieres (kg ECM/kg LM; English: kg ECM/kg LW). Statt der ECM können auch andere milchbasierte Parameter wie Milchmenge oder fettkorrigierte Milchmenge verwendet werden (Milch_LM, FCM_LM, …; English: Milk_LW, FCE_LW). Dafür wird nur die Abkürzung des Milchparameters angepasst.

ECM_$LM^{0,75}$ (ECM_$LW^{0.75}$): Die energiekorrigierte Milch ist auf die metabolische Lebendmasse, also $LM^{0,75}$ berechnet, bezogen (kg ECM/kg $LM^{0,75}$; English: kg ECM/kg $LW^{0.75}$).

DMI_LM (DMI_LW): Beschreibt die Gesamtfutteraufnahme (DMI) pro kg Lebendmasse (kg DMI/kg LM; English: kg DMI/kg LW) und ist kein Effizienzparameter, beschreibt jedoch die Futteraufnahmekapazität. Die Futteraufnahme kann auch auf die metabolische Lebendmasse $LM^{0,75}$ bezogen werden.

- **Futter-Effizienz (feed efficiency)**

Im Nenner steht die Futteraufnahme (in kg TM; English: kg DMI).

ECM_DMI: Die energiekorrigierte Milch wird auf die Gesamtfutteraufnahme (DMI) bezogen (kg ECM/kg DMI, English: kg ECM/kg DMI) und zeigt, wie viel Milch die Kuh pro

aufgenommenen kg Trockenmasse produziert. Dieser Parameter zeigt aber nicht, welche Futterqualität bzw. welcher Kraftfutteranteil für die ausgewiesene Effizienz nötig war.

- **Energie-Effizienz (energy efficiency)**

Im Nenner steht die Energieaufnahme (MJ NEL, INEL, intake NEL).

ECM_INEL: Dieser Energieeffizienz-Parameter beschreibt, wieviel kg ECM die Kuh pro aufgenommenem MJ NEL gegeben hat (kg ECM/MJ INEL; English: kg ECM/MJ INEL).

LE_INEL: Die mit der Milch abgegebene Energie wird auf die gesamte Energieaufnahme bezogen (MJ LE/MJ INEL; English: MJ LE/MJ INEL). Dieser Effizienzparameter ist universell zu sehen, weil er den Energieoutput dem gesamten Energieinput gegenüberstellt und alle Milchinhaltsstoffe entsprechend ihres Energiegehaltes berücksichtigt sind. Zusätzlich zur Futteraufnahme erfasst die Energieaufnahme auch die nötige Futterqualität und den erforderlichen Kraftfutteranteil.

Bei Zunahme an LM wird der Energiegehalt der Zunahme zum Energieoutput der Milch im Zähler addiert. Dagegen wird bei Abnahme an LM der Energiegehalt der Abnahme im Nenner vom Energieinput subtrahiert (und eine Verwertung von 82,5 % angenommen, GfE 2001).

Energiebilanz bei Zunahme an LM: (LE + 25,5 × LMV)/INEL

Energiebilanz bei Abnahme an LM: LE/(INEL – 21,0 × LMV)

Da allerdings die Veränderung der Lebendmasse (LMV) kein sehr zuverlässiger Parameter zur Darstellung der Energiebilanz einer Kuh ist, wurde auch die Energiebilanz selbst zur Korrektur der Effizienz herangezogen (siehe Abbildung 6 bis 9).

7.4 Material und Methoden

7.4.1 Fütterungssysteme und Parameter – Teil 1 und 2

Die Ermittlung von möglichst tierindividueller Fütterungsinformation unter Berücksichtigung unterschiedlicher Fütterungssysteme und Rationsgestaltungen war eine der größten Herausforderungen bei der Erhebung auf den Betrieben. Rationen und deren einzelne Rationskomponenten müssen so strukturierbar sein, dass sie sich auch für die Schätzung der Futteraufnahme mit dem Futteraufnahmemodell von Gruber et al. (2004) eignen. Dieses Schätzmodell berücksichtigt unter anderem den Einfluss der Grundfutterqualität (NEL_{GF}) und die tierindividuelle Kraftfuttermenge in der Ration. Somit musste zuerst ein Codierungssystem für die Eingabe von Rationen und Rationskomponenten entwickelt werden, das einerseits das Fütterungssystem korrekt widerspiegelt und andererseits die Möglichkeit der Futteraufnahmeschätzung gewährleistet. Die Schätzung selbst soll das Fütterungssystem ebenfalls beachten.

Die Erfassung der individuellen Kraftfuttermenge gestaltet sich bei Gaben mittels Transponder oder Hand relativ einfach und präzise. Es wurde trotz umstandsbedingter Ungenauigkeiten angenommen, dass die Tiere diese separat vom Grundfutter angebotenen

Mengen auch tatsächlich ohne Reste verzehren. Wird jedoch Kraftfutter ins Grundfutter eingemischt wie bei einer Totalmischration (TMR z.B. 80 % Grundfutter, 20 % Kraftfutter) oder bei einer aufgewerteten Mischration (AGR z.B. 80 % Grundfutter, 20 % Kraftfutter, 2 kg Transpondermenge), hängt die Kraftfuttermenge von der aufgenommenen Menge der Mischration ab. Gleichzeitig beeinflusst sie aber die Gesamtfutteraufnahme. Die Kraftfuttermenge muss also in Abhängigkeit von der Rationsart (AGR, TMR, getrennte Kraftfuttergaben GET) in die Futteraufnahmeschätzung einfließen.

Weiters wurden Grundfuttermittel, die als Lockfutter (z.B. 1 kg Heu pro Kuh) über die restliche Ration (TMR: 80 % Grundfutter, 20 % Kraftfutter) gestreut wurden, bei der NEL_{GF}-Berechnung berücksichtigt. Diese separat zum restlichen Grundfutter verabreichten Grundfutterkomponenten dürfen jedoch nicht direkt in die restliche Ration einfließen. Genau genommen ist die angeführte Beispielration auch keine TMR, wird aber in dieser Studie als TMR bezeichnet, weil die Berechnung einer normalen TMR mit Zusatzmodul entspricht. Genauso wie bei der Transponderfütterung gilt bei separat gefütterten Grundfutterkomponenten die Annahme, dass das Tier genau den 1 kg Heu vollständig gefressen hat, während die Aufnahme von der Mischration selbst von den individuellen Parametern Rasse, Laktationszahl, Laktationsstadium, Lebendmasse, Milchleistung und Kraftfuttermenge abhängt. Diese separat gefütterten Kraft- und Grundfutterkomponenten gelten daher als „fixe“ Komponenten, weil sie vollständig verzehrt werden und somit die genaue Menge eine bekannte Größe ist. Im Gegensatz dazu ist die Futteraufnahme der 20 % Kraftfutter und der 80 % Grundfutter unbekannt, kann jedoch basierend auf der Zusammensetzung der Mischration geschätzt werden. Das Verhältnis der Grundfutter-aufnahme der fixen Komponenten zur gesamten Grundfutteraufnahme ermöglicht schlussendlich die Berechnung von NEL_{GF} unter Beachtung der fixen und den gemischten Komponenten.

Die dritte Herausforderung war der Umgang mit Grundfutterkomponenten, deren Menge oder Mischungsverhältnis nicht bekannt war. Typische Rationen dieser Art sind Weidegang ergänzt mit solch einer hohen Menge an konserviertem Futter, dass die ergänzten Futtermittel nicht vollständig (fix) aufgenommen werden. Das Verhältnis von Weide zum konservierten Futter ist unbekannt, weshalb sie als sogenannte „ad lib“-Komponenten gelten. Hier wurde NEL_{GF} mit dem Verhältnis der absolut angebotenen Menge (kg/Kuh und Tag) an Stallfutter zu dessen potentieller Aufnahme berechnet.

Somit werden die einzelnen Rationskomponenten je nach der Art ihrer Fütterung den Komponententypen „fix, „misch“ und „ad lib“ zugeordnet. Jede Hauptrationsart (GFM, GET, AGR, TMR) lässt sich mit fixen und/oder ad lib-Grundfutterkomponenten erweitern. Die reine Grundfuttermischung (GFM) ist die einfachste Ration und besteht nur aus GF_{misch}, die komplizierteste Ration ist eine AGR (GF_{misch} + KF_{misch} + KF_{fix}) mit GF_{fix} und $GF_{ad\ lib}$.

1. GFM = GF_{misch}
2. GET = GF_{misch} + KF_{fix}
3. AGR = GF_{misch} + KF_{misch} + KF_{fix}
4. TMR = GF_{misch} + KF_{misch}

Insgesamt ergeben sich aus den gültigen Kombinationen der Komponententypen 16 Rationstypen, die unterschiedlicher Berechnungsmodule für die Futteraufnahmeschätzung bedürfen. Somit spiegelt die Codierung der Rationskomponenten nach deren Komponententyp die unterschiedlichen Fütterungssysteme und Rationen der Kühe nachvollziehbar wider und ermöglicht die Futteraufnahmeschätzung basierend auf möglichst tierindividuellen Daten.

Die Sichtung und Erfassung der Fütterungsinformationen war mit sehr hohem Aufwand verbunden. Um die Datenqualität sicherzustellen, erfolgte die Aufarbeitung betroffener Formulare betriebsweise, formular- und terminübergreifend. Unplausible Angaben wurden durch Rückfragen bei Landwirten und Kontrollassistenten direkt geklärt und Hinweise für die weitere Datenerhebung im Fütterungsbereich gegeben.

Folgende ausgewählte Daten mussten erhoben werden:

- Datum, ab wann Ration oder Kraftfuttermischung verwendet wurde
- Futtergruppe: Laktation, Hochlaktation, Trockensteher
- Rationsart: GET, AGR, TMR
- Komponente und Menge (kg/Kuh und Tag)
- Komponententyp: fix, misch und ad lib
- Grundfutter: botanische Zusammensetzung (Dauergrünland, Leguminosen, Maisganzpflanze, Stroh), Konservierungsart (frisch, Silage, Heu), Aufwuchs
- Kraftfutterzusammensetzung (Anteil Weizen, Gerste, …)
- Fertigfuttermittel und Nährstoffgehalte
- Futtermittelproben für Grundfutter Futtermittellabor Rosenau
- individuelle separat gefütterte Kraftfuttermengen (kg/Kuh und Tag)

Die Anzahl der eingegebenen Rationen liegt bei 1.960, die für die Futteraufnahme potentiell relevanten bei 1.932. Hinsichtlich Datenqualität wurden 1.890 tatsächlich für die Schätzung weiterverwendet. Die Nährstoffgehalte der 570 nicht analysierten Grundfutterkomponenten basieren auf den 1.260 Grundfutteranalysen. Dies gewährleistet eine möglichst gute Anpassung an Standort und Management. Insgesamt wurden ca. 2.280 unterschiedliche Futtermittel verwendet, davon 1.830 Grundfutter- und 438 Kraftfutterkomponenten. Das Codierungssystem ermöglichte die korrekte Zuteilung der 1.960 Rationen zu einem der 16 Rationstypen.

7.4.2 Futtermittelanalysen und Berechnung von Parametern – Teil 1 und 2

Die Analyse der Grundfuttermittel erfolgte im Futtermittelabor Rosenau der Landwirtschaftskammer Niederösterreich nach den Richtlinien des VDLUFA (1976) und Van Soest et al. (1991). Die Nährstoffe für Einzelkraftfuttermittel wurden überwiegend den Futtermitteltabellen für Wiederkäuer (DLG 1997) und ergänzend den Tabellen der LfL Grub (2015) entnommen.

Die Energie- und Proteinbewertung der Futtermittel erfolgte auf Basis der Gleichungen der GfE (2001), die Interpolation der Verdauungskoeffizienten und des Anteiles an im Pansen unabbaubarem Protein (DLG 1997) nach Gruber et al. (1997). Die Berechnung des

Energiebedarfes inkludierte den Bedarf für Erhaltung, Milchleistung, Trächtigkeit und Euteransatz. Der nXP-Bedarf berücksichtigte nur Erhaltungs- und Milchleistungsbedarf und nicht den Trächtigkeitsansatz, weil die Erzeugung an Mikrobenprotein im Pansen den Bedarf des Wirtstieres übersteigt (GfE 2001).

Die Berechnung der Effizienzparameter orientiert sich an Berry und Pryce (2014). Aufgrund nicht ausreichender Datenmenge sind jene Parameter, welche Lebendmasse- oder BCS-Veränderung und damit Energiemobilisation und -ansatz berücksichtigen, nicht für die Auswertungen anwendbar. Die in diesem Projekt verwendeten Effizienzparameter stellen Output und Input gegenüber. Die Lebendmasse-Effizienz beschreibt, wie viel ECM, Milch oder ein anderes Produkt pro kg Lebendmasse produziert wird. Die Futter-Effizienz charakterisiert, wie viel Milch per kg TM-Aufnahme gegeben wird. Sie sagt aber nichts über die dafür benötigte Futterqualität aus. Diese berücksichtigen allerdings Energieeffizienz-Parameter, welche z.B. die Energie, die durch die Kuh in der Milch abgegeben wird, der aufgenommenen Energie gegenüberstellen.

7.4.3 Futteraufnahmeschätzung – Teil 1 und 2

Die Schätzung der individuellen täglichen Trockenmasseaufnahme (DMI, dry matter intake) erfolgte in Kooperation mit der Höheren Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein mit dem Schätzmodell Nr. 1 für separate Kraftfutterfütterung von Gruber et al. (2004).

$$DMI = 3{,}878 + Land \times Rasse + Laktationszahl + Laktationstag + b_{LM} \times LM + b_{Milch} \times Milch + b_{Kraftfutter} \times Kraftfutter + 0{,}858 \times NEL_{GF}$$

DMI	Gesamtfutteraufnahme (kg TM/Tag)
b …	Regressionskoeffizient abhängig vom Laktationstag
LM	Lebendmasse (kg)
$Milch$	Milchmenge (kg/Tag)
$Kraftfutter$	Kraftfuttermenge (kg TM/Tag)
NEL_{GF}	Energiegehalt Grundfutter (MJ NEL/kg TM)

Das empirische Modell berücksichtigt die fixen Effekte von Rasse und Land, Laktationszahl, und Laktationsstadium (dargestellt als Laktationstag) sowie die Energiekonzentration des Grundfutters. Die Regressionskoeffizienten für Lebendmasse, Milchleistung und Kraftfuttermenge sind abhängig vom Laktationstag.

Da das Modell Nr. 1 eigentlich nur für separate Kraftfutterfütterung konzipiert ist, wurde die Kraftfuttermenge bei Mischrationen mittels Gesamtfutteraufnahme, Kraftfutteranteil der Mischration und separat gefüttertem KF_{fix} mathematisch ausgedrückt. Auch für NEL_{GF} wurden je nach Zusammensetzung des Grundfutters (GF_{misch}, GF_{fix} und $GF_{ad\ lib}$) zuvor

mathematische Gleichungen entwickelt, um das Modell an die tatsächliche Fütterungssituation im jeweiligen Betrieb anzupassen.

Die Modifikation eines einzigen Modelles hatte den Vorteil, dass die Schätzwerte auf demselben Modell mit gleichzeitig hohem Bestimmtheitsmaß (R^2 = 86,7 %) und geringer Standardabweichung (RSD = 1,32 kg TM) beruhen. Das Schätzmodell Nr. 5 von Gruber et al. (2004) hingegen wurde für TMR entwickelt (R^2 = 83,5 %, RSD = 1,46 kg TM). Jensen et al. (2015) evaluierten die Futteraufnahmeschätzmodelle von NRC (2001), Volden et al. (2011), TDMI-Index (Huhtanen et al. 2011), Wageningen-DCM (Zom et al. 2012a, 2012b) und das TMR-Modell Nr. 5 von Gruber et al. (2004). Modell Nr. 5 wies den geringsten Schätzfehler auf, wobei dessen Varianz zu 93,4% auf Zufall beruht. Dies gewährleistet valide Schätzungen mit einem vernachlässigbaren systematischen Schätzfehler. Die auf Basis der tatsächlichen Futteraufnahme bzw. auf Basis der mit dem Futteraufnahmemodell von Gruber et al. (2004) geschätzten Futteraufnahme berechnete Futter-Effizienz in den Originaldaten ergab eine Rangkorrelation (nach Spearman) von 0,889.

Zusätzlich verlangt die Verwendung von Effizienzparametern in der Zuchtwertschätzung genaue und tierindividuelle Daten.

In das Modell Nr. 1 (Gruber et al. 2004) fließen sowohl tier- und futterspezifische Faktoren ein. Das Modell von NRC (2001) beachtet keine futterspezifischen Input-Parameter, sondern nur tierspezifische Kriterien wie Laktationsstadium, Milchleistung und Lebendmasse. Das Futteraufnahmemodell von Volden et al. (2011) gehört den sogenannten Fill-factor-Systemen an. Die Futteraufnahmekapazität eines Tieres hängt von Lebendmasse, Milchleistung, Laktationsstadium, Laktationszahl und Rasse ab. Ihr steht die Füllwirkung des Futters gegenüber, welche durch Verdaulichkeit, NDF-Gehalt und der Silagequalität beschrieben wird. Ähnlich funktioniert das Modell von Zom et al. (2012a, 2012b). Der Sättigungswert der einzelnen Futtermittel auf der Grundlage von deren Nährstoffgehalt berechnet. Im Gegensatz zum Modell von Volden et al. (2011) fließen in die Berechnung der Aufnahmekapazität weder Lebendmasse noch Milchleistung ein. Das empirische Regressionsmodell von Huhtanen et al. (2011) kombiniert den Silage-DMI-Index (SDMI) mit dem Concentrate-DMI-Index (CDMI) zum Total-Dry-Matter-Intake-Index (TDMI). Der SDMI beschreibt die Grundfutterqualität und der CDMI den Einfluss von Menge und Zusammensetzung des Kraftfutters auf die Grundfutteraufnahme. Zusätzlich zu diesen Fütterungskriterien bestimmen noch Tier- und Produktionsfaktoren die Futteraufnahme. Im Gegensatz zu den anderen Modellen berücksichtigen die Modelle von Gruber et al. (2004) zusätzlich, dass sich der Einfluss der Parameter Lebendmasse, Milchleistung und Kraftfuttermenge auf die Futteraufnahme im Laufe der Laktation verändert. Somit wird der Veränderung des physiologischen Stadiums von der Früh- zur Spätlaktation Rechnung getragen (Korver 1982).

7.4.4 Beschreibung der Rationen – Teil 1 und 2

Abbildung 1 (unten) zeigt den Anteil der einzelnen Grundfuttermittel an der Grundfutterration innerhalb der vier Hauptrationsarten GFM, GET, AGR und TMR. Die Angaben beziehen sich wie in den gesamten Auswertungen auf die Trockenmasse (TM).

Die reine Grundfuttermischung zeichnet sich durch einen sehr hohen Weide-/Grünfutteranteil von 37 % aus. Dieser geht in Richtung typischer Stallrationen (AGR und TMR) auf ca. 1 % zurück. Rationen, in denen Kraftfutter separat angeboten wurde (GET), weisen immerhin noch einen Anteil an Weide von 10 % am Grundfutter aus. Der steigende Anteil an Gras- und Maissilage ersetzt den schwindendem Heu- und Grünfutteranteil. Die Rationstypen GET, AGR und TMR bestehen aus über 50 % Grassilage. Während sich der Rest beim Typ GET in ähnlichen Verhältnissen auf Heu, Maissilage und Grünfutter sowie Leguminosen aufteilt, überwiegt der Maissilageanteil bei der TMR und AGR mit beinahe 30 % Anteil am Grundfutter. AGR und TMR sind einander sehr ähnlich, wobei die AGR mit 35 % einen um 5 %-Punkte höheren KF-Anteil in der Gesamtration aufweist. Dieser Unterschied liegt an der individuellen und leistungsorientierten Kraftfutterergänzung bei der AGR. Rationen des Types GET bestehen aus durchschnittlich 27 % Kraftfutter. Leguminosen haben mit höchstens 5,4 % Klee(gras) und 2,2 % Luzerne(gras) eine geringe Bedeutung. Reine Grundfuttermischungen machen 2,4 % aller Datensätze aus, 42,3% betreffen AGR und 12,0 % TMR. Mit 44,3 % haben Rationen mit reiner Abruffütterung (GET) die gleiche Bedeutung wie die AGR. Die Mischrationen und Rationen ohne bzw. mit getrennter Kraftfuttergabe wiegen einander auf.

Abbildung 1 (oben) zeigt die verwendeten Grundfuttertypen und Tabelle 1 deren relativeHäufigkeiten. Hat eine Ration überdurchschnittlich viel einer Grundfuttersorte wie z.B. Grassilage und Maissilage, so gilt sie als gras- und maissilage-betont. Die Grünfutter-/Weidetypen (GR, GRHE, GRGSHE) zeichnen sich durch mindestens 43 % Grünfutter und einer dementsprechend unterschiedlichen Ergänzung von konserviertem Futter aus. Die geringste Ergänzung hatte Typ GR (Grünfutter) mit ca. 89 % Weideanteil. Maissilage war bei diesen GR-Typen zu vernachlässigen oder nicht vorhanden.

Die Grassilagetypen (GS, GSHE, GSMS, GSMSHE) zeichnen sich durch mindestens 57 % Grassilage aus. Auch hier zeichnen sich die Produktionsgebiete mit dem reinen Grassilage-Heu-Typ (GSHE) ab.

Maissilagebetonte Rationen zeichnen sich durch einen verhältnismäßig geringen Grassilageanteil aus, weil z.T. entweder andere Futtermittel wie Grünfutter und Heu in deutlich höheren Mengen eingesetzt werden, oder der Maissilageanteil selbst sehr hoch ist.

Die Kleetypen (KLGSMSHE, KLMS) und die Luzernetypen (LUGSHEMS, LUMS) zeigen, dass Leguminosen regional betrachtet Grassilage z.T. völlig ersetzen. Anzahlmäßig haben leguminosenbetonte Rationen jedoch kaum Bedeutung.

Heubetonte Rationen bestehen aus durchschnittlich 56 % Heu.

Der Anteil der Grundfuttertypen an den Datensätzen zeigt die Bedeutung der einzelnen Grundfuttertypen für die Fütterungspraxis in den Projektbetrieben. 5,7 % gehören den grünfutterbetonten Rationen an, 40,0 % gehören alleine dem Typ GS an, 6,9 % den restlichen GS-Typen. Der Typ MS betrifft 26,6 % aller Datensätze, die restlichen maissilagebetonten Typen nur 1,3 %. Der dritthäufigste Typ HE macht nur 8,1 % aus. Klee- und luzernebetonte Rationen sind mit 8,4 und 2,6 % vertreten.

Die Projektbetriebe gestalten die Grundfutterkomponenten stark silagebetont. Eine besonders hohe Bedeutung kommt dem Dauergrünland, und hiervon besonders der Grassilage, zu. Weidehaltung ist nur geringfügig vorhanden. Die leistungsangepasste und individuelle Kraftfutterergänzung über z.B. Abrufstationen (GET, AGR) wird gegenüber der TMR oder einer reinen Grundfutterfütterung deutlich bevorzugt. Diese Ergebnisse spiegeln das überdurchschnittliche Milchleistungsniveau der Projektbetriebe wider.

Tabelle 1: Bedeutung der Grundfuttertypen für die Fütterung der EC-Betriebe

Grundfuttertyp	**% der Datensätze**	**Hauptkomponenten**	**% der Datensätze**
Grünfutter (GR)	5,7	GR	3,2
		GRHE	1,8
		GRGSHE	0,7
Grassilage (GS)	46,9	GS	40,0
		GSHE	3,4
		GSMS	0,8
		GSMSHE	2,7
Maissilage (MS)	27,9	MS	26,6
		MSHE	0,5
		MSGSST	0,4
		MSGSGR	0,4
Klee(gras) (KL)	8,3	KLGSMSHE	7,3
		KLMS	1,1
Luzerne(gras) (LU)	2,6	LUGSHEMS	1,7
		LUMS	0,4
		LUGS	0,5
Heu (HE)	8,1	HE	8,1
Sonstige	0,4	SONST	0,4
Abkürzung ST Stroh			

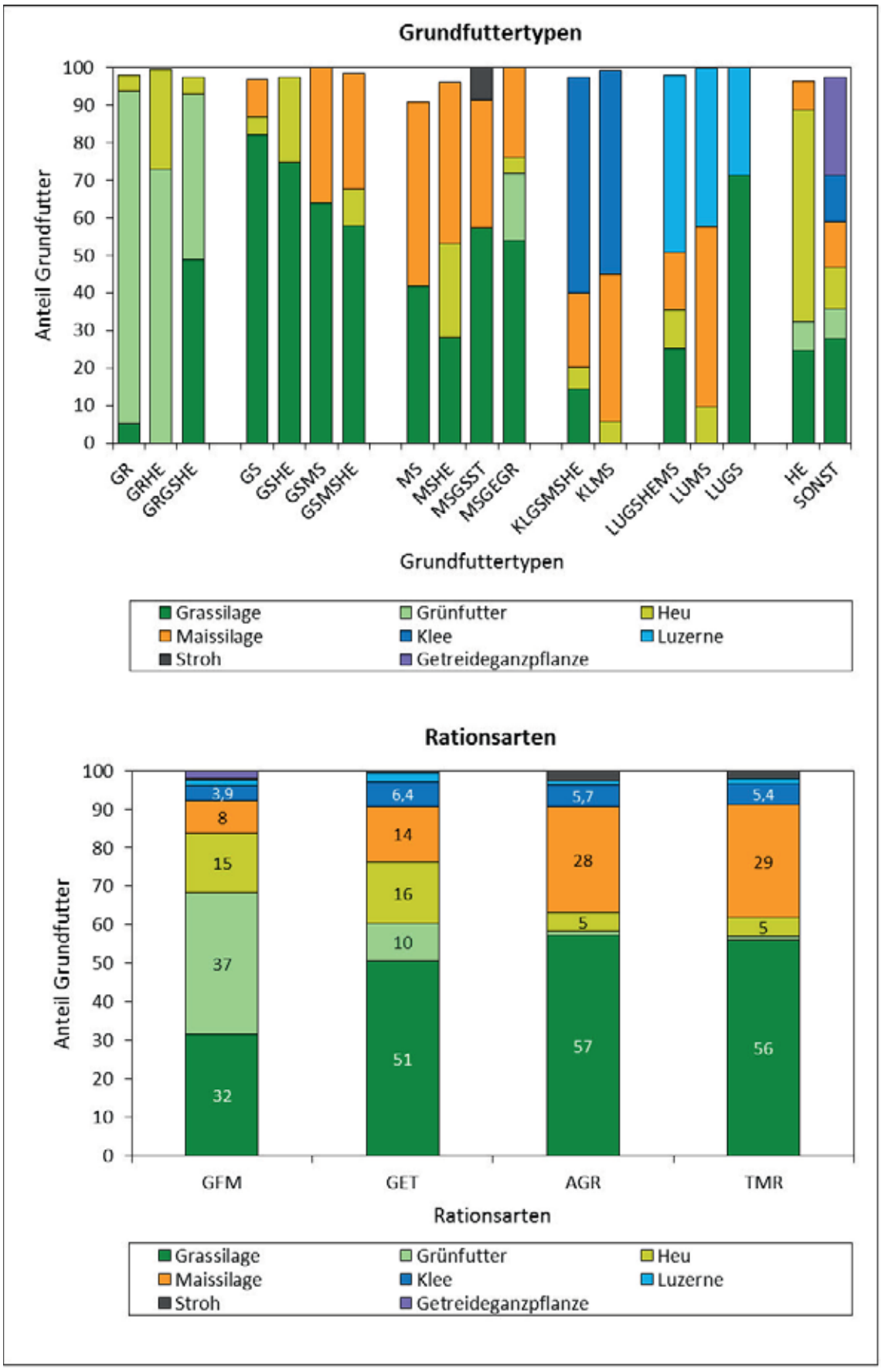


Abbildung 1: Grundfutterzusammensetzung nach Grundfuttertypen und Rationsarten

7.4.5 Statistische Auswertung – Teil 1 und 2

Die statistische Auswertung bezieht sich auf das Datenmaterial in der Laktation. Der gesamte Datensatz besteht aus 40.449 Einzeldatensätzen und beinhaltet 161 Betriebe, 6.480 Tiere, 1.253 Rationen und die Laktationszahlen 1 bis 13.

Die Klassen für den fixen Effekt Rasse sind nach Fremdgenanteil und Milchbetonung dermaßen geordnet, dass der angegebene Fremdgenanteil der Klassen dem mittleren Anteil der Tiere dieser Klasse entspricht. Nur die Gruppe FV_RH5075 weist durchschnittlich ca. 68 % RH-Anteil auf und kombiniert die Klassen mit einem Anteil von durchschnittlich 50 und 75 %.

FV (Fleckvieh), HF (Holstein) und BS (Brown Swiss) stellen Klassen mit 100 % der angegebenen Rasse dar. FV_RH6.25 beinhaltet FV-Tiere mit ≤ 10 % RH-Anteil, FV_RH12.5 mit > 10,0 bis ≤ 15,6 %, FV_RH25 mit > 15,6 bis ≤ 44,5 % und FV_RH5075 > 44,5 %. Weiters existieren noch FV-Gruppen mit Montbeliard als Fremdrasse, sowie eine BS-Kreuzungsgruppe, welche jedoch in diesen Auswertungen nicht weiter beleuchtet werden.

Der Effekt der Laktationszahl weist 1. und 2. Laktation getrennt aus, 3. und 4. Laktation gemeinsam sowie alle Laktationszahlen ≥ 5 ebenfalls gemeinsam. Damit wird das Wachstum der jungen Kuh, das Zenit ihrer Leistung sowie das bereits alternde Tier berücksichtigt. Die Anzahl der Datensätze sinkt mit steigender Laktationszahl von der 1. bis zur 13. Laktation.

Der fixe Effekt Zeit (Laktationsstadium) fasst die Laktation in 4-Wochen-Abschnitte (28 Tage) zusammen.

Der Einfluss der Ration wird in der Auswertung Teil 1 zur Untersuchung des Einflusses von Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium mittels Grundfuttertyp berücksichtigt, in der Auswertung Teil 2 zur optimalen Lebendmasse durch die Regressionsvariablen NEL_{GF} und Kraftfutteranteil.

Als weiterer Unterschied sind für Teil 2 die Rassekategorien mit denen der Lebendmasse kombiniert, um den unterschiedlichen Lebendmasse-Verteilungen der Rassen gerecht zu werden. Die Lebendmasse-Klassen (LM-Klassen) sind in 50 kg-Schritte eingeteilt und reichen von 450 bis 1000 kg.

Die Auswertung basiert auf der Procedure Mixed des Programmes SAS 9.4 (2015; Version 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) mit der Varianzkomponentenschätzung Methode REML, der Freiheitsgradapproximation nach Kenward-Roger und nach dem Akaike-Informationskriterium (AIC) ausgewählten Kovarianzstruktur VC. Als Signifikanzniveau für den paarweisen Mittelwertvergleich nach Tukey-Kramer wurde ein Alpha von 0,05 gewählt.

Das Schätzmodell für die Auswertung aller Parameter lautet (Teil 1):

$$Y_{ijklm} = \mu + R_i + L_j + Z_k + (R \times L)_{ij} + (R \times Z)_{ik} + (L \times Z)_{jk} + GF_l + B_m + \varepsilon_{ijklm}$$

Y_{ijklm}	= Beobachtungswert des abhängigen Parameters
μ	= Intercept
R_i	= fixer Effekt der Rasse i (i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10)
L_j	= fixer Effekt der Laktationszahl j (j = 1, 2, 3+4, ≥5)
Z_k	= fixer Effekt der Zeit (k = 1, 2, …, 11, 12)
$(R \times \mathrm{L})_{ij}$	= Wechselwirkung zwischen Rasse i und Laktationszahl j
$(R \times \mathrm{Z})_{ik}$	= Wechselwirkung zwischen Rasse i und Zeit k
$(L \times \mathrm{Z})_{jk}$	= Wechselwirkung zwischen Laktationszahl j und Zeit k
GF_l	= Grundfuttertyp (l = 1, 2, …, 23)
B_m	= zufälliger Effekt Betrieb (m = 1-161)
ε_{ijklm}	= Restkomponente

Das Schätzmodell für die Auswertung der optimalen Lebendmasse lautet (Teil 2):

$$Y_{ijkl} = \mu + R.LM_i + L_j + Z_k + b_{NELGF} \times NEL_{GF} + b_{KF_\%} \times KF_\% + B_l + \varepsilon_{ijkl}$$

Y_{ijkl}	= Beobachtungswert des abhängigen Parameters
μ	= Intercept
$R.LM_i$	= fixer Effekt der Rasse-Lebendmasseklasse i (i = 1-93)
L_j	= fixer Effekt der Laktationszahl j (j = 1, 2, 3+4, ≥5)
Z_k	= fixer Effekt der Zeit (k = 1, 2, …, 11, 12)
$b_{NELGF} \times NEL_{GF}$	= Regressionskoeffizient b für Energiegehalt Grundfutter
$b_{KF_\%} \times KF_\%$	= Regressionskoeffizient b für Kraftfutteranteil
B_l	= zufälliger Effekt Betrieb (l = 1-161)
ε_{ijkl}	= Restkomponente

7.4.6 Beschreibung der Datenbasis – Teil 3

Die wesentlichen Kriterien der Versuchskühe sowie die Datenquellen und Versuchsbedingungen etc. sind ausführlich bei Gruber et al. (2004) beschrieben. Einige Kennzahlen für Fleckvieh und Holstein-Friesian sowie für das gesamte Datenmaterial sind in Tabelle 2 angeführt.

Die Datenbasis setzt sich aus den Ergebnissen von Fütterungsversuchen aus 8 Universitäts- und Forschungsinstituten Deutschlands und Österreichs zusammen (N = 21.521 Datensätze, 4.219 Fleckvieh, 17.302 Holstein-Friesian). Ein Datensatz ergibt sich aus dem Mittelwert der Daten von zwei Laktationswochen. In den Untersuchungen waren 361 Kühe der Rasse

Fleckvieh und 1.316 Kühe der Rasse Holstein vertreten (insgesamt 1.677 verschiedene Tiere). Die Milchkühe waren durchschnittlich in der 2,7. Laktation, am 143. Laktationstag und waren 631 kg schwer. Die Lebendmasse bewegte sich zwischen 422 und 999 kg. Die durchschnittliche Milchleistung lag bei 24,6 kg und bewegte sich zwischen 2,5 und 55,8 kg mit 4,26 % Fett (2,50 bis 6,50 %). Die Futteraufnahme betrug 18,4 kg (6,2 bis 31,0 kg), davon 11,9 kg Grundfutter (3,6 bis 21,5 kg) und 6,4 kg Kraftfutter (0 bis 16,4 kg). Im Mittel wiesen die Rationen eine Energiekonzentration von 6,53 MJ NEL/kg TM bei einem XP-Gehalt von 151 g/kg TM und einem XF-Gehalt von 193 g/kg TM auf. Das Grundfutter hatte 5,92 MJ NEL und 249 g XF pro kg TM. Damit liegen Leistung, Futterqualität und Lebendmasse etwas unter den Ergebnissen der EC-Projektbetriebe, allerdings überwiegen im EC-Datenmaterial Datensätze der FV-Kühe und im Datenmaterial der Forschungsinstitute Holstein-Friesian. Die durchschnittliche Ration bestand aus 33,2 % Kraftfutter und 66,8 % Grundfutter. Das Grundfutter setzte sich im Mittel aus 19,1 % Heu, 43,9 % Grassilage, 35,5 % Maissilage und 1,5 % Grünfutter zusammen, wobei nicht in jeder Ration alle Futtermittel eingesetzt wurden. Die durchschnittliche Lebendmasse-Effizienz betrug 0,201 kg ECM/kg $LM^{0,75}$ sowie 1,35 kg ECM/kg DMI und 0,659 MJ LE/ML INEL. Wie zu erwarten, erreichen milchbetonte Kühe eine höhere Effizienz (0,608 vs. 0,671 MJ LE/MJ INEL bei FV und HF). In der Gesamtbeurteilung muss allerdings deren geringere Mastleistung in Rechnung gestellt werden.

Tabelle 2: Beschreibung des Datenmaterials der 8 Forschungsinstitute (Gruber et al. 2004)

Parameter	Einheit	Fleckvieh		Holstein		Fleckvieh und Holstein			
		Mittel	± s	Mittel	± s	Mittel	± s	Min	Max
Anzahl Datensätze	n	4.219		17.302		21.521			
Laktationszahl	N	3,51	2,01	2,50	1,57	2,70	1,71	1	12
Laktationstage	d	142	78	143	76	143	77	2	459
Lebendmasse	kg	671	77	622	70	631	74	422	999
LM-Veränderung	g/d	159	507	228	471	214	479	-1497	1500
Futter- und Nährstoffaufnahme									
Futteraufnahme GF	kg TM/d	12,19	2,23	11,88	2,26	11,94	2,26	3,61	21,53
Futteraufnahme KF	kg TM/d	4,13	3,24	6,97	3,20	6,41	3,40	0,00	16,40
Futteraufnahme GES	kg TM/d	16,33	3,14	18,90	3,26	18,40	3,40	6,23	30,97
Futteraufnahme rel. GES	g/kg $LM^{0,75}$	124	21	152	25	147	26	49	246
Energieaufnahme	MJ NEL/d	102,3	27,3	125,8	26,6	121,2	28,3	33,4	212,3
Futterniveau	$INEL/NEL_m$	2,64	0,64	3,45	0,70	3,30	0,76	0,89	5,71
Energiebilanz	MJ NEL/d	-1,6	14,8	1,7	17,5	1,1	17,0	-115,4	68,4
Rationskriterien									
Kraftfutteranteil	% der TM	23,3	16,5	35,7	13,9	33,2	15,2	0,0	80,3
XP Grundfutter	g/kg TM	116	18	120	25	119	23	66	206
XF Grundfutter	g/kg TM	268	32	244	38	249	38	162	382
NEL Grundfutter	MJ/kg TM	5,68	0,48	5,98	0,54	5,92	0,54	4,07	7,35
XP Gesamtfutter	g/kg TM	139	23	154	21	151	22	76	235
XF Gesamtfutter	g/kg TM	223	45	185	36	193	41	101	382
NEL Gesamtfutter	MJ/kg TM	6,18	0,61	6,62	0,53	6,53	0,57	4,11	7,69
Milchleistung									
Milchleistung	kg/d	19,29	7,16	25,84	7,59	24,55	7,94	2,45	55,75
Milchleistung (ECM)	kg/d	19,56	7,13	26,39	7,55	25,05	7,95	2,83	59,04
Fettgehalt	%	4,18	0,55	4,28	0,67	4,26	0,65	2,50	6,50
Eiweißgehalt	%	3,41	0,38	3,37	0,36	3,38	0,36	1,39	4,87
Effizienz									
Lebendmasse-Effizienz	kg ECM/kg $LM^{0,75}$	0,148	0,052	0,213	0,062	0,201	0,065	0,021	0,510
Futter-Effizienz	kg ECM/kg DMI	1,18	0,31	1,39	0,32	1,35	0,33	0,19	3,90
Energie-Effizienz	MJ LE/MJ INEL	0,608	0,142	0,671	0,137	0,659	0,140	0,119	1,740

LM Lebendmasse, GF Grundfutter, KF Kraftfutter, GES Gesamtfutter, XF Rohfaser, NEL Nettoenergie Laktation
ECM Energiekorrigierte Milch (3,2 MJ LE), LE Energiegehalt der Milch, DMI dry matter intake, INEL intake NEL

7.4.7 Statistische Auswertung – Teil 3

Die Daten wurden mit dem Statistik-Paket SAS (2015, Version 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) unter Verwendung der Procedure Mixed ausgewertet. Das Modell beinhaltete die fixen Effekte RASSE, LEBENDMASSE, LAKTATIONSZAHL, LAKTATIONSMONAT sowie den zufälligen Effekt TIER und die Kovariablen KRAFTFUTTERANTEIL und NEL-GEHALT Grundfutter. Für den zufälligen Effekt TIER (innerhalb Rasse) wurde die Kovarianzstruktur „Variance component" gewählt, die den niedrigsten AIC-Wert ergab. Für die Berechnung der Anzahl an Freiheitsgraden wurde die Methode Kenward-Roger herangezogen und für die Varianzkomponentenschätzung die Option REML. Die Signifikanzschwelle wurde mit $P \leq 0,05$ festgelegt.

Die Klassen für die Rassen bestehen aus Fleckvieh (FV) und Holstein (HF). Der fixe Effekt Laktationszahl setzt sich aus den Klassen Laktation 1, 2, 3-4 und ≥5 zusammen. Bezüglich des fixen Effektes Laktationsmonat wurde die gesamte Laktationszeit in Abschnitte von 10 Monaten zu je 30,4 Tagen unterteilt (365/12 = 30,4).

Wie unter Abschnitt 7.3 ausgeführt, ist die Berechnung der Effizienz und somit auch ihre Interpretation bezüglich Futterverwertung sowie Vergleich von Genotypen insofern problematisch, als sich im Falle von negativer Energiebilanz eine scheinbar höhere Effizienz ergibt und bei positiver Energiebilanz eine scheinbar geringere Effizienz. Daher schlagen Berry und Pryce (2014) vor, eine eventuell auftretende Zunahme an LM im Zähler als Output zusätzlich zur Milch zu berücksichtigen und eine Abnahme im Nenner als Abzug vom Input (Abbildung 7 als „LMV-korrigiert" bezeichnet). Eine Auswertung am Datenmaterial zur Schätzung der Futteraufnahme (Gruber et al. 2004) hat allerdings eine nur geringe Übereinstimmung zwischen LMV und errechneter Energiebilanz (NELBil) ergeben (R^2 = 10,3 %, r = 0,032, RMSE = 16,1 MJ NEL). Daher wurde in der vorliegenden Auswertung diese errechnete Energiebilanz selbst als Korrektur von Output im Zähler bzw. Input im Nenner verwendet (in Abbildung 7 als „NELBil-korrigiert" bezeichnet). Da allerdings die errechnete Energiebilanz (aus NEL-Aufnahme minus NEL-Bedarf für Erhaltung, Milchleistung und Trächtigkeit) alle Versuchsfehler beinhaltet und zwischen den Tieren gewisse tierindividuelle Unterschiede in der Energieverwertung bestehen, ist diese ebenfalls nur mit Vorsicht anzuwenden. Daher wurden in einem dritten Auswertungsschritt die Energiebilanz und auch die LMV nicht direkt in die Berechnungen zur Effizienz einbezogen (wie von Berry und Pryce 2014 vorgeschlagen), sondern im statistischen Modell als Kovariable berücksichtigt. Dies hat den Vorteil, dass zwar eine unterschiedliche Lebendmasse-Veränderung bzw. Energiebilanz zwischen den Tieren berücksichtigt wird, aber deren absoluter Wert keine Rolle spielt, weil er für alle Tiere in gleicher Weise gilt. Der Begriff LMV-Covariable2 bedeutet, dass – im Gegensatz zu LMV-Covariable1 – im Falle von negativer Lebendmasse-Veränderung (d.h. Abnahme an LM) eine Verwertung von 82,5 % (laut GfE 2001) unterstellt wird, was jedoch bei Berry und Pryce (2014) unberücksichtigt bleibt (siehe statistisches Modell).

Das statistische Modell hat somit folgende Form:

$$Y_{ijklm} = \mu + R_i + LM_j + L_k + M_l + (R \times LM)_{ij} + (R \times L)_{ik} + (R \times M)_{il} + T(R)_{mi} + b_{KF_\%} \times KF_{\%} + b_{NELGF} \times NEL_{GF} + [b_{LMV} \times LMV + b_{NELBil} \times NELBil]^{1)} \varepsilon_{ijkl}$$

Y_{ijklm}	= Beobachtungswert des abhängigen Parameters
μ	= Intercept
R_i	= fixer Effekt der Rasse i (i = FV, HF)
LM_j	= fixer Effekt der LM-Gruppe j (j = 525, 575, 625, 675, 725, 775)
L_k	= fixer Effekt der Laktationszahl k (k = 1, 2, 3+4, ≥5)
M_l	= fixer Effekt des Laktationsmonats l (l = 1, 2, …, 9, 10)
$(R \times LM)_{ij}$	= Wechselwirkung zwischen Rasse i und LM-Gruppe j
$(R \times L)_{ik}$	= Wechselwirkung zwischen Rasse i und Laktationszahl k
$(R \times M)_{il}$	= Wechselwirkung zwischen Rasse i und Laktationsmonat l
$T(R)_{mi}$	= zufälliger Effekt Tier m innerhalb Rasse i (i = 1-1677)
$b_{KF_\%} \times KF_\%$	= Regressionskoeffizient b für Kraftfutteranteil
$b_{NELGF} \times NEL_{GF}$	= Regressionskoeffizient b für Energiegehalt Grundfutter
$[b_{LMV} \times LMV$	= Covariable b für Lebendmasse-Veränderung] [1)]
$[b_{NELBil} \times NELBil$	= Covariable b für errechnete Energiebilanz] [1)]
ε_{ijklm}	= Restkomponente

[1)] siehe Text

7.5 Ergebnisse und Diskussion

In diesem Teil werden die Ergebnisse aus dem Projekt Efficient Cow mit den Vorstudien verglichen, welche in den Masterarbeiten von Ledinek (2014) sowie Stegfellner (2014) aufgearbeitet und von Ledinek und Gruber (2014), Ledinek und Gruber (2015) sowie Gruber und Stegfellner (2015) publiziert wurden.

7.5.1 Effekt der Rasse – Teil 1

Die Rasse hatte auf alle Parameter, außer auf die Grundfutterqualität, einen hoch-signifikanten Einfluss.

Betrachtet man Futter- und Nährstoffaufnahme, so sind die FV-Gruppen bis zu einem Fremdgenanteil von 12,5 % Red Holstein einander sehr ähnlich. Die Unterschiede zwischen der FV_RH25 und FV_RH12.5 sind außer bei der GF-Aufnahme und der NDF-Aufnahme pro kg Lebendmasse immer größer als zwischen FV_RH12.5 und FV, obwohl sie einen genau doppelt so hohen Fremdgenanteil aufweisen. Die Differenzen nehmen von FV_RH25 bis FV_RH5075 weiter zu. Die zwei am milchbetontesten Gruppen FV_RH5075 und HF FV_RH5075 verzehren das meiste Futter und gleichen einander. Sie unterscheiden sich jedoch in den Parametern bezogen auf die Lebendmasse, weil FV_RH5075 um 46 kg

schwerer als HF ist. Die Steigerung der Parameter für Nährstoff- und Futteraufnahme mit steigendem Fremdgenanteil und dessen Milchbetonung bestätigt auch die Vorstudie (Ledinek und Gruber 2015).

BS bewegt sich bezüglich Futter- und Nährstoffaufnahme im Bereich von FV bis FV_RH25. Nur bei Parametern bezogen auf die Lebendmasse sind die BS-Kühe (655 kg) mit der milchbetonten FV-Gruppe FV_RH5075 (703 kg) vergleichbar. Dies ist hauptsächlich auf die um 48 kg geringere Lebendmasse der BS-Kühe zurückzuführen.

FV_RH5075 weist mit 14,55 kg TM/d die höchste GF-Aufnahme auf, BS mit 14,03 kg TM/d die geringste. HF frisst mit 14,38 kg TM/d weniger Grundfutter als FV_RH5075, erreicht aber durch die höchste KF-Aufnahme (6,43 kg TM/d) auch die höchste GES-Aufnahme. BS weist den dritthöchsten KF-Anteil an der Gesamtration auf. Ein hoher KF-Verzehr reduziert die GF-Aufnahme und erhöht die GES-Aufnahme (Gruber et al. 1995). Kennedy et al. (2003) beobachteten eine mit der KF-Ergänzung linear ansteigende Futteraufnahme und eine sinkende GF-Aufnahme bei weidenden, mittel und stark milchbetonten HF-Kühen, wobei beide Genotypen sehr ähnlich auf die Steigerung des KF-Angebotes reagierten. Die GF-Qualität ist im aktuellen Versuch zwischen den Rassen ident. Daher hängen die Rassenunterschiede in der GES-Aufnahme einerseits mit der etwas höheren GES-Qualität der milchbetonten FV-Gruppen und HF, und andererseits mit deren höheren Leistungsbedarf zusammen. Betrachtet man die Milchleistung, so geben HF-Kühe um 2,9 kg mehr ECM als FV, fressen aber nur um 1,07 kg TM/d mehr, davon jedoch 75 % Kraftfutter. Die Überlegenheit milchbetonter Rassen und von Tieren mit höherer Milchleistung bezüglich Futteraufnahme, aber auch deren höherer Verzehr bzw. Anteil an KF, bestätigen auch die Vorstudie und zahlreiche andere Untersuchungen (Dillon et al. 2003, Gruber et al. 1995, Gruber et al. 2004, Sæther et al. 2010). FV gibt pro Prozent Kraftfutter 0,98 kg ECM, HF 1,00 kg und BS 0,96 kg. Verglichen mit den 0,96 kg für FV und 1,03 kg für HF in der Vorstudie sind die kombinierten und milchbetonten Gruppen einander ähnlicher. HF kann trotz deutlich höherer Milchleistung verglichen zur Vorstudie keinen Vorteil bezüglich KF-Effizienz ziehen. Eine höhere KF-Effizienz für milchbetonte Kühe ergab sich auch bei Gruber et al. (1995).

Eine höhere GF-Qualität fördert die Futteraufnahme (Gruber et al. 1995). Die aktuelle Studie hatte eine höhere GF-Qualität (5,98 MJ NEL/kg TM) und auch einen höheren KF-Anteil als im Versuch von Gruber et al. (1995) und in der Vorstudie. Der KF-Einsatz steigert den Energiegehalt der GES-Ration auf 6,51 MJ NEL pro kg TM. Weiters produzierten die Kühe auch deutlich mehr Milch. Daher liegen alle Futteraufnahme- und Nährstoffparameter auf einem insgesamt höheren Niveau.

Bezogen auf die metabolische Lebendmasse (LM^x) wird der Unterschied zwischen den leichteren milchbetonten Gruppen und den schwereren kombinierten Gruppen noch deutlicher. Die GES-Aufnahme von HF liegt um 14 % höher als von FV mit 141,5 g/kg LM^x. BS reiht sich aufgrund seiner gleichen Lebendmasse wie HF, aber wegen seiner geringeren Futteraufnahme bei den schwereren FV_RH5075 ein. Dillon et al. (2003) erreichen in einem weidebasierten System ebenfalls höhere Futteraufnahmen mit und ohne Bezug auf die Lebendmasse absteigend von dänischen HF, irischen HF zu den weniger milchbetonten

französischen Montbeliarde- und Normande-Kühen. Auch innerhalb einer Rasse besitzen milchbetontere Tiere eine höhere relative Futteraufnahme als weniger milchbetonte, wie Kennedy et al. (2003) an HF-Kühen feststellten.

Hinsichtlich der Aufnahme von NDF/kg LM zeigt sich eine signifikante Steigerung von FV mit 10,6 g zu HF mit 12,2 g NDF/kg LM. Die physikalisch limitierende NDF-Aufnahme in der Höhe von 12,5 g/kg LM wird von keiner Rasse erreicht (Mertens 1994). Trotzdem bewegen sich besonders die milchbetonten Gruppen FV_RH5075, BS aber besonders HF (12,2 g) in einem höheren Bereich als die FV-Gruppen mit bis zu 25 % Fremdgenanteil. Dies weist darauf hin, dass die Versorgung relativ zum Bedarf energieärmer ist, obwohl die GES-Qualität ohnehin durch einen höheren KF-Anteil gesteigert wurde.

Die Resultate der aktuellen Studie bestätigen die Ergebnisse vorangegangener Versuche, dass ein höherer KF-Anteil auch die Futteraufnahme pro kg LM^x steigert und milchbetontere Kühe eine höhere Aufnahme haben.

Die Milchleistung steigt von FV (26,6 kg ECM) bis FV_RH12.5 nicht signifikant auf 27,0 kg ECM an, jedoch von FV_RH12.5 um 0,7 kg signifikant zu FV_RH25. HF und FV_RH5075 weisen mit 29,5 und 29,0 kg ECM die höchste Milchleistung auf. HF gibt als einzige Gruppe weniger ECM als Milch, was an den niedrigsten Eiweiß- und Fettgehalten aller Gruppen liegt. Die Leistung von BS entspricht den FV-Gruppen mit bis zu 12,5 % RH-Anteil.

Die 305-Tageleistung entspricht bei FV 8.022, bei HF 9.028 und bei BS 7.991 kg und liegt weit über dem Durchschnitt der österreichischen Kontrollkühe (FV 7.176 kg, BS 7.185 kg, HF 8.592 kg) im Jahr 2015 (ZuchtData 2016). HF gibt in der aktuellen Studie nur um 13 % mehr Milch als FV. Die entsprechenden Werte liegen mit 23 % (Ledinek und Gruber 2015), 16 % (Gruber und Stegfellner 2015) und österreichweit mit 20 % (ZuchtData 2016) deutlich höher. In der aktuellen Studie liegt dies 1. an der überdurchschnittlichen Leistung aller Rassen und 2. an einer geringeren Steigerung von HF von 5 % verglichen zu den Kontrollkühen, jedoch einer Steigerung von 12 % und 11 % von FV und BS. Diese Zahlen verdeutlichen das überdurchschnittliche Produktionsniveau der EC-Betriebe und besonders der Rassen FV und BS.

Die beiden FV-Gruppen FV_RH6.25 und FV_RH25 haben mit 4,23 % den höchsten Milchfettgehalt und unterscheiden sich signifikant von FV und FV_RH5075 mit 4,16 und HF mit 4,12 %. BS bewegt sich mit 4,19 % zwischen beiden Polen. Der Eiweißgehalt sinkt deutlich von den FV-Gruppen mit bis zu 25 % RH-Anteil und BS (3,52 bis 3,54 %) zu FV_RH5075 mit 3,45 % und HF mit 3,36 %. Bei Gruber et al. (1995) hatte HF einen signifikant höheren Fettgehalt, aber einen geringeren Eiweiß- und Laktosegehalt als FV. In den Ergebnissen von Dillon et al. (2003) hatten HF-Kühe bei einer höheren Milchleistung einen geringeren Fettgehalt als die weniger milchbetonten Montbeliarde und einen geringeren Laktose- und Proteingehalt als Montbeliarde und Normande. Auch innerhalb einer Rasse macht sich ein höheres Milchleistungspotential mit geringeren Inhaltstoffgehalten bemerkbar (Buckley et al. 2000, Kennedy et al. 2003). Die Überlegenheit der milchbetonten Rassen hinsichtlich Milch- und ECM-Menge liegt an der höheren Konzentration von

Wachstumshormon (GH) und an dem höheren GH/Insulin-Verhältnis im Blut während der Laktation (Hart et al. 1978, Hart et al. 1979).

Während die Lebendmasse von FV bis FV_RH25 (727 bis 729 kg) konstant bleibt, sinkt der BCS kontinuierlich von FV (3,41 Pkt.) zu HF (2,63 Pkt.) mit steigender Milchbetonung immer stärker ab. Die Lebendmasse hingegen fällt erst ab einem RH-Anteil von ca. 68 % (FV_RH5075, 703 kg) um 26 kg von FV_RH25 ab. BS und HF wiegen 657 und 655 kg. BS weist allerdings eine um 0,31 Pkt. signifikant höhere Körperkondition auf. FV_RH12.5 unterscheidet sich mit 3,34 Pkt. bereits von FV mit 3,41 Pkt.. HF hat eine signifikant geringere Lebendmasse und Körperkondition als alle FV-Gruppen. Selbst ein durchschnittlicher RH-Anteil von 87,5 % bewirkte in der Vorstudie von Ledinek und Gruber (2015) signifikant schwerere Tiere und einen knapp nicht signifikanten höheren BCS verglichen zu HF. Buckley et al. (2000) stellte ebenfalls einen geringeren BCS bei HF-Kühen mit hohem Milchleistungspotential verglichen zu Tieren mit mittlerem fest.

In vergleichbarer Literatur reichen Angaben zur Lebendmasse von 646 bis 761 kg für FV, von 589 bis 688 kg für HF und von 636 bis 698 kg für BS (Haiger und Knaus 2010, Gruber et al. 1995, Vorstudien). Die Lebensleistungslinie für HF wog 597 kg im Versuch von Haiger und Knaus (2010). Auch beim weidebasierten Versuch von Dillon et al. (2003) waren die milchbetonten HF signifikant leichter als die weniger milchbetonten Rassen. Die Unterschiede im BCS waren ebenfalls deutlicher ersichtlich. Das gleiche gilt für die Untersuchung von Buckley et al. (2000) zwischen HF-Kühen mit mittlerem und hohem genetischen Milchleistungspotential. Damit fügen sich die Ergebnisse der aktuellen Studie zu jenen in der Literatur, dass milchbetonte Rassen weniger wiegen und einen geringeren BCS aufweisen.

Die Rasse beeinflusste die Effizienzparameter ECM_LM^{x}, ECM_DMI und LE_INEL hochsignifikant. Abbildung 2 zeigt den auch in diesen Parametern typischen zuerst etwas geringen Anstieg von FV zur HF mit steigendem RH-Anteil. Zusätzlich ist in der Grafik der Energieeffizienz-Parameter ECM_INEL dargestellt.

Die FV-Gruppen bis zu 12,5 % RH-Anteil liegen mit 0,191 bis 0,194 kg ECM/kg LM^{x} im niedrigsten Bereich und unterscheiden sich von allen anderen Gruppen. HF weist mit 0,228 kg ECM/kg LM^{x} die höchste Lebendmasse-Effizienz auf. BS reiht sich mit 0,206 kg ECM/kg LM^{x} genau in der Mitte von HF und FV ein. Dies liegt an der ähnlichen Milchleistung wie FV, aber an der geringen Lebendmasse ähnlich wie HF. HF gibt pro kg Futter auch die meiste Milch (1,395 kg). Dies ist um 0,07 kg mehr als FV. Anders als bei der Lebendmasse-Effizienz unterscheiden sich HF und FV_RH5075 nicht signifikant voneinander, genauso wie FV und BS. Dies resultiert aus der ähnlichen Futteraufnahme und Milchleistung. Ähnliches sagt auch die Energie-Effizienz aus. Allerdings gehen die Unterschiede zwischen den FV-Gruppen von FV bis FV_RH25 zurück. Dies zeigt, dass diese drei Effizienzparameter nicht dieselbe Aussage besitzen. Insgesamt waren die Tiere effizienter als jene in den Vorstudien.

Wieder wird die Überlegenheit der milchbetonten Rassen in den Ergebnissen deutlich. HF produziert in der aktuellen Studie um 19 % mehr ECM/kg LM^{x} als FV. Im Projekt „Weidekuh-

Genetik“ (Piccand et al. 2013) lag der entsprechende Wert bei nur 13 %. Allerdings ist der höhere RH-Anteil im Schweizer FV zu berücksichtigen. Mit einer Futter-Effizienz von über 1,3 kg ECM/kg TM überschreiten die Tiere auch den von Thomet et al. (2002) beschriebenen Grenzwert für effiziente Kühe von 1,2 kg ECM/kg TM. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass Thomet et al. (2002) diesen Grenzwert auf einen durchschnittlichen Energiegehalt von 6,3 MJ NEL/kg TM beziehen. Sæther et al. (2010) stellten bei den norwegischen milchbetonen Tieren eine ebenfalls höhere Energie-Effizienz fest als bei einer traditionellen Rasse. In der Untersuchung von Dickinson et al. (1968) zeigte sich ebenfalls eine höhere Energie-Effizienz von Holstein gegenüber Ayrshire aber besonders gegenüber BS.

7.5.2 Effekt der Laktationszahl – Teil 1

Der Effekt der Laktationszahl hatte auf alle Parameter außer auf die Qualität von Grundfutter und Gesamtration einen hochsignifikanten Einfluss. Die Unterschiede zwischen KF-Anteil und NEL-Gehalt der Gesamtration sind signifikant ($P < 0,05$). Die Ergebnisse sind für die Aufnahme an Futter und Nährstoffen sowie für Milchleistungsparameter in Tabelle 3 nachzulesen, für die Effizienzmerkmale und deren Ausgangsvariablen in Tabelle 5.

Der Effekt der Laktationszahl bildet die Altersentwicklung und damit auch das Wachstum der Kühe ab. Für die meisten von der Laktationszahl beeinflussten Parameter ergibt sich das Bild eines simultanen und degressiven Wachstums zumindest bis zur 3.+4. Laktation. Dies bedeutet, dass die größten Unterschiede zwischen 1. und 2. Laktation auftreten, gefolgt von jenen zwischen 2. und 3.+4. Laktation. Die Klasse der ≥5. Laktation ähnelt jener der 3.+4. Laktation, ist aber von einer leichten Abnahme geprägt. Dies erklären Gruber et al. (2004) im Bereich von Futter- und Nährstoffaufnahme mit den vermehrten Gesundheitsproblemen der alternden Tiere, sowie den noch nicht voll ausgewachsenen erstlaktierenden Tieren. Ein simultanes und degressives Wachstum zumeist auch bis zur ältesten Laktationszahlklasse zeigen die Körpermaße bzw. die anderen Parameter in der aktuellen Studie, in den Vorstudien sowie bei Enevoldsen und Kristensen (1997). 1., 2. und 3.+4. Laktation unterscheiden sich zumeist voneinander, 3.+4. und ≥5. Laktation zumeist nicht.

Die tägliche GF-Aufnahme steigt um 1,81 kg auf 14,77 kg TM von 1. zur 3.+4. Laktation. Die älteren Kühe fressen um 0,97 kg KF mehr. Der KF-Anteil liegt bei 27,4 bis 27,9 %. Tiere der 1. Laktation nehmen insgesamt um 2,78 kg weniger auf als Tiere der 3.+4. Laktation. Kennedy et al. (2003) beobachteten eine um 4,4 kg niedrigere Futteraufnahme von Erstlaktierenden und einen Anstieg bis zur 3. Laktation. Bei Buckley et al. (2000) hingegen steigerten die Tiere ihre Futteraufnahme nur bis zur 2. Laktation. Bezogen auf die LM^x ergibt sich eine um 7,5 g TM hochsignifikant höhere GES-Aufnahme als bei erstlaktierenden Tieren. Die ähnliche aber nur tendenzielle Steigerung von 7,1 g TM/kg LM^x der Vorstudie (Ledinek und Gruber 2014) relativiert die Signifikanzangabe der aktuellen Studie und spricht dafür, dass die Futteraufnahme verhältnismäßig mehr mit dem Rahmen und daher mit der Lebendmasse mitwächst und weniger mit der Milchleistung. Da sich die Kühe der unterschiedlichen Laktationen im KF-Anteil in absoluten Zahlen kaum unterscheiden, ist die geringfügige Steigerung der GES-Aufnahme bezogen auf die metabolische Lebendmasse auch nicht auf die futteraufnahmefördernde Wirkung des KF zurückzuführen. Die Abnahme der Futter-

aufnahme bezogen auf die Lebendmasse von 3.+4. zur ≥5. Laktation ist damit begründet, dass die alternden Tiere bezüglich Verdauungstrakt und Rahmen und damit deren Futteraufnahmekapazität zwar vollständig entwickelt sind, die weitere Steigerung der Lebendmasse jedoch mit einer stärkeren Verfettung einher geht (Gruber et al. 2004).

Auch die Unterschiede der NDF-Aufnahme bezogen auf die Lebendmasse fallen ähnlich der Vorstudie aus und deren hohe Signifikanz ist demnach ähnlich wie bei KF-Anteil und GES-Aufnahme bezogen auf die metabolische Lebendmasse zur relativieren. Die Tiere nehmen mit durchschnittlich 11,1 g NDF mehr Faser pro kg Lebendmasse auf als in der Vorstudie. Dies liegt am höheren Leistungsbedarf der Tiere der aktuellen Auswertung. Trotz höherer Energieaufnahme als in der Vorstudie kann der zusätzliche Energiebedarf in der aktuellen Studie gerade gedeckt werden. Die Energiebilanz liegt in allen Laktationen ähnlich bei ca. 100 %, wobei ähnlich der Vorstudie die 3.+4. Laktation die geringste Deckung aufweist. Die weniger milchgebenden Tiere der Vorstudie nahmen hingegen um durchschnittlich 17 %-Punkte mehr auf als für die Deckung des Energiebedarfes nötig war.

Die Grundfutterqualität unterschied sich nicht zwischen den Laktationen und war von hohem Niveau (134 g XP, 249 g XF, 446 g NDF, 5,98 MJ NEL). Der KF-Anteil von durchschnittlich 27,7 % verbessert die Gehalte in der GES-Ration auf durchschnittlich 156 g XP, 201 g XF, 390 g NDF und 6,51 MJ NEL pro kg TM. Dies zeugt von einer sehr hohen Futterqualität, welche auf den Projektbetrieben verwendet wurde.

Die Milchleistung zeichnet sich durch ein überdurchschnittlich hohes Niveau aus. Alle Laktationen unterscheiden sich signifikant voneinander. Der Fettgehalt unterscheidet sich nur teilweise zwischen den Laktationen. Kühe der 3.+4. Laktation haben die höchste Milch- und ECM-Menge (29,1 kg Milch, 29,3 kg ECM). Dies sind 5,8 % ECM mehr als in der 2. Laktation. Kühe in der 2. Laktation produzieren wiederum mit 27,7 kg ECM um 13,5 % mehr als in der 1. Laktation. Kühe der 2. Laktation weisen den höchsten Fett- und Proteingehalt auf, die Milch Erstlaktierender die geringsten Gehalte. Der Laktosegehalt sinkt von der 1. zur ≥5. Laktation kontinuierlich von 4,84 zu 4,64 %. Gruber und Stegfellner (2015) kamen auf 15,1 % Steigerung von 1. zur 2. Laktation und auf 6,0 % von 2. zur 3.+4. Laktation. Tiere der 4. Laktation weisen die höchste Milch- und ECM-Leistung auf. Walsh et al. (2007) beschrieben hingegen einen Anstieg bis zur 5. Laktation. Dies liegt an unterschiedlich eingeteilten Klassen für die Laktationen. Die größten Veränderungen finden übereinstimmend auch mit Kennedy et al. (2003) von der 1. zur 2. Laktation statt.

Die Entwicklung der Lebendmasse zeigt ein gemeinsames und degressives Wachstum mit den Körpermaßen. Dies wird durch die Vorstudien und andere Studien (Buckley et al. 2000, Enevoldsen und Kristensen 1997, Yan et al. 2009) bestätigt. Alle Laktationen unterscheiden sich voneinander. In der 1. Laktation (644 kg) sind Kühe um 100 kg leichter als in der ≥5. Laktation. Der große Anstieg der Lebendmasse von jüngster zur ältesten Laktationsklasse ist nicht ungewöhnlich, wie die 88 kg und 100 kg bei HF×BS und HF von 1. zur 3. Laktation zeigen (Blöttner et al. 2011). Dies Größenordnung entspricht auch jener von 99 kg in der Studie von Buckley et al. (2000). Erstlaktierende Kühe sind zwischen 640 und 654 kg schwer, die der letzten Laktationszahlklasse 740 und 757 kg, wie die Vorstudien ergeben. Damit

liegen die Tiere der aktuellen Auswertung mit 644 kg (1. Laktation) und 744 kg (≥5. Laktation) sehr genau in dieser Größenordnung.

Während die Bemuskelungsnoten mit steigender Laktationszahl ähnlich den anderen Körpermaßen degressiv zunehmen, spiegelt der BCS die Entwicklung der Milchleistung. Er nimmt von 1. bis zum Tiefpunkt in der 3.+4. Laktation signifikant ab. Die Tiere der ≥5. Laktation nehmen wieder zu und erreichen das Niveau der 1. Laktation. Dies spricht für die im Alter stärkere Verfettung (Gruber et al. 2004). Der BCS verhält sich hinsichtlich der Laktationszahlen in der Literatur unterschiedlich. Bei Buckley et al. (2000) steigerten die Kühe ihre Kondition mit der Laktationszahl von 2,77 Pkt. in der 1. Laktation zu 3,09 Pkt. in der 3. Laktation, jedoch am meisten von 1. zur 2. Laktation.

Die Effizienzparameter zeigen im Gegensatz zur bereits beschriebenen Futter- und Nährstoffaufnahme sowie zu den Milchleistungsparametern ein etwas anderes Muster. Die hohe Milchleistung der Tiere in der ≥5. Laktation wird im Parameter ECM_LM^x durch deren höhere Lebendmasse relativiert. Somit bewegen sich die alternden und daher verfettenden Tiere zwischen 1. und 2. und nicht mehr zwischen 2. und 3.+4. Laktation. Die Tiere der 2. Laktation steigern die Lebendmasse-Effizienz mit zusätzlichen 0,013 kg ECM/kg LM^x am meisten. Die Kühe der 3.+4. Laktation produzieren mit 0,005 kg ECM/LM^x kaum effizienter. Berechnungen nach den Ergebnissen von Gruber und Stegfellner (2015) zeigen ein ähnliches Bild. Die Unterschiede von 1. und 2. Laktation liegen bei 0,015 kg ECM/kg LM^x, von 2. und 3.+4. bei 0,003 kg ECM/kg LM^x. Die ≥5. Laktation liegt ebenfalls zwischen 1. und 2. Laktation. Diese geringen und wiederum degressiven Zuwächse sind auf die ebenfalls simultane Entwicklung von Milchleistung und Wachstums des Rahmens und damit auch auf die für die Milchproduktion wichtigen Organe zurückzuführen. Das Altern der Tiere offenbart sich auch in einem geringeren Erhaltungsbedarf pro kg Lebendmasse aufgrund der zunehmenden Fettanteils im Körper (Gruber et al. 2007). Zusätzlich haben die Kühe der 1. und ≥5. Laktation in der aktuellen Studie den höchsten BCS. Somit basiert die höhere Effizienz der Tiere in der 2. und 3.+4. Laktation auch auf der zusätzlichen Mobilisation von Fettreserven.

Die Futter- und Energie-Effizienz zeigen keinen degressiven Verlauf. Tiere der 1., 2. und ≥5. Laktation liegen auf einem ähnlichen Niveau. Nur Tiere der 3.+4. Laktation (1,371 kg ECM/kg DMI, 0,672 MJ LE/MJ INEL) heben sich deutlich von den anderen ab. Sie geben zwar mehr Milch pro kg metabolischer Lebendmasse, fressen aber in absoluten Zahlen sogar weniger bezogen auf die Lebendmasse als Kühe der 2. Laktation. Dies bestätigt die Ergebnisse von Gruber et al. (2004), dass sich die Futteraufnahme hauptsächlich mit dem größeren Rahmen mitentwickelt und der zusätzliche Bedarf für die Milchleistung entweder über eine höhere Energiekonzentration im Futter oder durch Mobilisation von Fettreserven gedeckt wird (Steinwidder 2009). Mit einer Futter-Effizienz von 1,331 kg ECM/kg DMI liegen bereits die Erstlaktierenden über dem von Thomet et al. (2002) angeführten Grenzwert von 1,2 kg ECM/kg DMI bei einem durchschnittlichen Energiegehalt der Jahresration von 6,3 MJ NEL/kg TM.

7.5.3 Effekt des Laktationsstadiums – Teil 1

Das Laktationsstadium (fixer Effekt Zeit) hatte einen zumeist hochsignifikanten Einfluss auf die untersuchten Parameter. Allerdings ist zu beachten, dass aufgrund der großen Datenmengen auch in absoluten Zahlen geringe Unterschiede bereits signifikant sein können. Die Ergebnisse von Futter- und Nährstoffaufnahme sowie Milchleistung sind in Tabelle 4 angeführt. In Tabelle 6 befinden sich ausgewählte Effizienzparameter und deren Ausgangsvariablen.

Die Wirkung des Laktationsstadiums beruht auf der Aufrechterhaltung des physiologischen Status der Milchproduktion. Homöostase und Homöorhese regeln die Verteilung der aufgenommenen Nährstoffe zu verschiedenen Geweben. Die Homöostase erhält gegenüber der Umwelt die Funktionen des Organismus in einem gewissen physiologischen Gleichgewicht oder Sollzustand aufrecht. Die Homöorhese gewährleistet langfristig einen gewissen physiologischen Zustand, wie z.B. Laktation und Trächtigkeit (Bauman und Currie 1980, Stangassinger 2003, Martens 2012). Die Änderung oder Erhaltung eines Zustandes geschieht über die Wirkung homöostatischer Hormone oder über die Veränderung der Sensibilität von Gewebe auf diese. Zu Laktationsbeginn muss die Kuh ihren Eigenbedarf und auch den Bedarf für die Milchproduktion decken. Daher unterliegen die Nährstoffverteilung im Gewebe und der Stoffwechsel starken Veränderungen (Stangassinger 2003). Trotz des Anstieges der Futteraufnahme in der Frühlaktation werden für die Milchsynthese Nährstoffe aus dem Fettgewebe, den Skelettmuskeln, Glykogenreserven und Mineralstoffe aus dem Skelett benötigt (Bauman und Currie 1980, Stangassinger 2003). Das Verhältnis des mobilisierenden und milchleistungsfördernden Wachstumhormons (GH) zum anabol wirkenden Insulin bestimmt die Verteilung der bereitgestellten Nährstoffe zwischen Milchsynthese und Körpergewebe (Hart 1983).

Die Grundfutteraufnahme (GF-Aufnahme) steigt vom 17. bis zum 321. Laktationstag von 13,62 auf 14,92 kg TM um 1,3 kg beinahe kontinuierlich an. Die Kraftfutteraufnahme (KF-Aufnahme hingegen steigert sich vom 17. auf den 71. Laktationstag um 1,15 kg von 6,22 auf 7,37 kg TM, und geht bis Laktationsende auf 3,95 kg zurück. Simultan dazu entwickelt sich die Gesamtfutteraufnahme (GES-Aufnahme) und erreicht ebenfalls am 71. Laktationstag mit 21,36 kg den höchsten Wert. Zu Laktationsbeginn fressen die Kühe unabhängig von ihrer Rasse und Laktationszahl um 1,52 kg weniger, und zu Laktationsende um 2,49 kg TM weniger als am 71. Laktationstag.

Die Vorstudie von Ledinek und Gruber (2015) zeigt prinzipiell ein ähnliches Bild, allerdings auf einem niedrigeren Niveau von 10,60 kg GF-Aufnahme zu Beginn und 12,76 kg TM am Ende der Laktation. Anders als in der aktuellen Auswertung wird die höchste GES-Aufnahme erst ein Monat später am 97. Tag erreicht und fällt gemäß der im Versuch gewählten KF-Anpassung erst ab dem 209. Tag deutlich ab. Damit ähnelt die Entwicklung der Futteraufnahme in der aktuellen Studie ebenfalls der mit guter GF-Qualität und bedarfsgerecht versorgten Gruppe im Versuch von Gruber et al. (1995), wenn auch auf einem höheren Produktionsniveau. Dies ist auf den höheren KF-Einsatz in der Vorstudie, den größeren Nährstoffbedarf durch die höhere Milchleistung der EC-Kühe und auf die bessere

Grundfutterqualität in der aktuellen Studie zurück zu führen. Je qualitativ hochwertiger das GF ist, desto weniger KF wird für die gleiche Milchleistung benötigt und desto mehr GF nehmen die Kühe auf (Gruber et al. 1995).

Der KF-Anteil liegt mit 33,2 % am 71. Tag auf dem höchsten Niveau und sinkt bis zum Laktationsende auf 19,6 % ab. Zu Laktationsbeginn ist er um ca. 10 %-Pkt. höher als bei der Gruppe mit hoher GF-Qualität und bedarfsgerechter KF-Ergänzung (Gruber et al. 1995) und bewegt sich ansonsten im 1. Laktationsdrittel in einem ähnlichen Bereich von ca. 33 %.

Obwohl der Einfluss des Laktationsstadiums auf die GF-Qualität teils hochsignifikant ist, sind die absoluten Veränderungen zu vernachlässigen. Der konstante NEL-Gehalt von beinahe 6,0 MJ NEL/kg TM zeugt wie die anderen Parameter von einer sehr hohen und konstanten GF-Qualität. Dies zeigt auch, dass die Veränderungen der GES-Aufnahme nicht auf eine etwaige Anpassung der GF-Qualität in der Laktation zurück zu führen sind, sondern hauptsächlich von der Milchleistung und dem KF-Angebot getrieben wurden (Gruber et al. 1995). Kennedy et al. (2003) beobachteten einen mit der KF-Ergänzung linear ansteigende Futteraufnahme bei weidenden HF-Kühen.

Auch die Nährstoffgehalte der Gesamtration werden hauptsächlich durch den KF-Anteil bestimmt. Der XP- und NEL-Gehalt steigen folglich mit dem KF-Anteil. Gegenläufig dazu entwickeln sich die Parameter für XF und NDF. Der NEL-Gehalt bewegt sich im 2. bis 4. Monat auf dem höchsten Niveau von über 6,60 MJ NEL/kg TM und geht bis Laktationsende nicht unter 6,33 MJ NEL/kg TM zurück. Mit durchschnittlich 39 % NDF-Anteil in der Gesamtration und 44 % im Grundfutter wird das Minimum von 14 % NDF im Grundfutter bei weitem nicht unterschritten. Damit ist eine wiederkäuergerechte Ration gewährleistet (NRC 2001).

Einen weiteren Hinweis zur Futterqualität bietet die Aufnahme von NDF pro kg Lebendmasse (LM). Bei einer energiereichen Ration frisst das Tier bis zu seiner physiologisch regulierten Bedarfsdeckung, bei einer energiearmen Ration frisst es, bis es die physikalisch limitierende Kapazität des Verdauungstraktes erreicht (Mertens 1994). Nach Mertens (1994) können Milchkühe bis zu 12,5 g NDF/kg LM aufnehmen. Bei energielimitierenden Rationen liegen die Werte darunter, bei physikalisch limitierenden im Bereich von 12,5 g NDF/kg LM (Mertens 1994). Die höchste NDF-Aufnahme erreichen die Projekt-Kühe trotz größtem Kraftfutteranteil am 71. Laktationstag mit 11,9 g NDF/kg LM. Mit zurückgehender Milchleistung sinken die Werte auf 10,4 g NDF/kg LM. Dies zeigt, dass sich die Ration trotz hoher Qualität im Verhältnis zur Milchleistung in der Hochlaktation bereits in der Nähe des physikalisch limitierenden Bereiches von 12,5 g NDF/kg LM befindet, im späteren Laktationsstadium dagegen eine gemessen am Bedarf zu hohe Energiekonzentration aufwies. In der Vorstudie nahmen die Kühe zwischen 9,3 und 11,3 g NDF/kg LM auf, was auch durch die höhere KF-Fütterung relativ zu einer geringeren Leistung verglichen zum aktuellen Datenmaterial bestätigt wird.

Die Aufnahme von XP, nXP und MJ NEL entwickelt sich simultan zum KF-Anteil und damit auch zur Futteraufnahme. Während die Kühe bereits am 43. Laktationstag die höchste Milchleistung (33,4 kg ECM) und den größten Energiebedarf aufweisen, wird die höchste

Energie- und Futteraufnahme erst am 71. Tag erreicht. Damit erlangen die Tiere der aktuellen Studie die höchste Futteraufnahme um 26 Tage früher als in der Vorstudie. Trotzdem geraten die Projektkühe in den positiven Bereich der Energiebilanz erst am ca. 100. Tag und damit um 20 Tage später, was an der höheren Milchleistung liegt. Dieses Auseinanderklaffen von Bedarf und Aufnahme an Energie im Abkalbungszeitraum und zu Laktationsbeginn wird durch Hormone und Stoffwechselmetabolite der Tiere verursacht (Ingvartsen und Andersen 2000). Leptin und Insulin vermindern ebenso wie Östrogen die Futteraufnahme. Besonders Östrogen dämpft den Appetit der Kühe im Geburtszeitraum. Dadurch verringern sich wiederum die Signale von Insulin und Leptin, was die Futteraufnahme mit fortschreitender Laktation wieder anregt (Ingvartsen und Andersen 2000). Die Zeitspanne und Zeitpunkte der negativen Energiebilanz stimmen gut mit den Erkenntnissen von Bauman und Currie (1980) überein, dass im 1. Laktationsdrittel eine negative Energiebilanz vorherrscht, im 2. eine annähernd ausgeglichene und im letzten das Auffüllen der mobilisierten Fettreserven stattfindet. Friggens et al. (2007) sprechen von einem „genetically driven body energy change“ besonders in der frühen Laktation. Das Energiedefizit kann daher auch durch eine verbesserte Fütterung nicht behoben werden. Nach Berechnungen von Martens (2012) hat die Züchtung in Richtung einer hohen Milchleistung im 1. Laktationsdrittel zur Verdrei- bis Vervierfachung der negativen Energiebilanz geführt, verglichen mit den 5 bis 6 l Milch für die Bedarfsdeckung des Kalbes.

Besonders der BCS spiegelt die Einschmelzung und Einlagerung von Fettreserven wider. Im Gegensatz zur Lebendmasse steigt der BCS erst ab dem 71. Tag an und stagniert bis zum 155. Tag in einem ähnlichen Bereich. Die Tiere werden jedoch bereits ab dem 43. Tag kontinuierlich schwerer und ihre Lebendmasse steigt insgesamt von 674 auf 740 kg um 66 kg. Der BCS-Verlust beträgt 0,16 Pkt. vom 14. Tag zum Tiefpunkt, während die Lebendmasse insgesamt um 9 kg abnimmt. Gegen Laktationsende weisen die Tiere mehr Lebendmasse und BCS auf als kurz nach der Abkalbung. Auch bei Dillon et al. (2003) verblieb der BCS während der Laktation auf ähnlichem Niveau. Er stieg bei Berry et al. (2006) erst ab dem 200. Tag deutlich an, während die Lebendmasse bereits früher zunahm. Der unterschiedliche Laktationsverlauf von Lebendmasse und BCS in den ersten acht Laktationswochen ließ Dillon et al. (2003) vermuten, dass die Lebendmasse die Mobilisation besonders in diesem Zeitraum nicht widerspiegelt.

Das Laktationsstadium beeinflusst alle Milchleistungsparameter hochsignifikant. Die Kühe erreichen am 43. Laktationstag mit 34,7 kg Milch und 33,4 kg ECM ihre Höchstleistung. Im 3. Monat erreicht Fett mit 3,87 % und im 2. Monat Eiweiß mit 3,10 % ihre geringsten Gehalte. Dies geht mit den höchsten Milch- und ECM-Mengen einher. Die Laktosekonzentration ist in diesen beiden Monaten am höchsten. Der Fettgehalt erreicht kurz nach dem 210. Laktationstag den Wert von kurz nach der Abkalbung, der Proteingehalt liegt bereits 7 % darüber. Der besonders von der Energieversorgung der Pansenmikroben abhängige Eiweißgehalt ist in der Zeitspanne eines Energiemangels geringer (Kirchgessner et al. 2011). Der Fettgehalt hingegen kann in den ersten Wochen p.p. aufgrund von überhöhter Mobilisation der Fettreserven mehr als 5 % erreichen (Kirchgessner et al. 2011). Die

Milchleistung der Projekttiere ist um ca. 4,3 kg höher als in der Vorstudie und zeigt wie die Futterqualität das überdurchschnittliche Produktionsniveau der Projektbetriebe.

Die drei ausgewählten Effizienzparameter ECM_LM^x, ECM_DMI und LE_INEL verhalten sich innerhalb der Laktation einander sehr ähnlich. Auch verändern sich die Parameter im Laufe der Laktation hochsignifikant.

Die Lebendmasse-Effizienz ECM_LM^x (ECM bezogen auf die metabolische Lebendmasse) erreicht am 43. Laktationstag mit der höchsten Milchleistung und der geringsten Lebendmasse der Tiere ihren höchsten Wert von 0,251 kg ECM/kg LM^x und sinkt bis auf 0,149 am 321. Laktationstag kontinuierlich ab. Ähnlich entwickeln sich Futter- und Energie-Effizienz. Somit büßen die Tiere 41 % an Lebendmasse-Effizienz, 33 % ihrer Futter-Effizienz und 31 % ihrer Energie-Effizienz gegen Laktationsende ein. In der Vorstudie von Gruber und Stegfellner (2015) zeigt die Lebendmasse-Effizienz ECM_LM keinen Anstieg sondern fällt kontinuierlich von 0,046 auf 0,025 kg ECM/kg LM ab. Es ist zu beachten, dass sich diese Berechnung nicht auf die metabolische Lebendmasse bezieht, allerdings ist das Verhalten prinzipiell gleich.

Das stetige Sinken der Effizienzparameter mit fortschreitender Laktation ist zu erwarten, weil die Milchleistung zurückgeht, während die Lebendmasse ansteigt. Zu Laktationsbeginn ist die Milchleistung relativ zur Futter- und Energieaufnahme hoch. Ein Teil der Milchleistung wird jedoch durch die Mobilisation von Körperreserven aufrechterhalten (Friggens et al. 2007, Martens 2012). Dies wird aber in diesen einfachen Effizienzparametern nicht berücksichtigt. Gegen Ende der Laktation füllen die Tiere ihre Energiereserven wieder auf. Sie fressen weniger als im 1. Laktationsdrittel, produzieren aber auch deutlich weniger Milch. Die aufgenommenen Nährstoffe werden vermehrt dem Körpergewebe und dem wachsenden Embryo zugeführt und nicht der Milchdrüse (Bauman und Currie 1980).

7.5.4 Rasse im Laktationsverlauf – Teil 1

In allen Parametern außer der GF-Qualität zeigte sich eine hochsignifikante Wechselwirkung zwischen Rasse und Laktationsstadium. Es ergab sich eine signifikante Wechselwirkung (P = 0,034) für die Lebendmasse. Das bedeutet, dass sich die Kurven der Parameter im Laktationsverlauf abhängig von der Rasse anders entwickeln. Dieser Teil geht auf die für die Effizienz bedeutendsten Parameter GES-Aufnahme, Energieaufnahme, ECM, LM, BCS und auf den wichtigsten Effizienzparameter LE_INEL ein (Tabellen 7 bis 8, Abbildung 3). Wegen der besseren Übersichtlichkeit und der meist nicht signifikanten Unterschiede zu FV zeigen die Grafiken die Gruppen FV_RH6.25 und FVRH12.5 nicht.

Energie- und GES-Aufnahme verlaufen einander ähnlich. Die Kurven der einzelnen Rassen entwickeln sich parallel zum KF-Anteil und gegenläufig zum NDF-Gehalt der Gesamtration. Dies ergibt sich nicht nur aus der Schätzung der Futteraufnahme nach Gruber et al. (2004), welche die Kraftfuttermenge und die Milchleistung als bedeutendste Einflussfaktoren auf die Futterqualität identifizierten und die GES-Futteraufnahme u. a. abhängig davon schätzten. Auch in den Studien von Ledinek und Gruber (2014) und Gruber et al. (1995) sinkt die

Futteraufnahme mit zurückgehender Milchleistung oder bei geringerem KF-Anteil (Berry et al. 2006, Kennedy et al. 2003).

Zu Laktationsbeginn starten die Rassen bei einer GES-Aufnahme von 19,55 kg TM/d (BS) bis 20,55 (FV_RH5075) und steigern sie bis zum 71. Laktationstag auf 20,94 kg TM/d (BS) bis 22,04 kg TM/d (FV_RH5075). Im Gegensatz dazu erreicht HF die höchste Futteraufnahme erst am 98. Laktationstag mit 21,94 kg TM/d. Die höchste Steigerung findet vom 17. bis zum 43. Laktationstag statt und die gesamte Steigerung beträgt durchschnittlich 1,52 kg. In der Vorstudie wurde die höchste Futteraufnahme erst am 97. Tag erreicht mit einer Steigerung von 4,45 kg TM/d. Dies geht mit einer größeren Erhöhung des KF-Anteiles einher. Während in der aktuellen Studie der KF-Anteil der meisten Gruppen ab dem 71. Tag abnimmt, verbleibt er bei HF noch bis zum 98. Tag auf einem ähnlich hohen Niveau und sinkt gegen Laktationsende auch nicht so stark ab wie bei den anderen Rassen. Die Milchleistung von HF nähert sich gegen Laktationsende den anderen Gruppen hingegen an. Ähnlich verhält sich auch die milchbetonte FV-Gruppe FV_RH5075, nur dass sie die höchste Futteraufnahme am 71. Tag mit 22,04 kg TM/d schon früher erreicht. In der Studie von Yan et al. (2006) gaben HF-Kühe unabhängig vom KF-Niveau mehr Milch bei gleichzeitig höherer Energieaufnahme als norwegische Kühe. Mit steigendem KF-Anteil erhöhte sich jedoch bei HF auch der Anteil, der von der zusätzlich aufgenommenen Energie in Richtung Milchproduktion floss und nicht für die Bildung von Körpergewebe herangezogen wurde. Diese Überlegenheit der milchbetonten Rassen geht zu Laktationsende zurück. Die Erkenntnisse von Yan et al. (2006) gehen konform mit dem signifikanten Rückgang von Wachstumshormon und freien Fettsäuren (NEFA) sowie einem signifikanten Anstieg von Glucose im Blut von höherleistenden Tieren zwischen Laktation und Trockenstehzeit (Hart et al. 1979). Auch die Energie-Effizienz der zwei milchbetontesten Gruppen HF und FV_RH5075 unterscheidet sich im letzten Laktationsdrittel nicht mehr von den restlichen FV-Gruppen und BS.

Die Energie-Effizienz sinkt im Laktationsverlauf von 0,781 (FV_RH12.5) und 0,849 (HF) zu 0,536 (BS) und 0,565 MJ LE/MJ INEL (FV_BS25) ab. Außer zu Laktationsbeginn bewegt sich BS zumeist auf dem niedrigsten Niveau. Die höchste Energie-Effizienz fällt in der Frühlaktation mit den größten Verlusten von Lebendmasse und BCS zusammen. Alle Rassen außer FV_RH12.5 erreichen am 43. Laktationstag die geringste Lebendmasse. Die FV-Gruppen FV bis FV_RH25 verlieren durchschnittlich 9,3 kg, die beiden am meisten milchgebenden Gruppen FV_RH5075 hingegen 15 kg und HF 12 kg. BS bewegt sich auf dem Niveau von HF, nimmt jedoch nur 6 kg ab und um 11 kg weniger zu als HF. Dies geht mit dem stärkeren Rückgang der Milchleistung von HF einher. Laut Vorstudie zeigte sich eine höhere Energieüberversorgung von HF gegenüber den FV-Gruppen in der Trockenstehzeit. Laut Buckley et al. (2000) verloren die Kühe mit hohem Milchleistungspotential mehr BCS in der Laktation, füllten aber ihre Reserven besonders ausgeprägt in der Trockenstehzeit auf. Sowohl in der aktuellen Untersuchung als auch in der Vorstudie verlor HF mit 0,27 Pkt. am meisten an Körperkondition und erreichte aber bis zum Laktationsende wieder das Ausgangsniveau. Allerdings weisen die HF der aktuellen Studie einen durchschnittlich geringeren BCS auf und dieser stagniert im Gegensatz zur Vorstudie bis zum 155. Laktationstag auf einem Niveau von 2,48 bis 2,49 Pkt.. Der geringste BCS wird

durchschnittlich am 71. Laktationstag erreicht. FV verliert 0,14 Pkt. und BS 0,18 Pkt.. Laut Dillon et al. (2003) und Buckley et al. (2000) neigen milchbetonte Tiere ebenfalls zu einem höheren Abbau von Körpersubstanz und zu einer geringeren Lebendmasse und Körperkondition, was sich auch in der höheren Effizienz niederschlägt (Yan et al. 2006, Gruber und Stegfellner 2015). Die hohen Effizienzwerte zu Laktationsbeginn liegen vor allem an der relativ zur Milchleistung geringen Futter- und Energieaufnahme. Die hohe Milchleistung wird über die Mobilisation von Körperreserven gestützt, weil die Futteraufnahme durch die hormonelle Umstellung von Trockenstehzeit und Trächtigkeit auf Milchproduktion gedämpft ist (Ingvartsen und Andersen 2000, Lins et al. 2003).

Der Verlauf der Lebendmasse zeigt auch das durchschnittlich hohe Niveau und ähnliche Verhalten der FV-Gruppen bis zu 25 % RH-Anteil bezüglich Lebendmasse sowie die beinahe in der Mitte liegende milchbetonten FV_RH5075. BS und HF sind deutlich leichter. Der BCS-Verlauf zeigt den größeren Einfluss der steigenden Milchbetonung zwischen den FV-Gruppen und wieder die in der Mitte liegende Gruppe FV_RH5075. BS liegt nun näher bei FV_RH5075. Der unterschiedliche Verlauf von Lebendmasse und BCS zeigt, dass die Lebendmasse stärker durch die Futteraufnahme (Andrew et al. 1994) geprägt ist, als vom tatsächlichen Verlust an Körpersubstanz. Daher gilt der BCS als verlässlicheres Merkmal für die Bewertung der Energiereserven eines Tieres (Lins et al. 2003, Ledinek und Gruber 2014, Dillon et al. 2003).

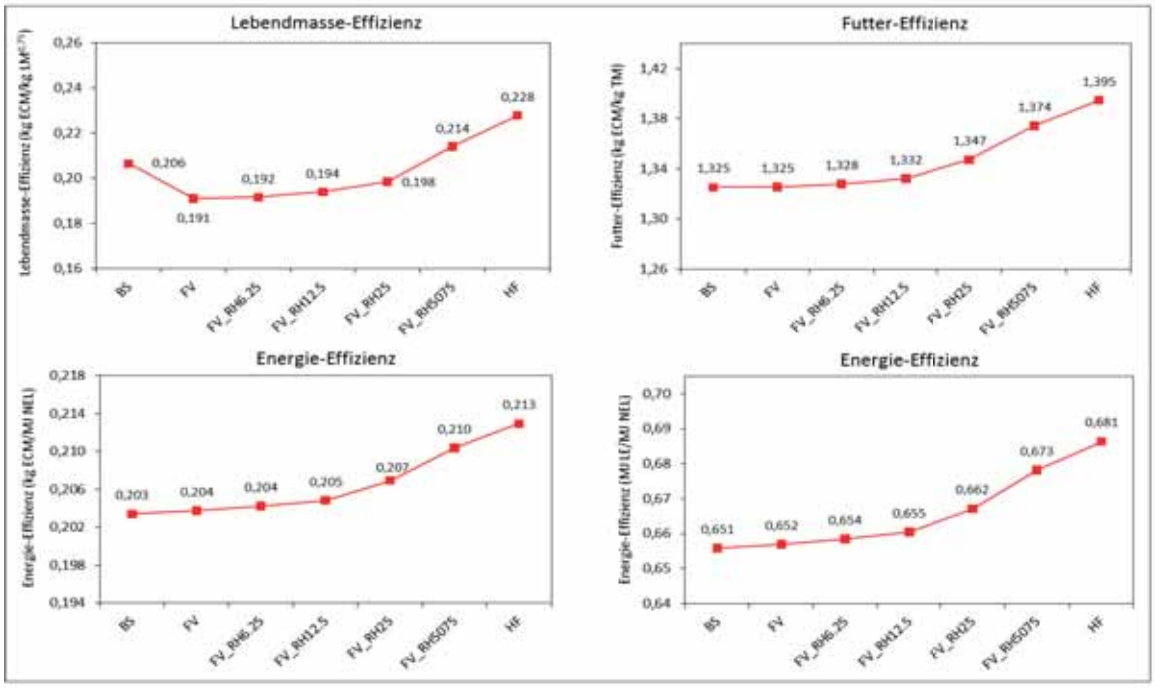


Abbildung 2: Einfluss der Rasse auf Lebendmasse, Futter- und Energieeffizienz

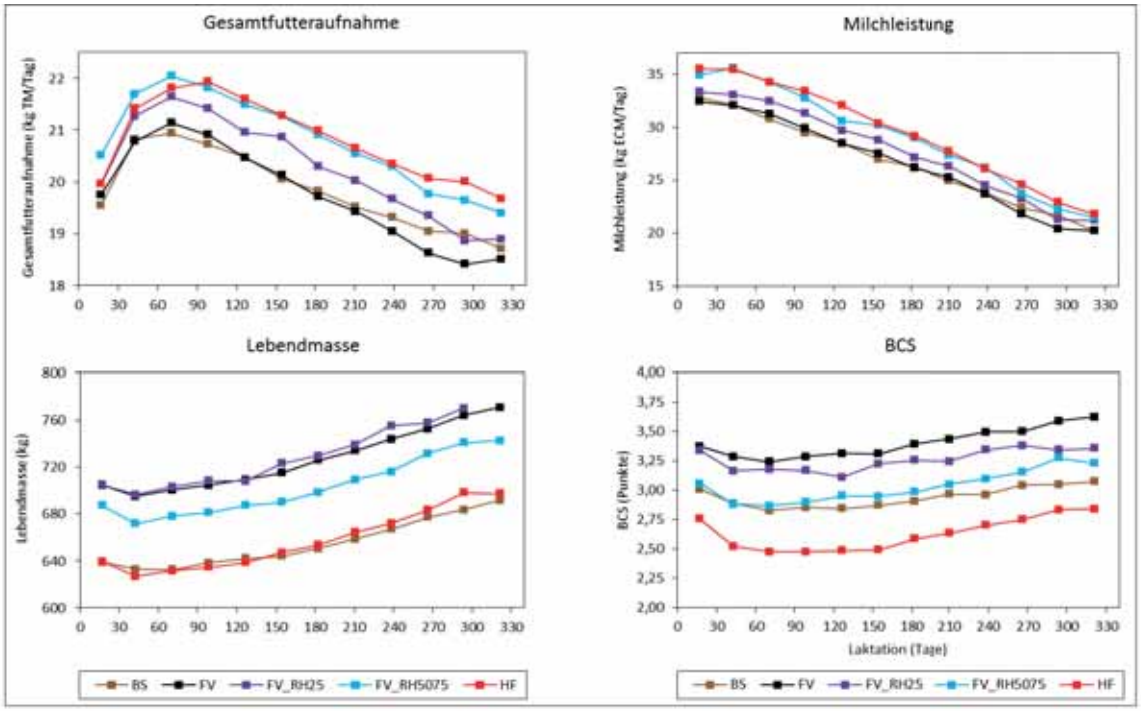


Abbildung 3: Produktionsdaten, Lebendmasse und BCS der Rassen im Laufe der Laktation

Tabelle 3: Futteraufnahme-, Nährstoff- und Milchleistungsparameter (Rasse, Laktationszahl, gleicher Buchstabe ist nicht signifikant verschieden)

Parameter	Einheit	Rasse (R)							Laktationszahl (L)				RMSE	P-Wert		
		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3+4	≥5		R	L	R × L
Datensätze	N = 40449	9942	5969	2156	2365	2180	6172	9286	11504	8852	11470	8623				
Futteraufnahme																
GF	kg TM/d	14,11 ^{a}	14,19 ^{b}	14,26 ^{c}	14,40 ^{d}	14,55 ^{e}	14,38 ^{d}	14,03 ^{a}	12,96 ^{a}	14,46 ^{b}	14,77 ^{c}	14,74 ^{c}	1,16	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
KF	kg TM/d	5,63 ^{ab}	5,59 ^{a}	5,65 ^{b}	5,87 ^{c}	6,23 ^{d}	6,43 ^{e}	5,82 ^{bc}	5,22 ^{a}	5,89 ^{b}	6,19 ^{c}	6,12 ^{c}	1,71	< 0,0001	< 0,0001	0,0008
DMI	kg TM/d	19,74 ^{a}	19,79 ^{ab}	19,92 ^{b}	20,27 ^{c}	20,79 ^{d}	20,81 ^{d}	19,83 ^{ab}	18,18 ^{a}	20,35 ^{b}	20,96 ^{c}	20,86 ^{c}	1,60	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
DMI_LM^{x}	g/kg LM^{0,75}	141,5 ^{a}	141,6 ^{ab}	142,6 ^{b}	144,9 ^{c}	153,0 ^{d}	160,9 ^{e}	153,4 ^{d}	143,1 ^{a}	150,9 ^{c}	150,6 ^{c}	147,1 ^{b}	11,8	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Nährstoffaufnahme																
IXP	g/d	3088 ^{a}	3092 ^{a}	3103 ^{a}	3173 ^{b}	3268 ^{c}	3292 ^{c}	3122 ^{ab}	2844 ^{a}	3192 ^{b}	3290 ^{c}	3270 ^{c}	390	< 0,0001	< 0,0001	0,0008
InXP	g/d	2882 ^{a}	2885 ^{a}	2904 ^{a}	2962 ^{b}	3050 ^{c}	3066 ^{c}	2906 ^{a}	2656 ^{a}	2976 ^{b}	3071 ^{d}	3054 ^{c}	296	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
INEL	MJ/d	128,9 ^{a}	129,1 ^{a}	130,0 ^{a}	132,5 ^{b}	136,3 ^{c}	136,9 ^{c}	129,9 ^{a}	118,7 ^{a}	133,1 ^{b}	137,3 ^{c}	136,6 ^{c}	12,8	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
NDF_LM	g/kg LM	10,6 ^{a}	10,6 ^{a}	10,7 ^{b}	10,8 ^{c}	11,5 ^{d}	12,2 ^{f}	11,7 ^{e}	11,0 ^{b}	11,4 ^{d}	11,2 ^{c}	10,9 ^{a}	0,9	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Kraftfutteranteil und Nährstoffkonzentration																
Grundfutter																
XP	g/kg TM	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	12	0,999	0,133	0,834
XF	g/kg TM	249	249	250	249	250	250	249	249	249	249	249	15	0,796	0,819	0,400
NDF	g/kg TM	446	446	447	446	447	447	446	446	446	446	446	23	0,846	0,848	0,696
NEL	MJ/kg TM	5,98	5,98	5,97	5,98	5,98	5,98	5,98	5,98	5,98	5,98	5,98	0,16	0,570	0,481	0,742
Gesamtration																
KF_%	% der TM	27,2 ^{a}	26,9 ^{a}	26,9 ^{a}	27,5 ^{a}	28,4 ^{b}	29,4 ^{c}	27,7 ^{ab}	27,6 ^{ab}	27,4 ^{a}	27,9 ^{b}	27,8 ^{ab}	7,1	< 0,0001	0,026	< 0,0001
XP	g/kg TM	156 ^{ab}	155 ^{ab}	155 ^{a}	156 ^{ab}	156 ^{bc}	157 ^{c}	156 ^{abc}	156	156	156	156	12	0,0001	0,819	0,293
XF	g/kg TM	203 ^{c}	203 ^{c}	203 ^{c}	202 ^{bc}	201 ^{ab}	199 ^{a}	201 ^{bc}	202	202	201	201	16	< 0,0001	0,163	0,015
NDF	g/kg TM	391 ^{c}	392 ^{c}	392 ^{c}	390 ^{bc}	389 ^{ab}	387 ^{a}	390 ^{bc}	390	391	390	390	23	< 0,0001	0,275	0,155
NEL	MJ/kg TM	6,50 ^{a}	6,50 ^{a}	6,49 ^{a}	6,51 ^{ab}	6,52 ^{b}	6,54 ^{c}	6,52 ^{ab}	6,51 ^{ab}	6,51 ^{a}	6,52 ^{b}	6,51 ^{ab}	0,19	< 0,0001	0,031	0,001
Milchleistung																
Milch	kg/d	26,3 ^{a}	26,2 ^{a}	26,7 ^{ab}	27,2 ^{b}	28,9 ^{c}	29,6 ^{d}	26,2 ^{a}	24,2 ^{a}	27,2 ^{b}	29,1 ^{d}	28,3 ^{c}	5,5	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
ECM	kg/d	26,6 ^{a}	26,7 ^{a}	27,0 ^{a}	27,7 ^{b}	29,0 ^{c}	29,5 ^{c}	26,7 ^{a}	24,4 ^{a}	27,7 ^{b}	29,3 ^{d}	28,5 ^{c}	5,6	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Fett_%	%	4,16 ^{ab}	4,23 ^{c}	4,20 ^{bc}	4,23 ^{c}	4,16 ^{ab}	4,12 ^{a}	4,19 ^{bc}	4,13 ^{a}	4,21 ^{c}	4,17 ^{ab}	4,19 ^{bc}	0,67	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Eiw_%	%	3,52 ^{c}	3,54 ^{d}	3,54 ^{cd}	3,53 ^{cd}	3,45 ^{b}	3,36 ^{a}	3,52 ^{cd}	3,46 ^{a}	3,55 ^{d}	3,50 ^{c}	3,48 ^{b}	0,29	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Lakt_%	%	4,74 ^{bc}	4,72 ^{a}	4,73 ^{abc}	4,73 ^{abc}	4,73 ^{ab}	4,73 ^{abc}	4,75 ^{c}	4,84 ^{d}	4,76 ^{c}	4,70 ^{b}	4,64 ^{a}	0,17	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

ECM energiekorrigierte Milchmenge; I... intake; RMSE Root Mean Square Error
Rasse: 1 FV; 2 FV_RH6.25; 3 FV_RH12.5; 4 FV_RH25; 5 FV_RH5075; 6 HF; 7 BS
FV Fleckvieh, RH Red Holstein(anteil), HF Holstein Friesian, BS Brown Swiss

Tabelle 4: Futteraufnahme-, Nährstoff- und Milchleistungsparameter im Laufe der Laktation (fixer Effekt Zeit)

Parameter	Einheit	Laktation (Monate p.p., fixer Effekt Zeit, 28 Tage pro Monat)												P-Wert	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Zeit (Z)	R × Z
Datensätze	N = 40449	3171	3980	3888	3817	3786	3613	3676	3511	3492	3249	2622	1644		
Futteraufnahme															
GF	kg TM/d	13,62	13,87	14,00	14,07	14,05	14,09	14,14	14,24	14,34	14,57	14,86	14,92	< 0,0001	< 0,0001
KF	kg TM/d	6,22	7,23	7,37	7,15	6,79	6,42	5,95	5,57	5,12	4,46	4,05	3,95	< 0,0001	< 0,0001
DMI	kg TM/d	19,84	21,11	21,36	21,22	20,84	20,51	20,10	19,80	19,45	19,03	18,91	18,87	< 0,0001	< 0,0001
DMI_LM^{x}	g/kg LM^{0,75}	148,7	159,7	160,9	159,4	156,1	152,7	148,3	144,6	140,8	136,3	134,2	133,6	< 0,0001	< 0,0001
Nährstoffaufnahme															
IXP	g/d	3124	3382	3417	3401	3327	3261	3163	3097	3012	2913	2852	2840	< 0,0001	< 0,0001
InXP	g/d	2920	3144	3185	3159	3092	3032	2952	2890	2816	2725	2682	2672	< 0,0001	< 0,0001
INEL	MJ/d	130,8	140,4	142,2	140,9	137,9	135,3	131,9	129,1	126,0	122,1	120,5	120,0	< 0,0001	< 0,0001
NDF_LM	g/kg LM	11,1	11,8	11,9	11,8	11,6	11,4	11,2	11,0	10,7	10,5	10,4	10,4	< 0,0001	< 0,0001
Kraftfutteranteil und Nährstoffkonzentration Grundfutter															
XP	g/kg TM	134	134	133	133	134	134	134	134	134	134	134	133	0,440	0,064
XF	g/kg TM	250	250	250	249	248	248	249	249	249	250	250	250	< 0,0001	0,147
NDF	g/kg TM	446	447	447	446	445	445	445	446	446	447	447	448	0,079	0,458
NEL	MJ/kg TM	5,98	5,97	5,98	5,99	5,99	5,99	5,99	5,98	5,98	5,97	5,96	5,97	< 0,0001	0,155
Gesamtration															
KF_%	% der TM	30,2	33,0	33,2	32,4	31,3	30,0	28,3	26,8	25,0	22,2	20,2	19,6	< 0,0001	< 0,0001
XP	g/kg TM	157	160	159	160	159	158	157	156	154	152	150	150	< 0,0001	< 0,0001
XF	g/kg TM	197	193	193	194	195	197	200	203	206	212	215	216	< 0,0001	< 0,0001
NDF	g/kg TM	385	379	379	380	382	385	388	392	396	402	406	407	< 0,0001	< 0,0001
NEL	MJ/kg TM	6,57	6,62	6,63	6,61	6,59	6,57	6,53	6,49	6,45	6,39	6,34	6,33	< 0,0001	< 0,0001
Milchleistung															
Milch	kg/d	32,3	34,7	33,3	31,7	29,9	28,5	26,7	25,2	23,4	21,3	20,0	19,3	< 0,0001	< 0,0001
ECM	kg/d	33,1	33,4	32,1	31,0	29,6	28,5	27,1	25,9	24,4	22,5	21,3	21,0	< 0,0001	< 0,0001
Fett_%	%	4,26	3,88	3,87	3,91	3,99	4,04	4,16	4,23	4,31	4,40	4,46	4,59	< 0,0001	< 0,0001
Eiw_%	%	3,35	3,10	3,21	3,32	3,41	3,48	3,54	3,59	3,65	3,71	3,78	3,84	< 0,0001	< 0,0001
Lakt_%	%	4,77	4,83	4,82	4,79	4,76	4,74	4,71	4,70	4,69	4,68	4,65	4,65	< 0,0001	< 0,0001

R Rasse; DMI dry matter intake; I... intake; LM^{x} metabolische Lebendmasse

Tabelle 5: Effizienzparameter und deren Ausgangsvariablen (Rasse, Laktationszahl, gleicher Buchstabe ist nicht signifikant verschieden)

Parameter	Einheit	Rasse (R)							Laktationszahl (L)				RMSE	P-Wert		
		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3+4	≥5		R	L	R × L
Datensätze	N = 40449	9942	5969	2156	2365	2180	6172	9286	11504	8852	11470	8623				
Lebendmasse und Körperkondition																
LM	kg	727 [c]	729 [c]	728 [c]	729 [c]	703 [b]	657 [a]	655 [a]	644 [a]	696 [b]	725 [c]	744 [d]	59	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
BCS	Pkt.	3,41 [f]	3,37 [ef]	3,34 [e]	3,26 [d]	3,03 [c]	2,63 [a]	2,94 [b]	3,18 [b]	3,15 [ab]	3,14 [a]	3,18 [b]	0,47	< 0,0001	0,0003	< 0,0001
Milchleistung, Futter- und Energieaufnahme																
ECM	kg/d	26,6 [a]	26,7 [a]	27,0 [a]	27,7 [b]	29,0 [c]	29,5 [c]	26,7 [a]	24,4 [a]	27,7 [b]	29,3 [c]	28,5 [d]	5,6	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
DMI	kg TM/d	19,74 [a]	19,79 [ab]	19,92 [b]	20,27 [c]	20,79 [d]	20,81 [d]	19,83 [ab]	18,18 [a]	20,35 [b]	20,96 [c]	20,86 [c]	1,60	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
INEL	MJ/d	128,9 [a]	129,1 [a]	130,0 [a]	132,5 [b]	136,3 [c]	136,9 [c]	129,9 [a]	118,7 [a]	133,1 [b]	137,3 [c]	136,6 [c]	12,8	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Effizienzparameter																
ECM_LM*	kg ECM/kg $LM^{0,75}$	0,191 [a]	0,192 [a]	0,194 [a]	0,198 [b]	0,214 [d]	0,228 [e]	0,206 [c]	0,193 [a]	0,206 [c]	0,211 [d]	0,201 [b]	0,042	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
ECM_DMI	kg ECM/kg DMI	1,325 [a]	1,328 [a]	1,332 [ab]	1,347 [b]	1,374 [d]	1,395 [d]	1,325 [a]	1,331 [a]	1,342 [a]	1,371 [b]	1,339 [a]	0,208	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
LE_INEL	MJ LE/MJ INEL	0,652 [a]	0,654 [ab]	0,655 [ab]	0,662 [b]	0,673 [c]	0,681 [c]	0,651 [a]	0,655 [a]	0,660 [a]	0,672 [b]	0,657 [a]	0,103	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

ECM energiekorrigierte Milchmenge; LM* metabolische Lebendmasse; LE Energiemenge in Milch; RMSE Root Mean Square Error
Rasse: 1 FV; 2 FV_RH6.25; 3 FV_RH12.5; 4 FV_RH25; 5 FV_RH5075; 6 HF; 7 BS
FV Fleckvieh, RH Red Holstein(anteil), HF Holstein Friesian, BS Brown Swiss

Tabelle 6: Effizienzparameter und deren Ausgangsvariablen im Laufe der Laktation (fixer Effekt Zeit)

Parameter	Einheit	Laktation (Monate p.p., fixer Effekt Zeit, 28 Tage pro Monat)												P-Wert	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Zeit (Z)	R × Z
Datensätze	N = 40449	3171	3980	3888	3817	3786	3613	3676	3511	3492	3249	2622	1644		
Lebendmasse und Körperkondition															
LM	kg	683	674	679	681	684	691	699	709	719	730	739	740	< 0,0001	0,034
BCS	Pkt.	3,20	3,06	3,04	3,05	3,05	3,08	3,14	3,19	3,23	3,27	3,31	3,32	< 0,0001	< 0,0001
Milchleistung, Futter- und Energieaufnahme															
ECM	kg/d	33,1	33,4	32,1	31,0	29,6	28,5	27,1	25,9	24,4	22,5	21,3	21,0	< 0,0001	< 0,0001
DMI	kg TM/d	19,84	21,11	21,36	21,22	20,84	20,51	20,10	19,80	19,45	19,03	18,91	18,87	< 0,0001	< 0,0001
INEL	MJ/d	130,8	140,4	142,2	140,9	137,9	135,3	131,9	129,1	126,0	122,1	120,5	120,0	< 0,0001	< 0,0001
Effizienzparameter															
ECM_LM*	kg ECM/kg $LM^{0,75}$	0,247	0,251	0,241	0,233	0,221	0,212	0,200	0,189	0,177	0,161	0,151	0,149	< 0,0001	< 0,0001
ECM_DMI	kg ECM/kg DMI	1,648	1,561	1,484	1,443	1,402	1,371	1,333	1,295	1,240	1,166	1,110	1,099	< 0,0001	< 0,0001
LE_INEL	MJ LE/MJ INEL	0,803	0,754	0,717	0,698	0,681	0,668	0,653	0,639	0,616	0,585	0,561	0,556	< 0,0001	< 0,0001

R Rasse; DMI dry matter intake; I... intake; ECM energiekorrigierte Milchmenge; LM* metabolische Lebendmasse; LE Energiemenge in Milch

Tabelle 7: Lebendmasse, Milchleistung und Futteraufnahme (Rasse im Laufe der Laktation)

Parameter	Einheit	Rasse	Laktation (Monate p.p., fixer Effekt Zeit, 28 Tage pro Monat)											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
LM	kg	1	704	695	700	704	709	715	726	734	744	753	764	771
		2	709	698	699	708	710	715	726	734	745	757	770	773
		3	698	698	706	705	708	719	726	733	755	752	769	766
		4	705	697	703	708	708	723	730	739	755	757	770	
		5	687	672	678	681	687	690	698	709	716	731	741	742
		6	639	627	632	634	639	647	653	664	672	683	698	697
		7	639	633	633	638	642	644	650	658	667	677	684	692
ECM	kg/d	1	32,4	32,1	31,3	29,9	28,5	27,5	26,2	25,3	23,7	21,8	20,4	20,3
		2	32,7	32,5	31,5	30,1	29,2	27,6	26,5	25,3	23,4	21,6	20,2	19,9
		3	31,8	33,6	33,1	30,9	29,5	28,0	27,1	25,0	23,5	21,4	19,7	20,9
		4	33,4	33,1	32,5	31,3	29,7	28,8	27,2	26,3	24,5	23,3	21,3	21,2
		5	34,9	35,6	34,3	32,8	30,6	30,2	29,0	27,4	26,2	23,8	22,3	21,5
		6	35,5	35,5	34,3	33,4	32,1	30,4	29,2	27,8	26,1	24,6	22,9	21,8
		7	32,8	32,1	30,8	29,5	28,5	27,0	26,3	24,9	23,8	22,4	21,7	20,2
DMI	kg TM/d	1	19,76	20,79	21,14	20,91	20,46	20,13	19,72	19,44	19,05	18,63	18,41	18,51
		2	19,94	20,97	21,27	20,99	20,69	20,14	19,80	19,44	18,96	18,56	18,36	18,32
		3	19,59	21,31	21,54	21,21	20,82	20,34	20,10	19,51	19,24	18,46	18,33	18,61
		4	19,96	21,27	21,65	21,42	20,96	20,87	20,30	20,03	19,67	19,35	18,87	18,90
		5	20,52	21,70	22,04	21,82	21,49	21,28	20,91	20,55	20,30	19,77	19,65	19,40
		6	19,97	21,42	21,81	21,94	21,60	21,29	20,99	20,65	20,35	20,07	20,01	19,68
		7	19,55	20,82	20,94	20,73	20,47	20,06	19,83	19,51	19,32	19,05	19,01	18,71

I... intake; ECM energiekorrigierte Milchmenge; LM Lebendmasse

Rasse: 1 FV; 2 FV_RH6.25; 3 FV_RH12.5; 4 FV_RH25; 5 FV_RH5075; 6 HF; 7 BS

FV Fleckvieh, RH Red Holstein(anteil), HF Holstein Friesian, BS Brown Swiss

Tabelle 8: Energieaufnahme, Energie-Effizienz und BCS (Rasse im Laufe der Laktation)

Parameter	Einheit	Rasse	Laktation (Monate p.p., fixer Effekt Zeit, 28 Tage pro Monat)											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
INEL	MJ/d	1	130,3	138,1	140,7	138,8	135,2	132,4	129,0	126,5	122,9	119,1	116,7	117,2
		2	131,5	139,4	141,7	139,4	137,0	132,4	129,6	126,4	122,1	118,4	116,1	115,2
		3	128,6	141,8	143,3	140,5	137,8	133,6	131,9	127,4	124,6	117,3	115,4	117,7
		4	131,1	141,3	144,0	142,0	138,6	138,0	133,4	130,7	127,7	124,5	119,2	119,9
		5	135,4	144,1	146,5	144,6	142,3	140,6	137,5	134,6	132,5	127,5	126,2	123,8
		6	131,6	142,5	145,2	145,9	143,1	140,7	138,2	135,3	133,0	130,5	129,4	126,9
		7	129,1	139,0	139,5	137,5	135,3	132,0	130,0	127,2	125,2	122,7	121,8	119,4
LE_INEL	MJ LE/MJ INEL	1	0,796	0,740	0,708	0,684	0,668	0,661	0,644	0,634	0,612	0,580	0,552	0,543
		2	0,794	0,742	0,707	0,686	0,679	0,662	0,651	0,636	0,609	0,578	0,551	0,546
		3	0,781	0,751	0,732	0,699	0,680	0,665	0,653	0,624	0,600	0,580	0,541	0,561
		4	0,807	0,743	0,716	0,702	0,682	0,665	0,649	0,642	0,610	0,594	0,570	0,565
		5	0,817	0,780	0,741	0,718	0,682	0,682	0,670	0,649	0,627	0,596	0,564	0,553
		6	0,849	0,784	0,747	0,727	0,710	0,686	0,671	0,654	0,626	0,602	0,569	0,552
		7	0,818	0,739	0,704	0,683	0,670	0,651	0,641	0,622	0,604	0,579	0,564	0,536
BCS	Pkt.	1	3,38	3,29	3,24	3,29	3,31	3,31	3,39	3,43	3,50	3,50	3,59	3,62
		2	3,37	3,23	3,21	3,23	3,26	3,29	3,34	3,40	3,45	3,55	3,56	3,60
		3	3,38	3,20	3,22	3,20	3,19	3,26	3,33	3,36	3,46	3,43	3,53	3,57
		4	3,34	3,17	3,18	3,17	3,11	3,23	3,26	3,25	3,34	3,38	3,34	3,36
		5	3,06	2,88	2,87	2,90	2,95	2,95	2,99	3,05	3,10	3,16	3,28	3,23
		6	2,75	2,52	2,48	2,48	2,48	2,49	2,59	2,63	2,70	2,75	2,83	2,84
		7	3,01	2,89	2,83	2,85	2,84	2,87	2,91	2,97	2,96	3,04	3,05	3,07

I... intake; LE Energiemenge in Milch; INEL Energieaufnahme
Rasse: 1 FV; 2 FV_RH6.25; 3 FV_RH12.5; 4 FV_RH25; 5 FV_RH5075; 6 HF; 7 BS
FV Fleckvieh, RH Red Holstein(anteil), HF Holstein Friesian, BS Brown Swiss

7.5.5 Optimale Lebendmasse – Teil 2 und 3

Ziel dieses Arbeitspaketes war es, die Beziehung zwischen Lebendmasse und Effizienz zu charakterisieren. Zusätzlich dazu soll die optimale Lebendmasse für die höchste Effizienz bestimmt werden. Teil 2 basiert auf den Daten der EC-Betriebe und Teil 3 auf den Daten der 8 Forschungsinstitute (Gruber et al. 2004). Die wichtigsten Parameter beider Auswertungen sind in den Tabellen 9 und 10, in den Abbildungen 4 und 5 (Teil 2) und den Abbildungen 6 bis 10 (Teil 3) zu finden.

7.5.5.1 Ergebnisse zur optimalen Lebendmasse der Effizienzparameter (nicht korrigiert)

Die Grafiken der EC-Daten zeigen deutlich das mit dem Fremdgenanteil und der Milchbetonung ansteigende Produktionsniveau der Rassen von FV bis HF. Futter- und Energieaufnahme der EC-Kühe steigen mit der Lebendmasse bis 750 kg beinahe linear an. Danach jedoch nähern sich die Rassen aneinander an. Besonders die schweren Tiere der am meisten milchbetonten HF und FV_RH5075 sind davon betroffen, während sich FV und FV_RH12.5 annähernd linear weiterentwickeln. Auch im sehr leichten Bereich von 450 kg, in denen jedoch keine FV-Gruppe vertreten ist, sind BS und HF ident. Der Unterschied zwischen BS und HF wächst jedoch stetig bis 650 kg auf 0,93 kg TM/d (6,3 MJ NEL/d) und geht anschließend zurück.

Ein noch deutlicheres Bild zeigt die GES-Aufnahme relativ zur metabolischen Lebendmasse (DMI_LM^x). Pro kg LM^x nehmen schwerere Tiere weniger Futter auf als leichtere. Wieder schwinden die Rassenunterschiede deutlich ab 750 kg. HF, auf dem höchsten Niveau liegend, verändert sich am meisten, verglichen zu den beinahe linearen Verläufen der FV-Gruppen bis zu einem RH-Anteil von 12,5 %. Mit der steigenden Milchbetonung verstärkt sich auch die Krümmung bzw. die Steigung der Graphen und somit die Auswirkung der Lebendmasse auf die relative Futteraufnahme. Dies gilt auch für die BS-Kühe, deren relative Futteraufnahme in der Mitte von FV und HF liegt.

Da die Futteraufnahme stark von der Milchleistung abhängt, gibt der ECM-Verlauf Aufschluss zu diesem Verhalten. Die entsprechende Abbildung 4 offenbart einen nichtlinearen Zusammenhang zwischen Milchleistung und Lebendmasse. Dieser spiegelt sich auch in der geringen linearen Korrelation von 0,12 wieder. Daher ist es nicht sinnvoll, sich auf die linearen Korrelationen zu beziehen. Die Milchleistung (ECM) steigt mit zunehmender Lebendmasse degressiv an, wieder besonders ausgeprägt bei den milchbetonten Gruppen. Die höchste Milchleistung erreichen die leichtesten Gruppen RV_RH5075 (31,0 kg), HF (31,2 kg) und BS (28,3 kg) gemeinsam bei 750 kg, die schwereren Gruppen in der Regel bei 800 kg. Die größten Unterschiede zwischen den Gruppen unterschiedlicher Milchbetonung liegen im Bereich von 600 bis 650 kg mit bis zu 4,10 kg ECM. Obwohl BS eine ähnliche Milchleistung wie FV aufweist, ist die Krümmung der Kurve deutlich stärker ausgeprägt und damit den milchbetonten Gruppen HF und FV_RH5075 ähnlich.

Die Rassen unterscheiden sich daher in der Lebendmasse-Effizienz ebenfalls im leichteren LM-Bereich von 500 bis 650 kg am meisten. Ab 800 kg sind die Rassenunterschiede nicht mehr vorhanden. Wieder sind die milchbetonten Gruppen vom stärksten Rückgang der

Lebendmasse-Effizienz betroffen, was neben der linear steigenden Lebendmasse am deutlichen Rückgang der Milchleistung ab 750 kg liegt. Auch hier weisen die am wenigsten milchbetonten Gruppen FV, FV_RH6.25 und FV_RH12.5 den geringsten Effizienzverlust auf. Die höchste Lebendmasse-Effizienz erreicht HF in einem Bereich von 500 bis 650 kg. BS produziert im Bereich von 450 bis 650 kg am effizientesten. Die Effizienz von Fleckvieh sinkt von Beginn an stetig ab und liegt ca. bis 650 kg auf einem ähnlichen Niveau.

Der Blick auf die Futter- und Energie-Effizienz zeigt grundsätzlich das gleiche unterschiedliche Verhalten abhängig von der Milchbetonung, jedoch verschiebt sich der Optimalbereich von BS und HF in den schwereren Bereich von 550 bis 700 kg. BS kann seine Effizienz bis zum mittleren Lebendmasse-Bereich von 650 kg steigern. FV weist hingegen einen breiteren Optimalbereich von 500 bis 750 kg mit geringerer Krümmung der Kurve auf. Ab 750 bis 800 kg geht die Effizienz aller Rassen deutlich zurück. Die durchschnittliche Lebendmasse beträgt bei FV 728 kg, bei HF 657 kg und bei BS 655 kg. Daher befinden sich alle Gruppen im Optimalbereich. Während die durchschnittliche milchbetonte Kuh genau im Optimum für die Nährstoff-Effizienz liegt, befindet sich FV bereits am absteigenden Ast am Rande des Optimalbereiches.

Betrachtet man den BCS, so steigt dieser mit der Lebendmasse beinahe linear an. Die Tiere zu Beginn der Lebendmasse-Skala haben die geringste Fettauflage, jene am Ende die größte. Somit hat FV im entsprechenden Optimalbereich 2,63 bis 3,49 Pkt., HF 2,30 bis 2,78 Pkt. und BS 2,49 bis 3,07 Pkt. Der BCS sagt jedoch nichts darüber aus, ob die Tiere eine geringe Kondition aufweisen, weil sie einfach leichte Umsatztypen sind, oder ob sie davor stark mobilisiert haben. Die Energiebilanz zeigt jedoch, dass die effizientesten Tiere gerade eine ausgeglichene Bilanz ausweisen, die leichtesten und schwersten einen leichten Überschuss.

Das Datenmaterial der Forschungsinstitute (Abbildung 6 bis 10) zeigt eine ähnliche Entwicklung aller Parameter. Allerdings sind die Tiere leichter als auf den EC-Betrieben und daher nur bis zur LM-Klasse von 775 kg vertreten.

Die Futteraufnahme steigt von der leichtesten bis zur schwersten LM-Klasse an. Allerdings geht die Futteraufnahme bereits ab 675 kg bei HF früher zurück als bei den EC-Kühen ab 750 kg. FV verhält sich in beiden Auswertungen ähnlich. Deutliche Unterschiede sind bei der relativen Futteraufnahme zu finden. Sowohl FV und HF erreichen bei 625 kg die höchste relative Futteraufnahme, um erst danach abzufallen und sich einander zu nähern. In diesem Bereich unterscheiden sich auch die Rassen am meisten. In den EC-Daten gehen hingegen die Unterschiede gemeinsam mit der relativen Futteraufnahme bereits von der leichtesten LM-Klasse an zurück.

Das Animal Production Level (APL) sagt aus, welches Vielfache des Erhaltungsbedarfes an Energie aufgenommen wurde. Während die schwereren FV-Kühe nur das bis zu 3,0-fache ihres Erhaltungsbedarfes aufnehmen, fressen die leichteren und mehr milchgebenden HF-Kühe das 3,3-fache. Das APL entwickelt sich synchron zur relativen Futteraufnahme, weil in beiden Parametern die Lebendmasse der Tiere berücksichtigt wird.

Die Milchleistung entwickelt sich hingegen ähnlich der Futteraufnahme. Bei HF geht sie ebenfalls ab 675 kg anstatt ab 750 kg (EC-Daten) zurück. Der Verlauf von FV weist auf einen Rückgang ab ca. 800 kg ähnlich wie bei den EC-FV-Kühen hin.

Die Effizienzparameter verhalten sich ähnlich der relativen Futteraufnahme und des APL.

Die Lebendmasse-Effizienz (nicht korrigiert) zeigt ein Optimum bei 625 kg für beide Rassen, wobei FV länger konstant zwischen 625 und 725 kg bleibt und HF hingegen bereits nach dem Optimum deutlich an Effizienz verliert. HF erreicht in den EC-Daten die höchste Effizienz nur bei 550 kg, während FV bereits ab der leichtesten LM-Klasse an Effizienz einbüßt. Diese Entwicklung geht konform zur relativen Futteraufnahme, welche ebenfalls keinen Anstieg verzeichnete.

Die Futter-Effizienz (nicht korrigiert) zeigt eine konstanteres Niveau bei HF bis 750 kg verglichen zur Lebendmasse-Effizienz. Das Optimum liegt jedoch weiterhin für beide Rassen bei 625 kg. Das gleiche gilt für die Energie-Effizienz. Während die HF-Kühe bei 775 kg noch effizienter als FV produzieren, ist dies bei den EC-Betrieben bereits umgekehrt.

Vergleicht man nun die Ergebnisse beider Datensätze, so hängt die Nährstoff-Effizienz von HF der EC-Betriebe stärker von der Lebendmasse ab als die Effizienz von HF der Forschungsinstitute, was die stärkere Krümmung der Effizienz-Kurven zeigt. Der optimale Bereich von HF liegt bei der Nährstoff-Effizienz zwischen 550 und 700 kg (vs. 575 bis 675 kg), bei der Lebendmasse-Effizienz zwischen 500 und 650 kg (vs. 575 bis 625 kg). FV (EC-Betriebe) hingegen ist geringer beeinflusst als in den Institutsdaten und besitzt einen größeren optimalen Bereich (500 bis 750 kg vs. 625 bis 725 kg). Weiters liegen die Optima der Lebendmasse-Effizienz (EC-Betriebe) im leichteren Bereich als bei der Nährstoff-Effizienz, oder sind wie bei FV nicht ausgeprägt. Die Institutsdaten weisen ein gemeinsames Optimum von 625 kg bei allen Effizienzparametern und Rassen auf.

Betrachtet man nun die Optimalbereiche der Nährstoff-Effizienz, so stimmen sie für beide Rassen in beiden Datensätzen gut überein.

7.5.5.2 Ergebnisse zur optimalen Lebendmasse der Effizienzparameter (korrigiert)

Das Datenmaterial der Institutsdaten (Abbildung 6 bis 10) ermöglichte die Untersuchung von Effizienzparametern, welche die Lebendmasseveränderung (LMV) und die Energiebilanz berücksichtigen und deren Auswirkung auf die optimale Lebendmasse zu zeigen.

Bezieht man die LMV nach Berry und Pryce (2014) ein, so zeigt sich, dass sich das Optimum der Effizienzparameter bei HF in den leichteren Bereich von 575 kg bewegt, während FV weiterhin bei 625 kg am effizientesten produziert. Insgesamt liegen beide Rassen auf einem höheren Niveau und die Effizienz wird stärker durch die Lebendmasse beeinflusst, als ohne Berücksichtigung der LMV.

Bezieht man stattdessen die Energiebilanz ein (NELBil-korrigiert), welche Mobilisation und Einlagerung von Fett genauer als die LMV beschreibt, so zeigt sich, dass besonders leichte und schwere Tiere sich den Tieren im optimalen Bereich annähern. Leichte und schwere Kühe weisen im Verhältnis zum Optimalbereich eine positive Energiebilanz auf. Dies senkt

die Effizienz, wenn die Energiebilanz nicht berücksichtigt wird, weil ein größerer Teil der Nährstoffaufnahme dem Körpergewebe anstatt der Milchproduktion zugeteilt wird. Besonders FV ist deutlich effizienter als im nicht korrigierten Parameter und nähert sich HF. Dies geht mit der höheren Energiebilanz von FV einher, welche mit steigender Lebendmasse absinkt. Die FV-Kühe leiten mehr der aufgenommenen Nährstoffe in das Körpergewebe als die HF-Kühe. Im Gegensatz dazu erreicht HF im Bereich der tiefsten Energiebilanz im Bereich der höchsten Effizienz und die Energiebilanz spiegelt die Effizienzkurve geradewegs wider. Das Optimum liegt für beide Rassen bei der Lebendmasse-Effizienz wieder bei 625 kg und verschiebt sich bei der Energie-Effizienz bei HF zu 675 kg.

Da die Tiere eine unterschiedliche Energieverwertung haben, wurden LMV und Energiebilanz als Covariable eingeführt. Bei allen Effizienzparametern verhalten sich die zwei Varianten mit und ohne Berücksichtigung der Verwertung beim Abbau von Körpersubstanz gleich. Auch befindet sich das Maximum beider Rassen bei allen Parametern wieder bei 625 kg.

Verwendet man jedoch die Energiebilanz als Covariable, so ist das Niveau der LM-Effizienz von FV wieder etwas höher und der Unterschied zwischen den leichten und schweren Tieren geringer als bei der LMV als Covariable. Das Optimum bleibt für beide Rassen bei 625 kg. Bei der Energie- und Futter-Effizienz hingegen verschiebt sich das Optimum bei HF wieder auf 675 kg. Besonders die leichten FV-Tiere gewinnen an Effizienz.

Aus diesen Ergebnissen lässt sich schließen, dass sich mit und ohne Berücksichtigung von Auf- und Abbau an Körpergewebe das Optimum in einem ähnlichen Bereich von 625 bis 675 kg bleibt. Besonders die Effizienz von FV in den Gewichtklassen vor dem Optimum steigt im Vergleich zu Holstein und den Tieren im optimalen Bereich. HF büßt besonders im Optimum an Energie-Effizienz ein, was bedeutet, dass ein größerer Teil der Milchleistung auf dem Einschmelzen der Fettreserven basiert und zu einer scheinbar höheren Nährstoff-Effizienz führt. Somit gehen die Unterschiede zwischen FV und Holstein zurück. Trotzdem zeigt sich, dass sich die Optima selbst trotzdem kaum verändern.

7.5.5.3 Diskussion Ergebnisse zur optimalen Lebendmasse

Im Zentrum der Effizienz steht die Frage nach der phänotypischen und genetischen Beziehung zwischen ECM und Lebendmasse. Die Annahme lautete, dass größere Tiere mehr Milch gegeben, bzw. durch eine positive genetische Korrelation die Zucht auf Milchleistung auch zu schwereren Tieren geführt hat. Damit nimmt man eine lineare Beziehung zwischen beiden Merkmalen an.

Diese Studie offenbart in den zwei verschiedenen Datensätzen einen besonders bei milchbetonten Tieren nichtlinearen Zusammenhang zwischen Milchleistung und Lebendmasse. Die Milchleistung nimmt bei FV ab ca. 800 kg ab, bei Holstein und BS spätestens ab 750 kg. Auch sind milchbetonte Tiere stärker von den Veränderungen der Milchleistung mit der Lebendmasse betroffen. Die Nährstoff-Effizienz erscheint durch die vermehrte Mobilisation von Körperreserven zusätzlich zur höheren Futteraufnahme und der höheren Nährstoffzuteilung zur Milch deutlich höher im Vergleich zu FV. Die Tiere mit mittlerer Lebendmasse liegen – unabhängig von deren Energiebilanz – im Effizienzoptimum.

Die phänotypische lineare Korrelation von Lebendmasse und Milchmenge liegt in einem sehr niedrigen Bereich von 0,12 in der aktuellen Studie. Dies liegt daran, dass man mit diesem Parameter nur die Stärke und Art einer linearen Beziehung beschreiben kann. Enevoldsen und Kristensen (1997) kommen ebenfalls auf geringe Korrelationen von 0,10 bei Red Danish × Jersey-Kreuzungen, aber sogar auf leicht negative Beziehungen bei Danish Friesians (0,08) und Danish Jerseys (-0,04). Der BCS korrelierte mit der Milchleistung negativ zwischen -0,21 und -0,34. Berry et al. (2002) erhalten positive Korrelationen der Milchmenge am 60. und 240. Laktationstag von 0,01 bis 0,20. Veerkamp et al. (2000) finden kaum vorhandene bis leicht negative phänotypische Beziehungen zwischen der Milchmenge und der Lebendmasse in der 1. und 15. Laktationswoche (0,06 bis 0,18).

Hüttmann et al. (2009) berichten von einer genetisch negativen Beziehung von der Milchleistung (ECM) zur Lebendmasse (-0,36) und zum BCS (-0,11). Die erstlaktierenden HF-Tiere wogen durchschnittlich 581 kg. Berry et al. (2002) fanden geringe bis moderate positive genetische Korrelationen der Milchmenge des 60. Laktationstages mit den Lebendmassewerten im Laktationsverlauf (0,22 bis 0,34), und leicht negative Werte für die Milchmenge am 240. Laktationstag (-0,10 bis -0,14). Veerkamp et al. (2000) stellen eine kaum vorhandene bis moderat negative genetische Beziehung der Milchmenge mit der Lebendmasse der 1. Woche (-0,06) bis -0,18 in der 15. Woche fest. Veerkamp (1998) fasst in einer Review zusammen, dass die genetische Beziehung von Lebendmasse und Milchmenge vom Laktationsstadium abhängt, und stellt eine breite Variation von den Korrelationen in den verwendeten Studien fest. In vier der zwölf Studien lagen die Werte bei ca. 0,20, bei einer bei 0,45. In fünf Studien bewegt sich die Beziehung im Bereich von ±0,00 bis ±0,10 und in zwei Studien werden negative Beziehungen von -0,18 und -0,45 erreicht. Veerkamp (1998) führt dies auch auf die unterschiedlichen Messzeitpunkte und Definitionen der Merkmale zurück, auf den Einfluss des Laktationsstadiums und daher die enge Verbindung mit dem BCS. Dieser ist negativ mit der Milchmenge korreliert. Die Berücksichtigung von BCS die Korrelation hob von -0,09 zu 0,29 (Veerkamp und Brotherstone 1997). Veerkamp (1998) schließt auf eine mittelstarke positive Beziehung zwischen Milchmenge und Lebendmasse. Wie die aktuelle Studie zeigt, können die geringen linearen Korrelationen auch ein Hinweis auf einen nichtlinearen Zusammenhang sein und daher auf einen optimalen Bereich bei Effizienzparametern. Allerdings wurde in kaum einer anderen Studie die Beziehung Lebendmasse zur Milchmenge derart aufgeschlüsselt.

Die phänotypischen Korrelationen der Lebendmasse zu den Effizienzparametern liegen in der aktuellen Studie mit -0,18 für die Lebendmasse-Effizienz, mit -0,11 für die Futter-Effizienz und mit -0,13 für die Energie-Effizienz in einem leicht negativen Bereich. Auch Prendiville et al. (2009) erhalten negative aber deutlich stärkere lineare Beziehung für deren Effizienzparameter von -0,46 bis -0,50. Auch sind Lebendmasse und Milchmenge mit 0,54 deutlich linear und positiv miteinander verbunden. Ähnliches stellen Dickinson et al. (1969) fest mit -0,27 für die Lebendmasse und -0,21 bis -0,38 für die Körpermaße Brusttiefe, Brustumfang und einem Körperlängenmaß. Dickinson et al. (1969) untersuchen die Energie-Effizienz ebenfalls bezogen auf die Lebendmasse und auch auf andere Körpermaße. Die Energie-Effizienz fällt im Gegensatz zur aktuellen Studie bei allen Rassen linear mit

steigender Lebendmasse ab. Bezogen auf den Brustumfang ergibt sich jedoch ein quadratischer Effekt, wenn auch kein Anstieg zu einem Optimum ausgeprägt ist ähnlich wie in der aktuellen Studie. HF war sowohl in jedem Lebendmasse- aber auch Brustumfangsbereich effizienter als Ayrshire und BS. Tiere mit geringer Lebendmasse oder geringem Brustumfang waren effizienter als Tiere mit größeren körperlichen Ausmaßen. Die geringen Korrelationen der aktuellen Studie sind auf den stärkeren nichtlinearen Zusammenhang zwischen den Effizienzparametern und der Lebendmasse zurückzuführen.

Die Lebendmasse (EC-Daten) korreliert mit der Futteraufnahme phänotypisch mit 0,41 am stärksten von den Parametern für Futteraufnahme und Effizienz. Eine ähnliche Größenordnung bestätigen Prendiville et al. (2009) mit 0,51 und Veerkamp et al. (2000) mit 0,45 bis 0,53. Die genetische Beziehung liegt nach der Zusammenfassung von Veerkamp (1998) im Bereich von 0,23 bis 0,86. Damit reihen sich die Ergebnisse von Veerkamp et al. (2000) mit 0,70 bis 0,76 ebenfalls in diese sehr weitreichende Spanne ein.

Neben der nichtlinearen Beziehung zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den milchbetonten und den kombinierten Zweinutzungsrassen. Ähnlich wie Yan et al. (2009) beschreiben, teilen HF-Kühe nicht nur mehr Nährstoffe aus der Futteraufnahme, sondern auch mehr aus dem Körpergewebe mobilisierte Stoffe der Milchproduktion zu. Die stärkere Mobilisation ist in der niedrigeren Energiebilanz in der aktuellen Studie sichtbar. Berücksichtigt man das Einschmelzen von Körpergewebe, so sinkt die Effizienz. Schwerere HF-Kühe lagern hingegen Nährstoffe wieder vermehrt ein. Unter Berücksichtigung der Energiebilanz steigt deshalb deren Effizienz an. Lucy et al. (2009) belegen die Regelung von Körperkondition und Milchleistung abhängig von Futterangebot und genetischem Potenzial durch die sogenannte somatotrope Achse. Die Kontrollregelung des milch- und mobilisationsfördernden Wachstumshormones ist besonders bei hochleistenden Tieren zu Laktationsbeginn und innerhalb der Laktation länger unterbrochen als bei weniger leistenden Tieren bzw. Rassen. Die schwereren Tiere aller Rassen sind somit weniger milchbetont und teilen die Nährstoffe unabhängig vom Laktationsstadium vermehrt dem Körpergewebe und weniger der Milchleistung zu, sind also weniger dem „Milchtyp“ zuzuordnen. Diese Tiere sind daher auch bezüglich Milchleistung auch trotz Berücksichtigung der Energiebilanz weniger effizient.

Die Effizienz einer Kuh beinhaltet nicht nur die Nährstoff-Effizienz, sondern auch Gesundheit, Fruchtbarkeit, Nutzungsdauer, Fleischleistung und andere Merkmale. Das bedeutet, dass die für die Nährstoff-Effizienz optimalen Tiere nicht unbedingt auch optimal für die anderen Merkmale sind. Mit der höheren Milchleistung steigen die Ausmaße der negativen Energiebilanz und damit die Mobilisation von Körpergewebe und Probleme mit der Gesundheit, Fruchtbarkeit und Nutzungsdauer (Martens 2015). Die hohen Krankheitsrisiken folgen demnach aus der Stoffwechselbelastung durch die Milchproduktion und deren positiven Korrelationen zu Mastitis, Ketose und Klauenerkrankungen und durch die negative Korrelation zur Futteraufnahme. Jene Tiere, welche im Optimum der Effizienz liegen, weisen meistens auch die geringste, wenn auch gerade noch positive Energiebilanz auf, besonders die hochleistenden HF-Kühe.

Auch die Lebendmasse beeinflusst viele für die Effizienz relevanten Merkmale. Hansen et al. (1999) vergleichen leichte und schwere Holsteinkühe, um zu untersuchen, welche wirtschaftlich besser abschneiden. Die kleinen leichten Kühe hatten 558 kg, die schweren 609 kg nach der 1. Abkalbung, 641 und 720 kg nach der 3. Abkalbung. Es gab keine signifikanten Unterschiede in der Milchleistung zwischen beiden Linien. Die kleinen Tiere benötigten weniger Besamungen und waren daher leicht fruchtbarer. Bezüglich Kalbeverlauf lagen beide Linien auf einem ähnlich hohen Niveau. Die Kälber der großen Tiere waren um 6 % schwerer, was sich wirtschaftlich positiv auswirkte. Die leichteren Kühe hatten weniger Bein- und Klauenprobleme und weniger Infektionen. Aus diesen Gründen regen Hansen et al. (1999) an, dass die Zucht auf Milchleistung, die zu großen Tieren führt, zu überdenken sei und dass jene Merkmale, die mit der Effizienz verbunden sind, zu einer optimalen Lebendmasse führen werden. Somit ist anzunehmen, dass es für Fruchtbarkeit, Gesundheit und Fleischleistung auch unterschiedliche Optima gibt. Bezüglich Nährstoff-Effizienz kann die aktuelle Studie die Existenz eines Optimums bestätigen.

In AP 4 werden auch Gesundheit, Fruchtbarkeit und andere für die Effizienz wichtige Merkmale einbezogen.

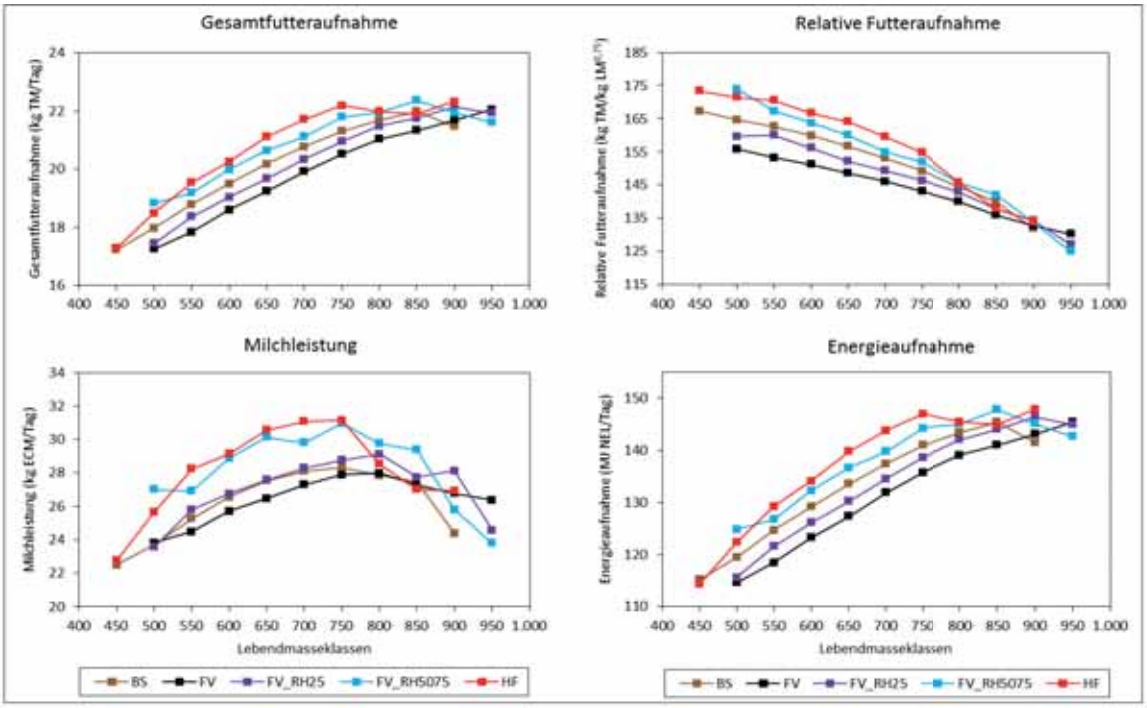


Abbildung 4: Beziehung von (relativer) Futteraufnahme, Milchleistung und Energieaufnahme der Rassen zur Lebendmasse (EC-Daten)

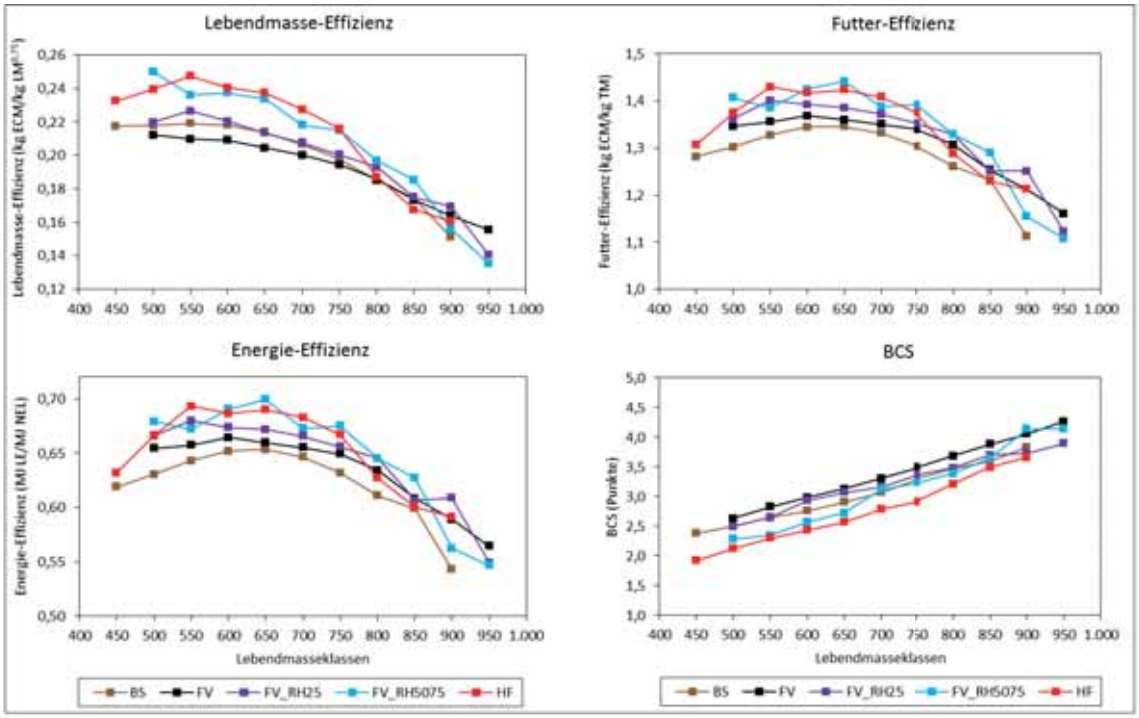


Abbildung 5: Beziehung zwischen der Effizienz der Rassen und der Lebendmasse (EC-Daten)

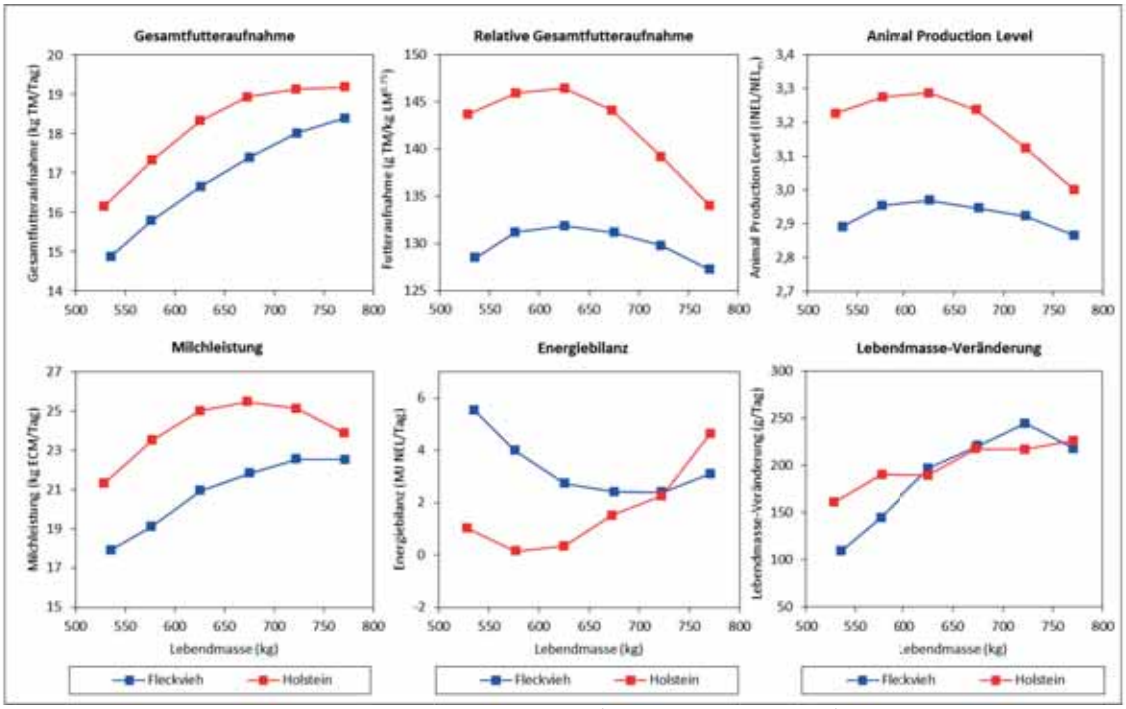


Abbildung 6: Beziehung der Produktionsdaten von Fleckvieh und Holstein zur Lebendmasse (Datenmaterial Forschungsinstitute)

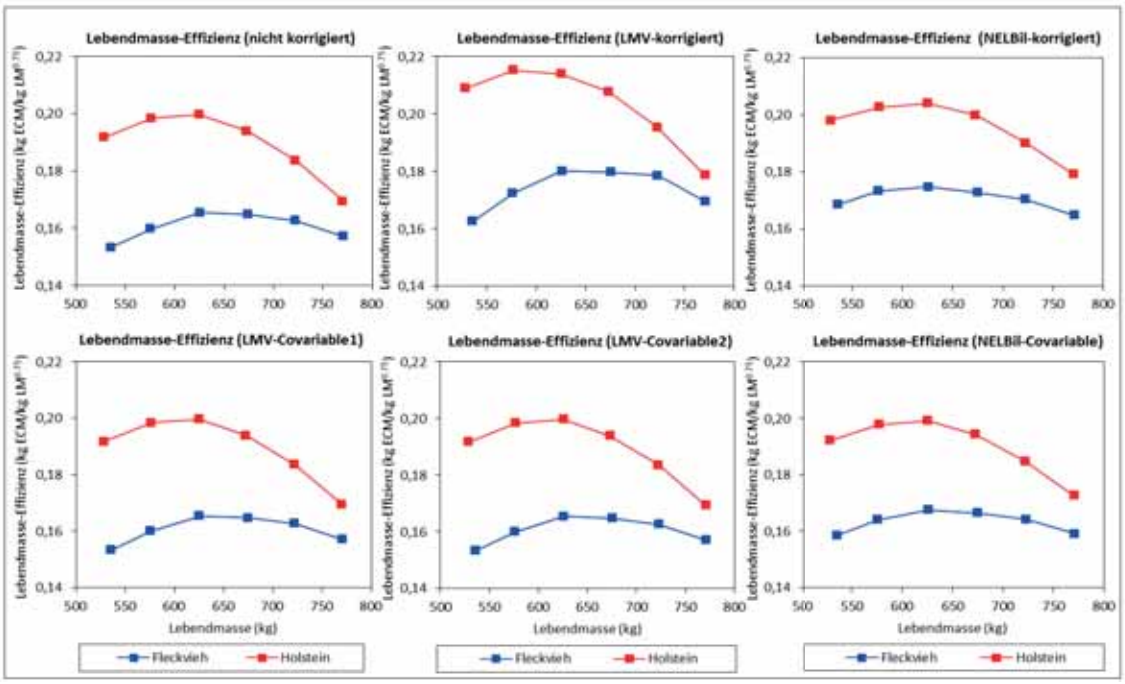


Abbildung 7: Beziehung der Lebendmasse-Effizienz von Fleckvieh und Holstein zur Lebendmasse (Datenmaterial Forschungsinstitute)

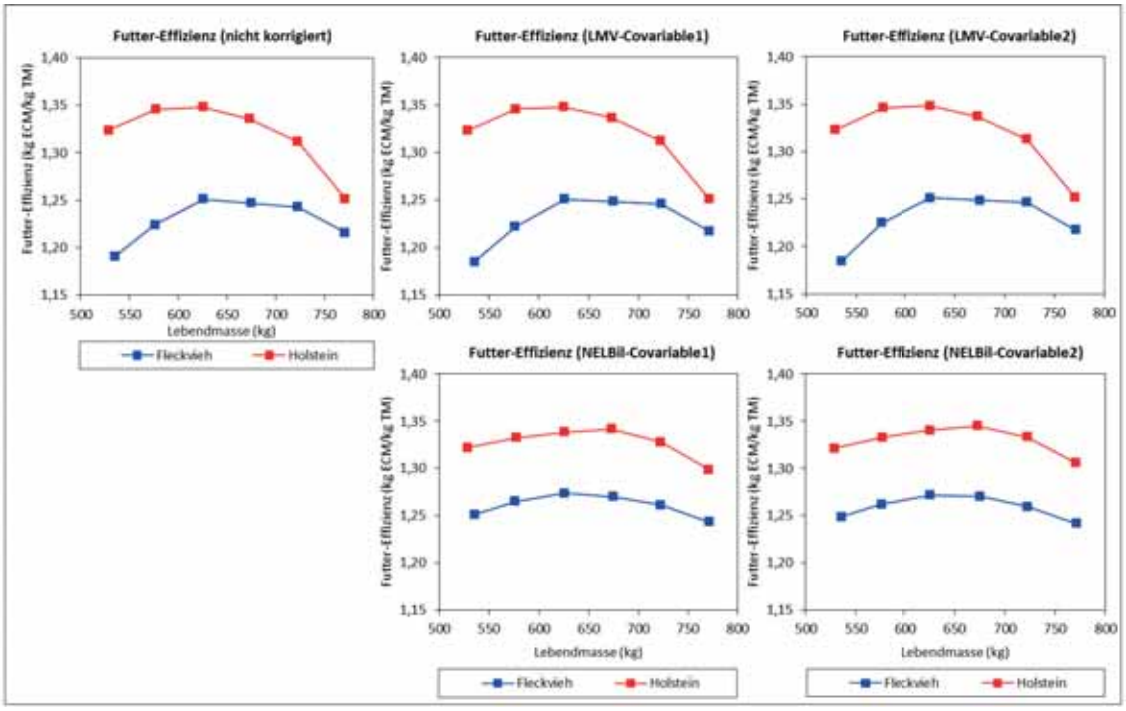


Abbildung 8: Beziehung der Futter-Effizienz von Fleckvieh und Holstein zur Lebendmasse (Datenmaterial Forschungsinstitute)

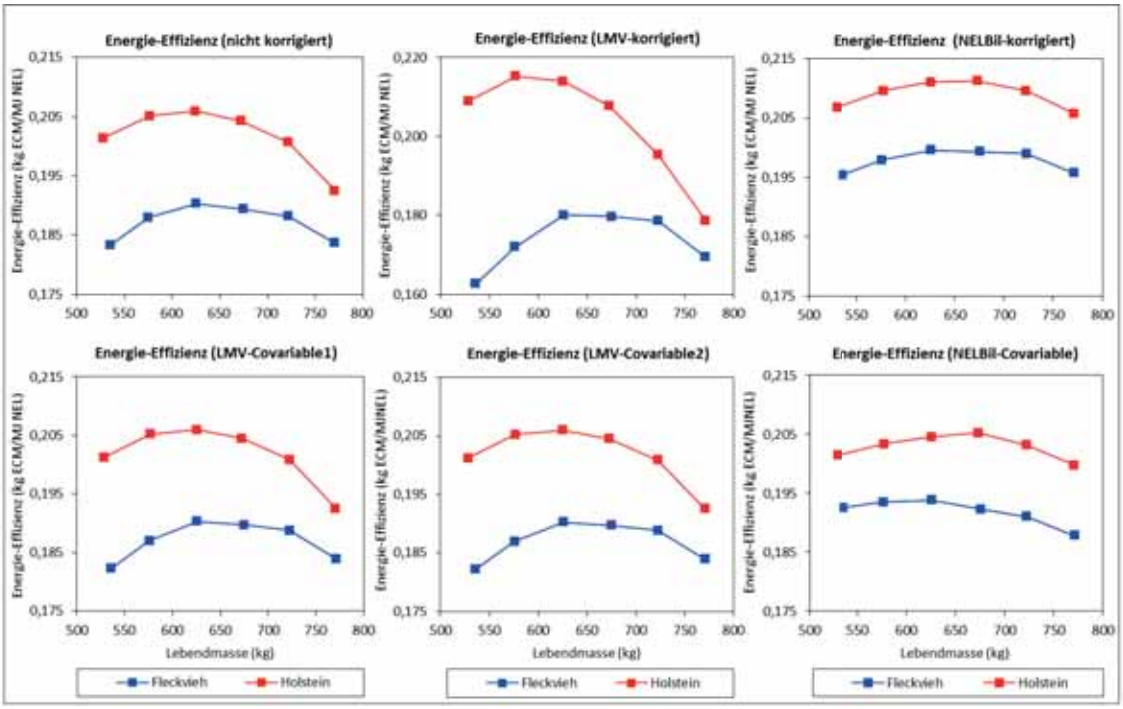


Abbildung 9: Beziehung der Energie-Effizienz (kg ECM/MJ NEL) von Fleckvieh und Holstein zur Lebendmasse (Datenmaterial Forschungsinstitute)

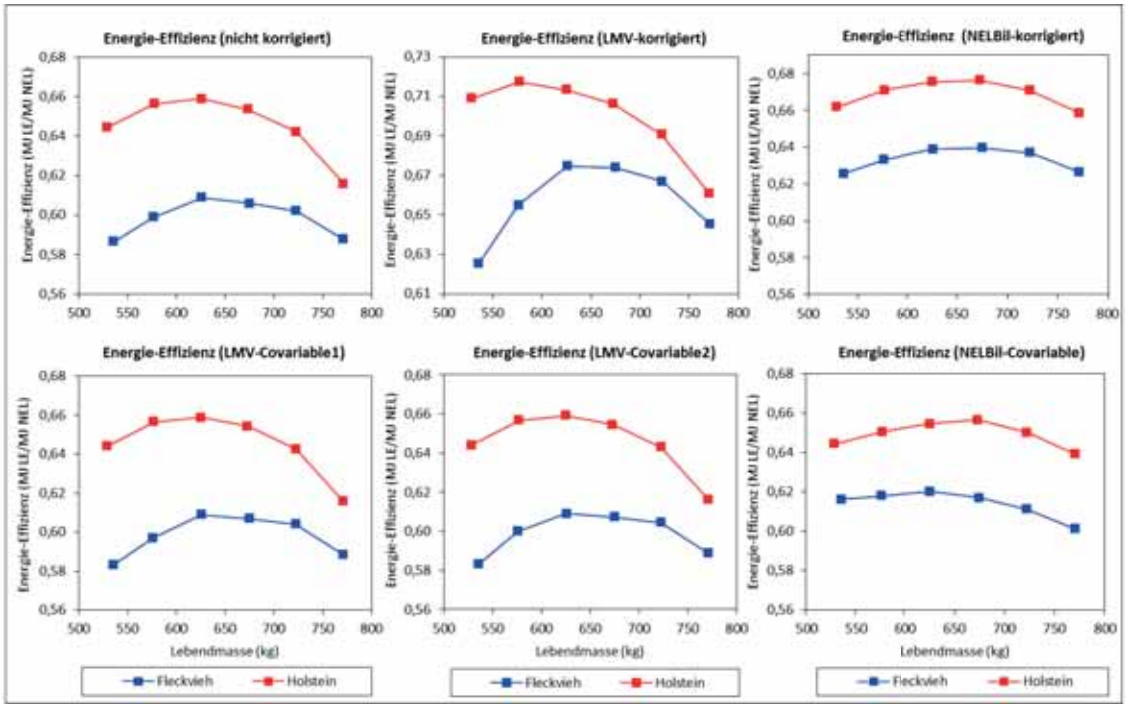


Abbildung 10: Beziehung der Energie-Effizienz (MJ LE/MJ NEL) von Fleckvieh und Holstein zur Lebendmasse (Datenmaterial Forschungsinstitute)

Tabelle 9: BCS, Milchleistung, Futter- und Energieaufnahme der Rassen nach ansteigender Lebendmasse (EC-Daten)

Parameter	Einheit	Rasse	RMSE	P-Wert										
				RasseLM50	L	Z	GF_NEL	KF_%						
				Lebendmasseklassen (LM50; 450 bis 1000 kg)										
			450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
Datensätze	N = 37967		81	680	2151	5039	7731	8170	6668	4301	2061	832	232	21
BCS	Pkt.		0,4	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,175	< 0,0001						
		FV		2,63	2,82	2,98	3,13	3,30	3,49	3,68	3,88	4,06	4,27	
		FV_RH6.25		2,54	2,65	2,91	3,08	3,28	3,44	3,62	3,80	4,06	4,24	4,47
		FV_RH12.5			2,88	2,98	3,11	3,22	3,38	3,58	3,77	3,93	4,40	
		FV_RH25		2,50	2,64	2,94	3,07	3,16	3,37	3,48	3,70	3,73	3,90	
		FV_RH5075		2,28	2,35	2,57	2,73	3,12	3,23	3,38	3,64	4,14	4,15	
		HF	1,92	2,12	2,30	2,43	2,57	2,78	2,91	3,21	3,50	3,66		
		BS	2,38	2,49	2,65	2,76	2,91	3,07	3,29	3,48	3,59	3,83		
ECM	kg/d		5,5	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001						
		FV		23,8	24,5	25,7	26,5	27,3	27,9	28,0	27,3	26,8	26,4	
		FV_RH6.25		23,6	24,9	25,7	26,7	27,3	28,3	28,1	27,3	26,0	24,1	23,9
		FV_RH12.5			25,5	25,1	26,9	28,4	28,4	28,7	27,8	25,5	24,7	
		FV_RH25		23,6	25,8	26,8	27,6	28,3	28,8	29,1	27,7	28,1	24,6	
		FV_RH5075		27,0	26,9	28,9	30,1	29,8	31,0	29,8	29,4	25,8	23,8	
		HF	22,7	25,6	28,2	29,2	30,6	31,1	31,2	28,5	27,0	26,9		
		BS	22,5	23,7	25,3	26,6	27,5	28,1	28,3	27,8	27,5	24,4		
DMI	kg TM/d		1,16	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001						
		FV		17,25	17,84	18,60	19,24	19,93	20,52	21,03	21,33	21,69	22,05	
		FV_RH6.25		17,46	17,96	18,66	19,33	19,91	20,62	21,08	21,37	21,72	21,48	22,05
		FV_RH12.5			18,26	18,58	19,45	20,28	20,73	21,26	21,44	21,68	21,76	
		FV_RH25		17,45	18,37	19,04	19,67	20,34	20,95	21,48	21,76	22,13	21,94	
		FV_RH5075		18,82	19,18	19,98	20,65	21,12	21,79	21,94	22,37	21,95	21,60	
		HF	17,28	18,49	19,54	20,25	21,11	21,71	22,19	21,99	21,91	22,33		
		BS	17,22	17,97	18,80	19,50	20,18	20,78	21,31	21,67	21,99	21,47		
INEL	MJ/d		8,0	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001						
		FV		114,6	118,5	123,3	127,3	131,9	135,8	139,1	141,0	143,2	145,4	
		FV_RH6.25		116,3	119,5	123,6	128,0	131,8	136,4	139,4	141,3	143,3	141,8	145,3
		FV_RH12.5			121,6	122,9	128,7	134,3	137,1	140,7	141,7	143,8	143,2	
		FV_RH25		115,5	121,6	126,1	130,3	134,6	138,7	142,1	144,1	146,5	145,0	
		FV_RH5075		124,9	126,7	132,3	136,7	139,8	144,3	145,1	147,9	145,1	142,7	
		HF	114,3	122,4	129,2	134,1	139,9	143,8	147,0	145,5	145,0	147,9		
		BS	115,2	119,5	124,7	129,2	133,6	137,5	141,0	143,5	145,5	141,6		

FV Fleckvieh, RH Red Holstein(anteil), HF Holstein Friesian, BS Brown Swiss
L Laktationszahl, Z fixer Effekt Zeit, GF_NEL Energiekonzentration Grundfutter, KF_% Kraftfutteranteil der Gesamtration, I... intake, ECM energiekorrigierte Milchmenge

Tabelle 10: Relative Futteraufnahme, Lebendmasse-, Futter- und Energie-Effizienz der Rassen nach ansteigender Lebendmasse (EC-Daten)

Parameter	Einheit	Rasse	RMSE	P-Wert										
				RasseLM50	L	Z	GF_NEL	KF_%						
				Lebendmasseklassen (LM50; 450 bis 1000 kg)										
			450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
Datensätze	N = 37967		81	680	2151	5039	7731	8170	6668	4301	2061	832	232	21
DMI_LM^{x}	g/kg LM$^{0.75}$		8,3	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001						
		FV		155,9	153,2	151,2	148,5	146,1	143,1	139,9	135,9	132,7	130,2	
		FV_RH6.25		157,1	154,4	152,2	149,5	146,1	143,9	140,4	136,6	132,6	126,8	125,9
		FV_RH12.5			158,0	151,8	150,3	148,6	144,4	141,5	136,5	132,0	127,8	
		FV_RH25		159,7	160,0	156,2	152,1	149,3	146,3	142,8	137,8	134,2	127,1	
		FV_RH5075		173,9	167,2	163,7	160,0	154,8	151,8	145,7	142,0	133,8	125,0	
		HF	173,4	171,4	170,5	166,7	164,0	159,5	154,8	145,7	137,8	134,1		
		BS	167,2	164,7	162,6	159,9	156,7	153,1	149,2	144,4	139,9	131,8		
ECM_LM^{x}	kg ECM/kg LM$^{0.75}$		0,040	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001						
		FV		0,212	0,210	0,209	0,204	0,200	0,194	0,186	0,173	0,164	0,156	
		FV_RH6.25		0,209	0,213	0,211	0,207	0,200	0,198	0,187	0,175	0,158	0,144	0,138
		FV_RH12.5			0,221	0,206	0,208	0,208	0,198	0,191	0,177	0,154	0,145	
		FV_RH25		0,220	0,227	0,220	0,213	0,208	0,200	0,193	0,175	0,169	0,141	
		FV_RH5075		0,250	0,236	0,237	0,234	0,218	0,215	0,197	0,185	0,156	0,135	
		HF	0,233	0,239	0,247	0,240	0,237	0,227	0,216	0,187	0,168	0,161		
		BS	0,217	0,218	0,219	0,218	0,214	0,207	0,198	0,185	0,174	0,151		
ECM_DMI	kg ECM/kg DMI		0,209	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001						
		FV		1,346	1,355	1,368	1,360	1,351	1,339	1,307	1,253	1,213	1,161	
		FV_RH6.25		1,317	1,358	1,363	1,365	1,352	1,356	1,313	1,255	1,176	1,101	1,059
		FV_RH12.5			1,381	1,335	1,365	1,378	1,347	1,326	1,269	1,132	1,106	
		FV_RH25		1,361	1,401	1,392	1,386	1,372	1,352	1,330	1,251	1,251	1,123	
		FV_RH5075		1,407	1,386	1,425	1,442	1,388	1,392	1,329	1,290	1,155	1,108	
		HF	1,306	1,374	1,430	1,417	1,424	1,408	1,374	1,288	1,230	1,213		
		BS	1,282	1,302	1,327	1,344	1,346	1,332	1,304	1,261	1,233	1,112		
LE_INEL	MJ LE/MJ INEL		0,103	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001						
		FV		0,654	0,657	0,664	0,660	0,655	0,649	0,634	0,608	0,589	0,564	
		FV_RH6.25		0,638	0,658	0,660	0,662	0,656	0,659	0,637	0,609	0,571	0,532	0,511
		FV_RH12.5			0,666	0,647	0,662	0,668	0,654	0,643	0,616	0,548	0,536	
		FV_RH25		0,666	0,680	0,674	0,672	0,666	0,656	0,645	0,607	0,609	0,549	
		FV_RH5075		0,679	0,672	0,691	0,699	0,673	0,675	0,645	0,627	0,562	0,547	
		HF	0,632	0,666	0,693	0,686	0,690	0,683	0,667	0,627	0,600	0,591		
		BS	0,619	0,630	0,643	0,652	0,653	0,646	0,632	0,611	0,599	0,543		

FV Fleckvieh, RH Red Holstein(anteil), HF Holstein Friesian, BS Brown Swiss

L Laktationszahl, Z fixer Effekt Zeit, GF_NEL Energiekonzentration Grundfutter, KF_% Kraftfutteranteil der Gesamtration, I... intake, ECM energiekorrigierte Milchmenge, LM^{x} metabol. Lebendmasse, LE Energiemenge in Milch

7.6 Schlussfolgerungen

Die Erhebungen von Fütterungsdaten auf Praxisbetrieben sowie die Schätzung der Futteraufnahme sind sehr aufwändig. Die Vielfalt der Rationsgestaltung und der Fütterungssysteme in der Praxis kann dank der Entwicklung eines neuartigen Codierungssystems sowohl bei der Datenerfassung als auch für die Futteraufnahmeschätzung berücksichtigt werden.

Die EC-Betriebe zeichnen sich durch ein hohes Produktionsniveau aus, was besonders an der Milchleistung und der guten Grundfutter- und Gesamtfutterqualität zu erkennen ist. Die individuelle, leistungsabhängige Kraftfuttergabe mittels Transponder (getrennte KF-Fütterung zu Grundfutterration oder AGR) wird gegenüber einer TMR bevorzugt.

Die Rationstypen GET, AGR und TMR bestehen aus durchschnittlich über 50 % Grassilage bezogen auf die Grundfutterkomponenten. AGR und TMR besitzen den höchsten Maissilageanteil von ca. 30 % am Grundfutter. Leguminosen haben eine geringe Bedeutung, können aber regional die Grassilage auch vollständig ersetzen. Grassilagebetonte Rationen machen 46,9 % aller Datensätze aus, maissilagebetonte 27,9 % und heubetonte nur 8,1 %. Grünfutter bzw. weidebetonte Rationen betreffen nur 5,7 % aller Datensätze. Diese Fütterung zeigt die hohe Bedeutung des Dauergrünlandes und allgemein von konservierten Rationskomponenten.

Die Nährstoff- und Effizienzparameter zeigen, dass die Milchleistung, Futter- und Nährstoffaufnahme und Effizienz mit steigender Milchbetonung von FV bis HF steigen. Die Unterschiede zwischen FV und BS zu HF sind jedoch durch das überdurchschnittliche Leistungsniveau aller Rassen, aber besonders von FV und BS, geringer als es österreichweit zu erwarten wäre. Der BCS und die Lebendmasse sinken hingegen. Im Laktationsverlauf wird ersichtlich, dass besonders die milchbetonten und effizientesten Gruppen HF und FV_RH5075 an Körperkondition und Lebendmasse verlieren, dies jedoch auch wegen eines höheren KF-Anteiles an der Ration wieder wettmachen. Das bedeutet, dass die Überlegenheit milchbetonter Rassen auf der höheren Nährstoffaufnahme, der Zuteilung eines größeren Teiles dieser zur Milchproduktion, aber auch auf der vermehrten Mobilisation von Fettreserven basiert.

Die Laktationszahl spiegelt in den meisten Parametern das degressive Wachstum der Tiere von der 1. zur ≥5. Laktation wider. Besonders ausgeprägt ist dies bei den Körpermaßen und der Lebendmasse. Futter- und Energie-Effizienz verlaufen hingegen nicht degressiv bis zur höchsten Effizienz in der 3.+4. Laktation, weil die Futteraufnahme bezogen auf die Lebendmasse von 2. und 3. Laktation nicht weiter zunimmt. Mit steigender Laktationszahl und daher Milchleistung verlieren die Kühe an Körperkondition, gewinnen aber an Effizienz.

Das Laktationsstadium zeigt deutlich das Auseinanderklaffen von Bedarf und Aufnahme an Nährstoffen im 1. Laktationsdrittel. Obwohl die Rationen sehr hochwertig gestaltet waren, bewegt sich die Futteraufnahme aufgrund der hohen Leistung im 1. Laktationsdrittel nahe des physikalisch limitierenden Bereiches. D.h., gemessen an der hohen Milchleistung war die

Futterqualität gerade passend. Trotz der hohen Futterqualität und -aufnahme mussten die Tiere Fett einschmelzen, was am BCS-Verlauf gut zu erkennen ist.

Die Untersuchungen zur optimalen Lebendmasse zeigen, dass es eine optimale Lebendmasse für die Effizienz gibt. Diese unterscheidet sich zwischen den Rassen. Die Lebendmasse beeinflusst die Effizienz der milchbetonten Rassen BS und HF mehr als die Effizienz der kombinierten Zweinutzungsrasse FV. Dies liegt an der nichtlinearen Beziehung von Milchleistung und Lebendmasse. Die Milchleistung von FV steigt degressiv bis 800 kg an, jene von HF und BS bis 750 kg. Danach fällt die Milchleistung besonders von HF und BS deutlich ab. Die geringe lineare Korrelation zwischen Lebendmasse und Effizienz spiegelt dies wider.

Lineare Methoden sind daher für die Beziehung von der Lebendmasse zu Milchleistungs- und Effizienzparameter nicht oder nur beschränkt geeignet.

- optimale Lebendmasse Lebendmasse-Effizienz (EC-Daten):

Der optimale Bereich liegt in einem leichteren Lebendmassebereich als bei der Nährstoff-Effizienz. FV und BS weisen im Gegensatz zu HF keinen Anstieg der Lebendmasse-Effizienz auf.

- optimale Lebendmasse Nährstoff-Effizienz (EC-Daten):

Der optimale Bereich liegt für BS und HF von 550 bis 700 kg mit der höchsten Effizienz im Bereich von 550 bis 650 kg. Der optimale Bereich für FV liegt zwischen 500 und 750 kg. Ab 750 bis 800 kg nimmt die Nährstoff-Effizienz aller Rassen deutlich ab und die Rassenunterschiede schwinden. Dies liegt am besonders starken Rückgang der Effizienz der milchbetonten Gruppen. Die größten Rassenunterschiede finden sich im optimalen Bereich.

FV wiegt durchschnittlich 728 kg, HF 657 kg und BS 655 kg. Damit liegen BS und HF durchschnittlich genau im Optimum der Nährstoff-Effizienz. FV liegt zwar im Optimalbereich, jedoch bereits an dessen Ende von 750 kg und daher am absteigenden Ast der Nährstoff-Effizienz.

Ein weiteres Steigern der Lebendmasse wird hinsichtlich Nährstoff- und Lebendmasse-Effizienz nicht empfohlen, besonders hinsichtlich der damit verbundenen nötigen Steigerung von Milchleistung und Kraftfuttereinsatz.

- optimale Lebendmasse (Daten der 8 Forschungsinstitute)

Auch hier zeigt sich ein Rückgang der Milchleistung bei HF ab 675 kg und bei FV zumindest nicht bis 800 kg. Höhere LM-Klassen gab es bei FV für einen Abgleich mit den EC-Daten nicht.

FV und HF können die Lebendmasse-Effizienz noch bis 625 kg steigern, danach fällt sie ab. Der Optimalbereich liegt je nach Effizienzparameter zumeist zwischen 575 und 675 kg. Auch die Berücksichtigung der Lebendmasseveränderung und der Energiebilanz in diversen Formen ändert grundsätzlich nichts am Optimum, jedoch an der Höhe der Effizienz der Rassen und der leichtesten und schwersten Tiere. Besonders die Effizienz von FV in den leichten Gewichtklassen vor dem Optimum steigt im Vergleich zu Holstein und den Tieren im optimalen Bereich. HF büßt besonders im Optimum an Energie-Effizienz ein. Dies bedeutet, dass ein größerer Teil der Milchleistung auf dem Einschmelzen der Fettreserven basiert und zu einer nur scheinbar höheren Nährstoff-Effizienz führt. Somit gehen die Unterschiede zwischen FV und Holstein zurück. Trotzdem zeigt sich, dass sich die Optima selbst trotzdem kaum verändern. Aus diesen Ergebnissen lässt sich schließen, dass mit und ohne Berücksichtigung von Auf- und Abbau an Körpergewebe die optimalen Kühe dieselben bleiben.

Ergebnisse anderer Studien weltweit weisen darauf hin, dass einerseits Gesundheit, Fruchtbarkeit und Fleischleistung mit steigendem Milchleistungspotenzial abnehmen. Andererseits neigen schwere milchbetonte Tiere ebenfalls zu Problemen mit Gesundheit und Fruchtbarkeit, weisen aber nicht zwangsläufig eine höhere Milchleistung auf. Daher ist anzunehmen, dass es für die gesamtheitlich betrachtete Effizienz ebenfalls ein Optimum gibt.

7.7 Meilensteine – spezifische Fragestellungen

- Vorstudien und Masterarbeiten erfolgreich abgeschlossen und Ergebnisse publiziert
- Entwicklung eines neuartigen Codierungssystems für die Eingabe der Fütterungs- und Rationsinformation aus Praxisbetrieben, welches Fütterungssysteme und -regime korrekt berücksichtigt und die Daten für die Futteraufnahmeschätzung nutzbar macht
- Adaptierung des Schätzmodelles für Futteraufnahme (Gruber et al. 2004) an die unterschiedlichen Fütterungssysteme und damit Rationstypen (AGR, TMR, GET, GFM)
- Schätzung der Futteraufnahme für die Berechnung der Nährstoff- und Effizienzparameter
- Untersuchung des Einflusses von Rasse, Laktationszahl, Laktationsstadium auf Nährstoff- und Effizienzparameter sowie deren Zusammenhänge
- rassespezifische Betrachtung des optimalen Lebendmassebereiches für höchste Nährstoff-Effizienz
- parallele Auswertung der gleichen und zusätzlich auch komplexerer Effizienzparameter und der optimalen Lebendmasse auf Basis des Datenmaterials aus 8 Forschungsinstituten (Gruber et al. 2004)
- Vorstellung des neuartigen Codierungssystems und der Adaptierung der Futteraufnahmeschätzung beim Animal Science Day 2016 und Vorbereitung weiterer Publikationen in diesem Bereich

7.8 Literatur

Andrew S.M., Waldo D.R. und Erdman R.A., 1994. Direct analysis of body composition of dairy cows at three physiological stages. J. Dairy Sci. 77, 3022–3033.

Bauman D.E. und Currie W.B., 1980. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: A review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. J. Dairy Sci. 63, 1514–1529.

Berry D.P., Buckley F., Dillon P., Evans R.D., Rath M. und Veerkamp R.F., 2002. Genetic parameters for level and change of body condition score and body weight in dairy cows. J. Dairy Sci. 85, 2030–3039.

Berry D.P. und Pryce J.E., 2014. Feed efficiency in growing and mature animals. Proceedings of 10th Word Congress of Genetics Applied to Livestock Production, Vancouver 2014.

Berry D.P., Veerkamp R.F. und Dillon P., 2006. Phenotypic profiles for body weight, body condition score, energy intake, and energy balance across different parities and concentrate feeding levels. Livest. Prod. Sci. 104, 1–12.

Blöttner S., Heins B.J., Wensch-Dorendorf M., Hansen L.B. und H.H. Swalve, 2011. Brown Swiss × Holstein crossbreds compared with pure Holsteins for calving traits, body weight, back fat thickness, fertility and body measurements. J. Dairy Sci. 94, 1058–1068.

Buckley F., Dillon P., Crosse S., Flynn F. und M. Rath, 2000. The performance of Holstein Friesian dairy cows of high and medium genetic merit for milk production on grass-based feeding systems. Livest. Prod. Sci. 64, 107–119.

Dickinson F.N., McDaniel B.T. und McDowell, 1969. Comparative efficiency of feed utilisation during first lactation of Ayrshire, Brown Swiss, and Holstein Cows. J. Dairy Sci. 52, 489–497.

Dillon P., Buckley F., Connor P.O., Hegarty D. und Rath M., 2003. A comparison of different dairy cow breeds on a seasonal grass-based system of milk production. 1. Milk production, body weight, body condition score and DM intake. Livest. Prod. Sci. 83, 21–33.

DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 1997. DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer, 7. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 212 S.

Enevoldsen C. und Kristensen T., 1997. Estimation of body weight from body size measurements and body condition scores in dairy cows. J. Dairy Sci. 80, 1988–1995.

Friggens N.C., Berg P., Theilgaard P., Korsgaard I.R., Ingvartsen K.L., Løvendahl P. und Jensen J., 2007. Breed and parity effects on energy balance of genetically driven body energy change. J. Dairy Sci. 90, 5291–5305.

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 2001. Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 8: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 135 S.

Gruber L., 2013. Grundfutterqualität, Kraftfutterniveau und genetisches Potenzial als Schlüsselfaktoren für die Höhe der Milchleistung. Tagungsband ZAR-Seminar, 21.03.2013, Salzburg, 21–40.

Gruber L., Schwarz F.J., Erdin D., Fischer B., Spiekers H., Steingass H., Meyer U., Chassot A., Jilg T., Obermaier A. und Guggenberger T., 2004. Vorhersage der Futteraufnahme von

Milchkühen – Datenbasis von 10 Forschungs- und Universitätsinstituten Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. 116. VDLUFA-Kongress, Rostock, 13.-17. September 2004, Kongressband 2004, VDLUFA-Schriftenreihreihe 60, 484–504.

Gruber L. und Stegfellner M., 2015. Effizienz bei Milchkühen – Einfluss von Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2015, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, 23–40.

Gruber L., Steinwender R. und Baumgartner W., 1995. Einfluß von Grundfutterqualität und Kraftfutterniveau auf Leistung, Stoffwechsel und Wirtschaftlichkeit von Kühen der Rasse Fleckvieh und Holstein Friesian. In: 22. Tierzuchttagung 1995, Bericht BAL Gumpenstein, 1–49.

Gruber L., Steinwidder A., Guggenberger T. und Wiedner G., 1997. Interpolation der Verdauungskoeffizienten von Grundfuttermitteln der DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer. Aktualisiertes Arbeitspapier der ÖAG-Fachgruppe Fütterung über die Grundlagen zur Berechnung der Verdaulichkeit und des UDP-Gehaltes auf der Basis der DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer (2. Auflage 1997).

Gruber L., Susenbeth A., Schwarz F.J., Fischer B., Spiekers H., Steingass H., Meyer U., Chassot A., Jilg T. und Obermaier A., 2007. Bewertung des NEL-Systems und Schätzung des Energiebedarfs von Milchkühen auf der Basis von umfangreichen Fütterungsversuchen in Deutschland, Österreich und der Schweiz. In: 119. VDLUFA-Kongress 2007, Kongressband, Göttingen, 479–502.

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

Hansen L.B., Cole J.B., Marx G.D. und Seykora A.J., 1999. Productive life and reasons for disposal of Holstein cows selected for large versus small body size. J. Dairy Sci. 82, 795–801.

Hart I.C., 1983. Endocrine control of nutrient partition in lactating ruminants. Proc. Nutr. Soc. 42, 181–194.

Hart I.C., Bines J.A. und Morant S.V., 1979. Endocrine control of energy metabolism in the cow: Correlations of hormones and metabolites in high and low yielding cows for stages of lactation. J. Dairy Sci. 62, 270–277.

Hart I.C., Bines J.A., Morant S.V. und Ridley J.L., 1978. Endocrine control of energy metabolism in the cow: Comparison of the levels of hormones (prolactin, growth hormone, insulin and thyroxine) and metabolites in the plasma of high- and low-yielding cattle at various stages of lactation. J. Endocrinology 77, 333–345.

Huhtanen P., Rinne M., Mäntysaari P. und Nousiainen J., 2011. Integration of the effects of animal and dietary factors on total dry matter intake of dairy cows fed silage-based diets. Animal 5, 691–702.

Hüttmann H., Stamer E., Junge W., Thaller G. und Kalm E., 2009. Analysis of feed intake and energy balance of high-yielding first lactating Holstein cows with fixed and random regression models. Animal 3, 181–188.

Ingvartsen K.L. und Andersen J.B., 2000. Symposium: Dry Matter intake of lactating dairy cattle. Integration of metabolism and intake regulation: A review focusing on periparturient animals. J. Dairy Sci. 83, 1573–1597.

Jensen L.M., Nielsen N.I., Nadeau E., Markussen B., Nørgaard P., 2015. Evaluation of five models predicting feed intake by dairy cows fed total mixed rations. Livest. Sci. 176, 91–103.

Kennedy J., Dillon P., Delaby L., Faverdin P., Stakelum G. und Rath M., 2003. Effect of genetic merit and concentrate supplementation on grass intake and milk production with Holstein Friesian dairy cows. J. Dairy Sci. 86, 610–621.

Kirchgessner M., Roth F.X., Schwarz F.J. und Stangl G.I., 2011. Tierernährung. Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. 13. überarb. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 643 S.

Korver S., 1982. Feed intake and production in dairy breeds dependent on the ration. Doctoral thesis. Landbouwhogeschool te Wageningen, 139 S.

Krogmeier D., 2009. Zusammenhänge zwischen Nutzungsdauer und Körpergröße unter besonderer Berücksichtigung des Stallsystemes bei Braunvieh und Fleckvieh. Züchtungskunde 81, 328–340.

Ledinek M., 2014. Futteraufnahme, Milchleistung, Energiebilanz, Lebendmasse und Körpermaße von Milchkühen im Laufe der Laktation sowie Zusammenhänge zwischen diesen Parametern. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

Ledinek M. und Gruber L., 2014. Erhebungen von Körpermaßen und BCS im Laktationsverlauf und ihre Beziehungen zu Lebendmasse und Energiebilanz. In: 41. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2014, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, 31–44.

Ledinek M. und Gruber L., 2015. Körpermaße und BCS im Laufe der Laktation und ihre Beziehungen zu Lebendmasse und Energiebilanz. Züchtungskunde 87,181–200.

LfL Grub, 2015. Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Schafe und Ziegen. 39. Auflage, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising Weihenstephan, 98 S.

Lins M., Gruber L. und Obritzhauser W., 2003. Zum Einfluss der Energieversorgung vor der Abkalbung auf Futteraufnahme, Körpermasse und Körperkondition sowie Milchleistung und Stoffwechsel von Milchkühen. Übers. Tierern. 31, 75–120.

Lucy M.C., Verkerk G.A., Whyte B.E., McDonald K.A., Burton L., Cursons R.T., Roche J.R. und Holmes C.W., 2009. Somatotropic axis and nutrient partitioning in genetically diverse dairy cows managed under different feed allowances in a pasture system. J. Dairy Sci. 92, 526–539.

Martens H., 2012. Die Milchkuh – Wenn die Leistung zur Last wird! In: 39. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2012, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, 35–42.

Martens H., 2015. Stoffwechselbelastung und Gesundheitsrisiken der Milchkühe in der frühen Laktation. Tierärztl. Umschau 70, 496–504.

Mertens D.R., 1994. Regulation of forage intake. In: Forage quality, evaluation, and utilization. National Conference on Forage Quality, Evaluation, and Utilization. (G.C. Fahey, Ed.), 450–493.

NRC (National Research Council), 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th edition. Washington D. C.: National Academy Press.

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

Prendiville R., Pierce K.M. und Buckley F., 2009. An evaluation of production efficiencies among lactating Holstein-Friesian, Jersey, and Jersey × Holstein-Friesian cows at pasture. J. Dairy Sci. 91, 6176–6185.

SAS Institute Inc., 2015. SAS/STAT 9.4 User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC (USA).

Sæther N., Havrevoll Ø., Thuen E. und Vangen O., 2010. Differences in energy balance and energy efficiency between an old endangered and a modern Norwegian dairy cattle breed in a traditional indoor feeding system. Acta Agric. Scand. Section A - Anim. Sci. 60, 23–31.

Stangassinger M., 2003. Beurteilung und Aussagekraft der Untersuchung von Blut-parametern zur Erkennung von Fütterungsfehlern. In: 30. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2003, Bericht BAL Gumpenstein, 1–9.

Stegfellner M., 2014. Zusammenhänge zwischen Körpermaßen, Körperkondition, Lebendmasse und Milchleistung bei Milchkühen verschiedener Rassen und Laktationsstadien. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

Steinwidder A., 2009. Modellrechnungen zum Einfluss der Lebendmasse von Milchkühen auf Futtereffizienz und Kraftfutterbedarf. Band 2 – Tierhaltung, Agrarpolitik und Betriebswirtschaft, Märkte und Lebensmittel. 10. Wissenschaftstagung Ökolog. Landbau, 11.-13. Febr. 2009, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 30–33.

Thomet P., Rätzer H. und Durgiai B., 2002. Effizienz als Schlüssel für die wirtschaftliche Milchproduktion. Agrarforschung 9, 404–409.

Van Soest P.J., Robertson J.P. und Lewis B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74, 3583–3597.

VDLUFA (Verband deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten), 1976 inkl. Ergänzungsblätter 1983, 1988, 1993, 1997, 2004, 2006, 2007, 2012. Methodenbuch BAND III – Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

Veerkamp R.F., 1998. Selection for economic efficiency of dairy cattle using information on lieve weight and feed intake: A review. J. Dairy Sci. 81, 1109–1119.

Veerkamp R.F. und Brotherstone S., 1997. Genetic correlations between linear type traits, food intake, body weight and body condition score in Holstein Friesian dairy cattle. Animal Sci. 64, 385–392.

Veerkamp R.F., Oldenbroek J.K, Van Der Gaast H.J. und Van Der Werf J.H.J., 2000. Genetic correlation between days until start of luteal activity and milk yield, energy balance, and liveweights. J. Dairy Sci. 83, 577–583.

Volden H., Nielsen N.I., Åkerlind M., Larsen M., Havrevoll Ø., Rygh A.J., 2011. Prediction of voluntary feed intake. In: H. Volden (Ed.), The Nordic Feed Evaluation System. EAAP Publication No. 130. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, 113–126.

Walsh S., Buckley F., Berry D.P., Rath M., Pierce K., Byrne N. und Dillon P., 2007. Effects of breed, feeding system, and parity on Udder Health and milking characteristics. J. Dairy Sci. 90, 5767–5779.

Yan T., Mayne C.S., Keady T.W.J. und Agnew R.E. 2006. Effects of dairy cow genotype with two planes of nutrition on energy partitioning between milk and body tissue. J. Dairy Sci. 89, 1031–1041.

Yan T., Mayne C.S., Patterson D.C. und Agnew R.E., 2009. Prediction of body weight and empty body composition using body size measurements in lactating dairy cows. Livest. Sci. 124, 233–241.

Zom R.L.G., Andre G., Van Vuuren A.M., 2012a. Development of a model for the prediction of feed intake by dairy cows: 1. Prediction of feed intake. Livest. Sci. 143, 43–57.

Zom R.L.G., Andre G., Van Vuuren A.M., 2012b. Development of a model for the prediction of feed intake by dairy cows: 2. Evaluation of prediction accuracy. Livest. Sci. 143, 58–69.

ZuchtData, 2016: Jahresbericht 2015. ZuchData- EDV-Dienstleistungen GmbH, Wien, 80 S.

7.9 Publikationen

Gruber L., Ledinek M. und Steininger F., 2014. "Efficient Cow" Auf der Suche nach der idealen Kuh. Der fortschrittliche Landwirt 8, 18–20.

Gruber L. und Stegfellner M., 2015. Effizienz bei Milchkühen – Einfluss von Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2015, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, 23–40.

Ledinek M., 2014. Futteraufnahme, Milchleistung, Energiebilanz, Lebendmasse und Körpermaße von Milchkühen im Laufe der Laktation sowie Zusammenhänge zwischen diesen Parametern. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

Ledinek M. und Gruber L., 2014. Erhebungen von Körpermaßen und BCS im Laktationsverlauf und ihre Beziehungen zu Lebendmasse und Energiebilanz. In: 41. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2014, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, 31–44.

Ledinek M. und Gruber L., 2014. Interrelationships between body weight, body measurements, BCS and energy balance of dairy cows. In: Proceedings of the 65th Annual

Meeting of the European Association for Animal Production: 25.-29.08.2014, Copenhagen, Denmark, 128.

Ledinek M. und Gruber L., 2015. Körpermaße und BCS im Laufe der Laktation und ihre Beziehungen zu Lebendmasse und Energiebilanz. Züchtungskunde 87, 181–200.

Stegfellner M., 2014. Zusammenhänge zwischen Körpermaßen, Körperkondition, Lebendmasse und Milchleistung bei Milchkühen verschiedener Rassen und Laktationsstadien. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

Die neuartige methodische Vorgangsweise zur Verknüpfung der Fütterungsinformationen mit der Futteraufnahmeschätzung unter der Berücksichtigung von Fütterungssystemen und Rationsgestaltungen wurde bereits in einem Fachvortrag und -artikel aufbereitet.

Ledinek M., Gruber L., Steininger F., Fürst-Waltl B., Zottl K., Royer M., Krimberger K., Mayerhofer M. und Egger-Danner C., 2016. Efficient Cow – Estimation of feed intake for efficiency traits using on-farm recorded data. 24th International Symposium Animal Science Days, Sept. 21-23, Ptuj, Acta Agriculturae Slovenica, Supplement 5, 71–75.

8 Arbeitspaket 4: Schätzung der genetischen Parameter für Effizienzmerkmale und die genetischen Zusammenhänge zu den Merkmalen im GZW und Exterieur/lineare Beschreibung

8.1 Ziele und geplante Maßnahmen

Um Effizienzparameter in der Zucht zu etablieren, müssen diese in der Selektion berücksichtigt werden können. Dazu ist es notwendig, für alle in Frage kommenden Merkmale Schätzmodelle zu entwickeln, sowie Heritabilitäten und genetische Korrelationen zu anderen Merkmalen (sowohl Effizienzparameter als auch andere Leistungs- und funktionale Merkmale) zu schätzen. Darauf aufbauend können gegebenenfalls die am besten geeigneten Merkmale gewählt und in der Routinezuchtwertschätzung berücksichtigt werden.

Ziel dieses Arbeitspaketes war daher die Schätzung von genetischen Parametern für die im Zuge des Efficient Cow Projektes erhobenen Effizienzmerkmale für die Rassen Fleckvieh, Braunvieh und Holstein. Ausgehend von einem umfangreichen Literaturstudium wurden entsprechende Effizienz-Merkmale definiert und innerhalb dieser Heritabilitäten und genetische Korrelationen geschätzt. Um auch der Produktionseffizienz Rechnung zu tragen, wurden zusätzlich genetische Parameter für Gesundheitsmerkmale (siehe Abschnitt 9) sowie Korrelationen zu Merkmalen im Gesamtzuchtwert geschätzt bzw. abgeleitet.

8.2 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Ziel dieses Arbeitspaketes war die Schätzung von genetischen Parametern für die Lebendmasse und weitere ausgewählte (im Zuge des Efficient Cow Projektes erhobene) Effizienzmerkmale für die Rassen Fleckvieh, Braunvieh und Holstein. Eine wichtige Fragestellung war weiters, ob mit den im Projekt erhobenen Daten für Lebendmasse in Kombination mit vorliegenden Maßen aus der routinemäßigen linearen Exterieurbeschreibung eine Routine-Zuchtwertschätzung entwickelt werden kann. Dazu wurden die genetischen Parameter für die zur Verfügung stehenden Merkmale geschätzt und erste ZWS-Testläufe durchgeführt.

Als Effizienzparameter wurden neben energiekorrigierter Milch (ECM), Lebendmasse (LM), Trockenmasseaufnahme (DMI) und Energieaufnahme (INEL) die Effizienzparameter ECM_LM^{0,75}, DMI_LM^{0,75}, ECM_DMI, und LE_INEL (mit der Milch abgegebene Energie MJ LE/ gesamte Energieaufnahme MJ INEL) berücksichtigt. Beim Fleckvieh lagen die Heritabilitäten der Effizienzmerkmale zwischen 0,11 für LE_INEL und 0,43 für die Lebendmasse, ähnliche Ergebnisse wurden für Braunvieh und Holstein gefunden. Schwach negative genetische Korrelationen von -0,15 bis -0,27 wurden zwischen der Milchleistung (ECM) und der Lebendmasse, mittlere bis starke genetische Korrelationen zwischen der Milchleistung und den anderen Effizienzmerkmalen geschätzt. DMI und INEL stellen mit einer genetischen Korrelation von nahezu 1 mehr oder weniger dasselbe Merkmal dar. Die drei Effizienzmerkmale ECM_LM^{0,75}, ECM_DMI und LE_INEL waren ebenfalls stark korreliert mit Schätzwerten über 0,90. Die Ergebnisse zeigen, dass DMI, INEL und die Lebendmasse für

Monitoringzwecke wertvolle zusätzliche Informationen liefern können. Eine Selektion nach Verhältnismerkmalen wie ECM_DMI und LE_INEL ist aber mit Vorsicht zu betrachten.

Da die Lebendmasse in der Regel nicht routinemäßig vorliegt, sollten weiters genetische Beziehungen zwischen Lebendmasse und Körpermaßen geschätzt werden. Die höchsten genetischen Korrelationen zur Lebendmasse zeigen die Merkmale Brust- und Bauchumfang, aber auch die weiteren Körpermaße zeigen deutliche positive genetische Zusammenhänge. Bei der Rasse Holstein weist das Merkmal Milchcharakter, bei dem die Schärfe im Widerrist bewertet wird, erwartungsgemäß einen negativen Zusammenhang auf. In darauf aufbauenden ZWS-Testläufen für die Lebendmasse konnte für Fleckvieh und Braunvieh ein stabiler genetischer Trend beobachtet werden. Durch die relativ hohen Heritabilitäten und die hohen genetischen Korrelationen der Körpermaße zur Lebendmasse sind überwiegend hohe Sicherheiten zu erzielen. Durch die zusätzliche Verwendung der Versteigerungsdaten konnten die Sicherheiten im Schnitt um 1,8% gesteigert werden. Um zu überprüfen, wie wichtig direkte Gewichtsdaten der Kühe sind, um zuverlässige Lebendmasse-Zuchtwerte zu schätzen, wurden mehrere Testläufe mit unterschiedlichen Daten durchgeführt. Bei ausschließlicher Verwendung der Körpermaße ist die durchschnittliche Sicherheit der KB-Stiere um ca. 11 (Fleckvieh) bzw. 15% (Braunvieh) niedriger als mit dem vollständigen Datensatz inklusive der Lebendgewichte. Wenn man die Bemuskelung dazu nimmt, ist der Sicherheitsverlust nur mehr etwa 8%, bei zusätzlicher Verwendung des Brustumfangs nur mehr maximal 4 Prozentpunkte. Die ZW-Korrelationen zeigen, dass man mit den routinemäßig vorliegenden Maßen aus der linearen Beschreibung und der Bemuskelung zumindest mit einer Korrelation deutlich über 0,80 rechnen kann. Während Daten der linearen Beschreibung wertvolle Hilfsmerkmale in einer ZWS Lebendmasse darstellen, sind sie jedoch zur Schätzung der Lebendmasse für Managementzwecke nicht ausreichend.

Die ZW-Korrelationen zeigen, dass Lebendmasse und Gesamtzuchtwert (GZW) praktisch unkorreliert sind. Bei Selektion nach dem aktuellen GZW sind daher keine nennenswerten Veränderungen der Lebendgewichte zu erwarten. Der Zusammenhang zu den Milchmerkmalen ist nahe Null mit negativer Tendenz zu den Mengenmerkmalen beim Fleckvieh. Erwartungsgemäß merklich positiv ist der Zusammenhang zu Nettozunahme und Handelsklasse. Zur Fitness besteht tendenziell ein negativer Zusammenhang, speziell zur Nutzungsdauer, zum paternalen Kalbeverlauf, aber auch zu Persistenz und Vitalität.

8.3 Definition und Schätzung genetischer Parameter für Effizienzmerkmale

Laut FAO (2009) wird die Weltbevölkerung bis 2050 auf 9 Milliarden Menschen anwachsen und daraus resultierend wird ein Anstieg des Nahrungsmittelbedarfs um 70 % zu erwarten sein. Durch diese demografische Entwicklung wird der Bedarf an Milchprodukten ebenfalls eine rasante Steigerung erfahren, wodurch eine Ausweitung der Produktion unabdingbar sein wird. Um eine Produktionssteigerung zu erzielen, sind entsprechende Ressourcen notwendig, allen vorangestellt landwirtschaftlich nutzbare Flächen. Diese Flächen sind aber nur im begrenzten Umfang vorhanden, wodurch die Milchproduktion in Konkurrenz tritt mit der Erzeugung von für den direkten menschlichen Verzehr geeigneten Lebensmitteln.

Ebenso wird verstärkt landwirtschaftliche Nutzfläche für die Erzeugung von Bioenergie verwendet. In Zukunft wird daher auf Grund verstärkter Nachfrage mit limitiertem Angebot ein hohes Preisniveau für Kraftfutter zu erwarten sein. Diese Situation wird von den Landwirten einen noch gezielteren Einsatz von Futtermitteln erfordern, da ca. 50 % der Direktkosten am Betrieb den Futterkosten zuzurechnen sind und daher ein entscheidender Faktor für die Wirtschaftlichkeit eines Betriebes sind (Kirner, 2006; de Haas et al., 2014).

Unter solchen ressourcenlimitierenden Produktionsbedingungen gewinnen standortangepasste Produktionssysteme an Konkurrenzkraft und werden Kennzahlen, die sich auf die Effizienz der Produktion beziehen, immer bedeutender. Die bisherige Bewertung der Effizienz der Milchproduktion basierend auf der Jahresmilchleistung pro Kuh greift aber für zukünftige Bedingungen zu kurz, da die Abhängigkeit der Effizienz zu Lebendmasse, Dauer der Laktation und die verschiedenen Produktionssysteme nicht berücksichtigt werden (Thomet und Steiger Burgos, 2007). Unter zukünftigen Produktionsbedingungen wird daher im Vordergrund stehen, wie viel Milch aus einer Futtereinheit zu erzielen ist und nicht wie bisher die Leistung pro Tier (VandeHaar, 2014). Dies führte auch weltweit zu verstärkten Überlegungen den Parameter Futtereffizienz in Zuchtprogramme aufzunehmen (z.B. Manzanilla-Pech et al., 2014, 2016; Pryce et al., 2015). Schon in den vergangenen Jahren rückten Merkmale, die nicht eine direkte Erhöhung der Leistung, sondern eine Verminderung der Kosten bewirken, sog. funktionale Merkmale, in den Vordergrund. Weltweit wurden beispielsweise Nutzungsdauer, Gesundheit und Reproduktion in Zuchtprogrammen verschiedener Rinderrassen berücksichtigt (z.B. Miglior et al., 2005).

Die Einbeziehung der Futtereffizienz in die Züchtung wird allerdings dadurch erschwert, dass es sich um ein multifaktorielles Merkmal handelt, das sich aus verschiedenen Parametern zusammensetzt und beeinflusst wird. Dies führte dazu, dass sich in der Literatur mehrere Definitionen finden, um dieses Merkmal zu charakterisieren (Hurley et al. 2014). Laut Berry und Crowly (2013) können Effizienzparameter als Verhältnisse von Merkmalen zueinander (z.B. kg Milch/kg Trockenmasse, kg Milch/kg LM, kg Trockenmasse/kg LM) oder als Regressions- und Residualmerkmale (z.B. Residualfutteraufnahme, Residual-Fett-Eiweiß-Produktion) ausgedrückt werden. Eine Darstellung der gängigsten Definitionen der Futtereffizienz für ausgewachsene bzw. laktierende Tiere findet sich in Anlehnung an Berry und Pryce (2014) in Tabelle 8.3.1. Durch die einfache Berechnung und Erklärung wird für eine Aussage zur Futtereffizienz traditionell die Futterkonvertierungseffizienz (FCE) herangezogen. Bei dieser Form der Berechnung kommt es aber zu keiner Berücksichtigung der Mobilisierung von Körpergewebe zum Ausgleich eines Energiedefizites gerade zu Beginn der Laktation (Roche et al., 2009). Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, wurde die Formel um die Veränderung der Lebendmasse erweitert, damit ein aussagekräftiger Wert für die Futtereffizienz erzielt werden kann. Derzeit kommt es jedoch zu einer Ablöse dieser Berechnungsmethode durch den verstärkten Einsatz der Residualfutteraufnahme (RFI), da in diese, wie in Tabelle 8.3.1 ersichtlich, mehrere Merkmale in die Berechnung einfließen und somit die Aussagekraft der errechneten Futtereffizienz deutlich erhöht wird. Zur Durchführung der Berechnung der RFI ist allerdings eine genaue Erhebung der täglichen

Futteraufnahme erforderlich, was in der Praxis nicht nur schwierig sondern auch kostspielig ist.

Durch die Einführung der genomischen Zuchtwertschätzung eröffneten sich neue Möglichkeiten und mittels länderübergreifender Projekte konnten aussagekräftige Daten zur Futteraufnahme der Rasse Holstein zusammengeführt werden, um genetische Parameter und (genomische) Zuchtwerte für die Merkmale Trockenmasse-Aufnahme und RFI zu schätzen (Berry et al., 2014; Weigel et al. 2014). Bei Kombination von Pedigree und genomischer Verwandtschaftsmatrix lagen die Heritabilitäten für laktierende Kühe in der Arbeit von Berry et al. (2014) zwischen 0,11 in Kanada und 0,58 in Iowa. Die genetischen Korrelationen variierten allerdings stark in Abhängigkeit des Produktionssystems sowohl innerhalb als auch zwischen Ländern. In Nord-Amerika betrug die genetische Korrelation zwischen High-Input und weidebasierten Systemen beispielsweise nur 0,14, was auf Genotyp-Umwelt-Interaktion hinweisen kann.

Tabelle 8.3.1 Verschiedene gängige Effizienzmerkmale nach Berry und Pryce (2014)

Bezeichnung	**Definition**
Futterkonvertierungseffizienz (FCE)	FCE = ECM kg / kg IT
	$FCE_{Adj} = (ECM\ kg + b_{1a}\ \Delta LM^{+}) / (IT - b_{1b}\ \Delta LM^{-})$
Teileffizienz Milchproduktion (PEMP)	$PEMP = ECM\ kg / (kg\ IT - b1LM^{0,75})$
Kleiber Relation (KR)	$KR = ECM\ kg / kg\ LM^{0,75}$
	$KR = (ECM\ kg + b_{1a}\ \Delta LM+) / kg\ LM^{0,75}$
Residualfutteraufnahme (RFI)	$RFI = IT - LZ \times \Sigma LT + b_1LM0{,}75 + b_2ECM + b_3(\Delta)BCS + b_4\Delta LM + b_5LM^{0,75} \times BCS + b_6\Delta LM \times \Delta BCS)$
Residual-Fett-Eiweiß-Produktion (RSP)	$RSP = ECM - (LZ \times \Sigma LT + b_1LM^{0,75} + b_2IT + b_3(\Delta)BCS + b_4\Delta LM + b_5LM^{0,75} \times BCS + b_6\Delta LM \times \Delta BCS)$

ECM=Energie korrigierte Milch, LM=Lebendmasse, IT=Trockenmasse-Aufnahme, ΔLM=Lebendasse-Veränderung, BCS = Body Condition Score, ΔBCS = BCS Zu- bzw. Abnahme, $LM^{0,75}$ = metabolische Körpermasse

Berry und Crowly (2013) kamen in ihrer Übersichtsstudie über genetische Parameter zur Futtereffizienz zu der Ansicht, dass ein hohes Ausmaß der genetischen Variation der Futteraufnahme durch die Hereinnahme der Lebendmasse, Wachstumsrate, Milchertrag, BCS und lineare Merkmale wie Körpergröße und Muskelentwicklung erklärt werden kann. Eine Übersicht über die in dieser Metaanalyse angeführten Heritabilitäten wird in Tabelle 8.3.2 gegeben.

Tabelle 8.3.2 Heritabilitäten ausgewählter Parameter (nach Berry und Crowly, 2013)

LM	IT	RFI	FCE	Rasse	Autoren
		0.05 - 0.38		HF	Lopez-Villalobos et al. (2008)
		0.16		HF	Ngwerume and Mao (1992)
0.43 - 0.72	0.18 - 0.63		0.32	HF	Spurlock et al. (2012)
0.65	0.04			NR	Svendsen et al. (1993)
0.65	0.00			NR	Svendsen et al. (1993)
0.71	0.38			HF	Veerkamp et al. (1995)
0.59	0.16	0.01	0.14	HF	Vallimont et al. (2011)

LM=Lebendmasse, IT=Trockenmasse-Aufnahme, RFI = Residualfutteraufnahme, FCE = Futterkonvertierungseffizienz, HF = Holstein Friesian, NR = Norwegische Rote

Im vorliegenden Projekt wurden die Daten auf Praxisbetrieben erhoben. Dabei wurden zwar viele Daten bezüglich Fütterung aufgezeichnet, eine exakte Erfassung der täglichen Futteraufnahme ist aber aus baulichen, arbeitstechnischen und Kostengründen auf den Betrieben nicht erfolgt. Bei ca. 50% der Betriebe konnten die Kraftfutterzuweisungen pro Tier erfasst werden, bei TMR und AGR-Rationen war das nicht möglich. Mit den erhobenen Daten wurde die Schätzung der Futteraufnahme basierend auf der Futteraufnahmeschätzformel 1 von Gruber et al. (2004) durchgeführt (siehe Kapitel 7.4.3) und für die Berechnung der Futtereffizienz herangezogen. Da ausschließlich geschätzte Werte für die Futteraufnahme zur Verfügung stehen, kann eine Berechnung der Futtereffizienz auf Basis von Residualmerkmalen wie RFI und RSP nicht durchgeführt werden. Für die Projektbetriebsdaten wurden, wie schon in Kapitel 7 erwähnt, nur jene einfachen Effizienzparameter ausgesucht, welche ein Verhältnis von Produkt (Output) zum Aufwand (Input) bilden.

8.3.1 Definition der Effizienzparameter

Lebendmasse, Futter- und Energieeffizienz

Die Namen der Effizienzmerkmale setzen sich aus Zähler_Nenner zusammen, um die Parameter nachvollziehbar zu machen. Im Zähler steht der Output (Produkt wie Milch, ECM, Milchinhaltsstoffe) und im Nenner der Input (Futter, Nährstoffe, … bzw. die Lebendmasse).

Folgende Effizienzparameter wurden neben ECM, LM, DMI und INEL (Energieaufnahme) für die Schätzung genetischer Parameter berücksichtigt (für die genaue Definition dieser und weiterer Effizienzparameter siehe Kapitel 7.3):

ECM_LM^{0,75}: Verhältnis der Menge an energiekorrigierter Milch zur metabolischen Lebendmasse des Tieres.

DMI_LM^{0,75}: Beschreibt die Gesamtfutteraufnahme (DMI) pro kg metabolischer Lebendmasse und ist kein Effizienzparameter im engeren Sinn, beschreibt jedoch die Futteraufnahmekapazität.

ECM_DMI: Die energiekorrigierte Milch wird auf die Gesamtfutteraufnahme (DMI) bezogen und zeigt, wie viel Milch die Kuh pro aufgenommenen kg Trockenmasse produziert.

LE_INEL: Die mit der Milch abgegebene Energie wird auf die gesamte Energieaufnahme bezogen (MJ LE/MJ INEL). Dieser Effizienzparameter ist universell zu sehen, weil er den Energieoutput dem gesamten Energieinput gegenüberstellt und alle Milchinhaltsstoffe entsprechend ihres Energiegehaltes berücksichtigt sind.

Produktionseffizienz

Huber (2016) definiert in seiner Masterarbeit den Produktionseffizienzparameter **ECM$_{erw}$_LM^{0,75}Tag**. ECM$_{erw}$ stellt die gesamte erbrachte ECM Leistung einer Laktation bzw. die ermolkene ECM bis Abgang dar, erweitert um Zu- und Abschläge. Diese Zu- und Abschläge ergeben sich aus Zuschlägen für lebendgeborene und nicht innerhalb von 48 h post partum verendete Kälber und Abschlägen für die Behandlungskosten sowie der entgangenen ECM bei Krankheiten in der Laktation. Diese Zu- und Abschläge wurden in kg ECM umgerechnet. LM^{0,75} ist die mittlere errechnete metabolische Lebendmasse über 305 Tage, Tag repräsentiert die Anzahl der Tage zwischen zwei aufeinanderfolgenden Abkalbungen, also die Zwischenkalbezeit.

Auf Basis dieses Effizienzparameters, ECM$_{erw}$_LM^{0,75}Tag, wurden die Tiere rassenspezifisch auf Grund der 15 und 85% Quantile in hoch, mittel und niedrig (H, M, N) eingeteilt. Tiere mit hoher Produktionseffizienz (Effizienzgruppe H) wiesen bei allen drei Rassen eine höhere Laktationsleistung und geringere Lebendmasse auf als weniger effiziente Kühe (Gruppen M und N). Braunvieh-Kühe unterschiedlicher Effizienzgruppen unterschieden sich hinsichtlich der Lebendmasse jedoch nicht signifikant; bei Holstein waren nur Tiere der Klasse N signifikant schwerer. Tiere der Effizienzgruppe H wiesen außerdem kürzere Zwischenkalbezeiten auf. Diese Ergebnisse waren zu erwarten, da ECM im Zähler und Lebendmasse bzw. Tage Zwischenkalbezeit im Nenner dieses Effizienzparameters berücksichtigt wurden. Hinsichtlich Lebendmasse- bzw. BCS-Veränderung zu Laktationsbeginn unterschieden sich die Effizienzgruppen kaum; hinsichtlich der Krankheiten wiesen Tiere der Effizienzklasse N einen höheren Anteil an Krankheiten auf, die Unterschiede waren allerdings nur in wenigen Fällen signifikant.

Mit Hilfe dieses Produktionseffizienzparameters sollte berücksichtigt werden, dass Krankheiten, lange Zwischenkalbezeiten oder Kälberverluste Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit haben können. Es zeigte sich allerdings, dass diese Zu- und Abschläge zur Laktationsleistung beim Großteil der Kühe nur zu relativ geringen Korrekturen an der ECM-Laktationsleistung führen. Zu berücksichtigen ist in diesem Zusammenhang, dass nur ein Jahr der Datenerhebung zur Verfügung stand und daher nicht die Produktionseffizienz über das gesamte Leben einer Kuh in die berechnet werden konnte.

In züchterischer Hinsicht wird die Produktionseffizienz über den Gesamtzuchtwert abgebildet, in den sowohl Leistung als auch funktionale Merkmale eingehen. Einige funktionale Merkmale (im Bereich Klauen oder Stoffwechsel, BCS bzw. BCS-Veränderung), die Lebendmasse bzw. Lebendmasseveränderung aber auch die Fleischleistung der Kühe werden derzeit im Gesamtzuchtwert nicht oder nur indirekt (z.B. über die Nutzungsdauer) berücksichtigt. Inwieweit ein Teil dieser Merkmale geeignete Hilfs- oder Indexmerkmale sein könnten, wird in den folgenden Abschnitten von Kapitel 8 aber auch in den Kapiteln 9 und 10 dargestellt.

8.3.2 Schätzung genetischer Parameter für Effizienzmerkmale

Datengrundlage

Für die Erstellung des Parameterschätzdatensatzes wurden die Tiere der Efficient Cow Betriebe und der Rassen Fleckvieh, Braunvieh und Holstein jeweils nach folgenden Kriterien selektiert:

- Fremdgenanteil ≤ 25%
- 5 bis 365 Tage in Milch

In Tabelle 8.3.3 sind die arithmetischen Mittelwerte, die Standardabweichungen sowie Minimum und Maximum der analysierten Effizienzmerkmale für alle Rassen dargestellt.

Modell

Die Schätzung der genetischen Parameter wurde anhand von bivariaten Tiermodellen durchgeführt. Die Parameterschätzung erfolgte mittels AI-REML mit der Software DMU (Madsen und Jensen, 2008).

Das Modell beinhaltete die folgenden Effekte:

- Fixe Effekte:
  - Betrieb
  - Kalbejahr*Kalbesaison
  - Kalbealtersklassen innerhalb Laktation (1,2,3+)
  - Laktationsabschnitt (Monatsintervalle) innerhalb Laktation
  - Trächtigkeitsmonat innerhalb Laktation
- Zufällige Effekte:
  - Tier (genetische Effekt)
  - Permanente Umwelt
  - Herdentesttag

Tabelle 8.3.3 Anzahl Beobachtungen, Mittelwert, Standardabweichung (STD), Minimum und Maximum für die Effizienzmerkmale für die Rassen Fleckvieh, Braunvieh und Holstein

Merkmal	Anzahl Beobachtungen	Mittelwert	STD	Minimum	Maximum
Fleckvieh					
ECM	21.643	27,48	8,12	2,08	79,55
LM	21.643	731,25	85,18	438	1.088
DMI	21.643	19,39	2,63	10,63	30,73
INEL	21.643	127,76	21,48	60,83	210,18
ECM_LM^{0,75}	21.643	0,20	0,06	0,01	0,50
ECM_DMI	21.643	1,40	0,29	0,12	2,83
LE_INEL	21.643	0,68	0,14	0,05	1,44
DMI_LM^{0,75}	21.643	0,14	0,02	0,09	0,21
Braunvieh					
ECM	9.807	26,60	8,18	3,55	86,47
LM	9.807	651,99	75,46	417	1009
DMI	9.807	18,93	2,62	11,65	29,16
INEL	9.807	124,13	21,24	66,87	207,78
ECM_LM^{0,75}	9.807	0,21	0,06	0,02	0,64
ECM_DMI	9.807	1,39	0,30	0,24	3,37
LE_INEL	9.807	0,68	0,15	0,12	1,59
DMI_LM^{0,75}	9.807	0,15	0,02	0,10	0,22
Holstein					
ECM	7.319	31,77	9,30	3,48	86,14
LM	7.319	662,83	77,42	400	947
DMI	7.319	20,89	3,02	12,54	34,06
INEL	7.319	140,21	24,11	72,16	245,00
ECM_LM^{0,75}	7.319	0,24	0,07	0,02	0,65
ECM_DMI	7.319	1,50	0,31	0,21	3,34
LE_INEL	7.319	0,72	0,15	0,10	1,62
DMI_LM^{0,75}	7.319	0,16	0,02	0,10	0,25

ECM=Energie korrigierte Milch in kg, LM=Lebendmasse in kg, DMI = Trockenmasseaufnahme in kg, INEL = aufgenommene Energie in MJ, LE = über Milch abgegebene Energie in MJ

Ergebnisse und Diskussion

In Tabellen 8.3.4 bis 8.3.6 sind die Heritabilitäten sowie genetische und phänotypische Korrelationen zwischen allen Effizienzmerkmalen für die Rassen Fleckvieh, Braunvieh und Holstein dargestellt. Alle Heritabiltäten weisen relativ kleine Standardfehler auf und sind signifikant von 0 verschieden.

Beim Fleckvieh lagen die Heritabilitäten der Effizienzmerkmale zwischen 0,11 für LE_INEL und 0,43 für die Lebendmasse. Für die Rassen Braunvieh und Holstein wurden ähnliche Ergebnisse gefunden. Manzanilla Pech et al. (2014) schätzten für holländische erstlaktierende Holstein Friesen-Kühe ähnliche Heritabilitäten für DMI (h^2 = 0,46) aber deutlich höhere Schätzwerte für Fett- und Eiweißkorrigierte Milch (4% Fett, 3,3% Eiweiß; h^2 = 0,46) und Lebendmasse (h^2 = 0,38) über die gesamte Laktation auf Basis eines Random-Regression-Testtagsmodells. Für einzelne Testtage lagen die Heritabilitäten zwischen 0,21 und 0,40 für DMI bzw. 0,22 und 0,43 für Fett- und Eiweißkorrigierte Milch. Für beide Merkmale wurden die niedrigsten Heritabilitäten am Beginn der Laktation beobachtet. Im Gegensatz dazu sank die Heritabilität für LM im ersten Laktationsdrittel von h^2 = 0,38 auf h^2 = 0,16 ab um dann wieder auf h^2 = 0,60 anzusteigen. In einer weiteren Studie an holländischen und amerikanischen Holstein Kühen (Manzanilla Pech et al., 2016) wurden auch die Merkmale Residualfutteraufnahme (h^2 = 0,22-0,25) und der Milchenergieoutput in Megakalorien (h^2 = 0,18-0,26) untersucht. Auch die Heritabilitäten für Milchenergieoutput liegen über jenen für INEL geschätzt für die drei österreichischen Rassen.

Eine schwach negative genetische Korrelation von -0,22 wurde zwischen der Milchleistung (ECM) und der Lebendmasse geschätzt. Manzanilla Pech et al. (2016) und de Jong et al. (2016) berichten von einer genetischen Korrelation knapp über 0, Spurlock et al. (2012) von deutlich höheren Korrelationen innerhalb der Laktationsmonate 1 bis 5. Letztere Autoren untersuchten aber einen verhältnismäßig kleinen Datensatz von nur etwas mehr als 400 Tieren und dementsprechend wiesen die Schätzer deutlich höhere Standardfehler als in der vorliegenden Arbeit auf.

Mittlere bis starke genetische Korrelationen zwischen 0,67 bis 0,89 wurden zwischen der Milchleistung und den anderen Effizienzmerkmalen gefunden. Eine genetische Korrelation von nahezu 1 wurde zwischen Trockenmasseaufnahme (DMI) und Gesamtenergieaufnahme (INEL) berechnet. Die drei Effizienzmerkmale ECM_$LM^{0,75}$, ECM_DMI und LE_INEL waren ebenfalls stark korreliert mit Schätzwerten zwischen 0,96 und 0,99. Für die Rassen Braunvieh und Holstein wurden ähnliche Ergebnisse gefunden.

Effizienzmerkmale wie ECM_DMI und LE_INEL, in denen Output und Input gegenübergestellt werden sind hinsichtlich der Verwendung als alleinige Effizienz-Selektionsmerkmale vorsichtig zu betrachten (Connor et al., 2012). Abgesehen davon, dass Selektion nach einem Verhältnis von zwei Merkmalen zu unerwarteten Ergebnissen führen kann (z.B. Gunsett, 1984), ist vor allem hinsichtlich der oben angemerkten Merkmale zu beachten, dass bei Selektion nach höherer Milchmenge oder Milchenergie der nötige Energiebedarf möglicherweise nicht mehr über die Futteraufnahme gedeckt werden kann. In Folge dessen kann es zu Mobilisation und unerwünschten Auswirkungen auf Körperkondition,

Stoffwechsel oder Fruchtbarkeit kommen (z.B. Vallimont et al., 2011; Spurlock et al., 2012). Durch die starke genetische Korrelation zur Milch (auch in dieser Arbeit um 0,90 für alle Rassen) ist außerdem davon auszugehen, dass ein hoher korrelierter Zuchtfortschritt erreichbar ist (Spurlock et al., 2012). Gleichzeitig sollte der leicht negative genetische Zusammenhang zwischen Lebendmasse und ECM einem unerwünschten Anstieg der Lebendmasse entgegenwirken. Bei Selektion auf eines der vier untersuchten Effizienzmerkmale wäre auf Grund der genetischen Korrelationen von einem negativen Selektionserfolg für die Lebendmasse auszugehen. Würde man die Lebendmasse im Gesamtzuchtwert noch zusätzlich negativ gewichten, könnte der genetische Trend in Richtung niedrigere Lebendmasse möglicherweise unerwünscht stark sein. Wie in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben, liegen alle drei untersuchten Rassen derzeit hinsichtlich der Nährstoffeffizienz (noch) im Optimalbereich. Die Ergebnisse zeigen aber auch, dass DMI, INEL und die Lebendmasse für Monitoringzwecke wertvolle zusätzliche Informationen liefern können und daher zumindest die Lebendmasse in der Zuchtwertschätzung berücksichtigt werden sollte. Von wesentlicher Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die Beziehung zwischen Effizienz- und Gesundheitsmerkmalen, auf die in Kapitel 9 noch detailliert eingegangen wird.

Tabelle 8.3.4 Heritabilitäten (auf der Diagonale; Standardfehler in Klammer), genetische Korrelationen (oberhalb der Diagonale; Standardfehler in Klammer) und phänotypische Korrelationen (unter der Diagonalen) zwischen den Effizienzmerkmalen der Rasse Fleckvieh

	ECM	**LM**	**DMI**	**INEL**	**ECM_LM^{0,75}**	**ECM_DMI**	**LE_INEL**	**DMI_LM^{0,75}**
ECM	**0,13 (0,02)**	-0,22 (0,10)	0,66 (0,06)	0,72 (0,06)	0,88 (0,02)	0,89 (0,02)	0,89 (0,03)	0,77 (0,05)
LM	0,11	**0,43 (0,05)**	0,50 (0,07)	0,40 (0,08)	-0,66 (0,06)	-0,57 (0,08)	-0,56 (0,08)	-0,69 (0,05)
DMI	0,81	0,44	**0,18 (0,03)**	0,997 (0,01)	0,27 (0,10)	0,24 (0,10)	0,23 (0,11)	0,29 (0,09)
INEL	0,78	0,36	0,98	**0,13 (0,02)**	0,37 (0,10)	0,33 (0,10)	0,32 (0,11)	0,39 (0,09)
ECM_LM^{0,75}	0,96	-0,17	0,67	0,67	**0,18 (0,03)**	0,97 (0,01)	0,96 (0,01)	0,92 (0,02)
ECM_DMI	0,91	-0,14	0,51	0,49	0,94	**0,13 (0,02)**	0,99 (0,01)	0,80 (0,04)
LE_INEL	0,83	-0,15	0,38	0,32	0,87	0,97	**0,11 (0,02)**	0,78 (0,05)
DMI_LM^{0,75}	0,80	-0,20	0,78	0,82	0,85	0,64	0,51	**0,23 (0,03)**

ECM=Energie korrigierte Milch in kg, LM=Lebensmasse in kg, DMI = Trockenmasseaufnahme in kg, INEL = aufgenommene Energie in MJ, LE = über Milch abgegebene Energie in MJ

Tabelle 8.3.5 Heritabilitäten (auf der Diagonale; Standardfehler in Klammer), genetische Korrelationen (oberhalb der Diagonale; Standardfehler in Klammer) und phänotypische Korrelationen (unter der Diagonalen) zwischen den Effizienzmerkmalen der Rasse Braunvieh

	ECM	**LM**	**DMI**	**INEL**	**ECM_LM^{0,75}**	**ECM_DMI**	**LE_INEL**	**DMI_LM^{0,75}**
ECM	**0,08 (0,03)**	-0,15 (0,19)	0,52 (0,15)	0,57 (0,15)	0,83 (0,06)	0,88 (0,04)	0,87 (0,05)	0,54 (0,14)
LM	0,19	**0,39 (0,07)**	0,64 (0,11)	0,55 (0,14)	-0,66 (0,12)	-0,54 (0,14)	-0,54 (0,15)	-0,78 (0,08)
DMI	0,79	0,53	**0,10 (0,03)**	0,99 (0,01)	0,04 (0,20)	0,06 (0,20)	0,03 (0,21)	-0,03 (0,21)
INEL	0,76	0,46	0,98	**0,07 (0,03)**	0,13 (0,20)	0,13 (0,21)	0,10 (0,21)	0,09 (0,20)
ECM_LM^{0,75}	0,96	-0,07	0,67	0,65	**0,13 (0,03)**	0,96 (0,02)	0,95 (0,02)	0,85 (0,05)
ECM_DMI	0,91	-0,07	0,48	0,45	0,94	**0,11 (0,03)**	0,99 (0,01)	0,67 (0,10)
LE_INEL	0,83	-0,10	0,36	0,30	0,88	0,98	**0,10 (0,03)**	0,65 (0,11)
DMI_LM^{0,75}	0,79	-0,09	0,79	0,81	0,83	0,61	0,48	**0,16 (0,04)**

ECM=Energie korrigierte Milch in kg, LM=Lebensmasse in kg, DMI = Trockenmasseaufnahme in kg, INEL = aufgenommene Energie in MJ, LE = über Milch abgegebene Energie in MJ

Tabelle 8.3.6 Heritabilitäten (auf der Diagonale; Standardfehler in Klammer), genetische Korrelationen (oberhalb der Diagonale; Standardfehler in Klammer) und phänotypische Korrelationen (unter der Diagonalen) zwischen den Effizienzmerkmalen der Rasse Holstein

	ECM	**LM**	**DMI**	**INEL**	**ECM_LM^{0,75}**	**ECM_DMI**	**LE_INEL**	**DMI_LM^{0,75}**
ECM	**0,11 (0,04)**	-0,27 (0,23)	0,60 (0,16)	0,65 (0,15)	0,90 (0,04)	0,94 (0,03)	0,93 (0,04	0,60 (0,13)
LM	0,16	**0,31 (0,07)**	0,21 (0,21)	0,15 (0,22)	-0,67 (0,14)	-0,46 (0,17)	-0,48 (0,17)	-0,80 (0,09)
DMI	0,79	0,45	**0,09 (0,04)**	n.k.	0,37 (0,19)	0,27 (0,22)	0,24 (0,22)	0,43 (0,17)
INEL	0,77	0,39	0,98	**0,07 (0,03)**	0,43 (0,18)	0,33 (0,21)	0,31 (0,21)	0,48 (0,16)
ECM_LM^{0,75}	0,96	-0,13	0,66	0,66	**0,18 (0,05)**	0,93 (0,02)	0,93 (0,03)	0,83 (0,05)
ECM_DMI	0,89	-0,10	0,44	0,42	0,92	**0,15 (0,04)**	0,99 (0,01)	0,57 (0,11)
LE_INEL	0,82	-0,10	0,34	0,29	0,86	0,98	**0,13 (0,04)**	0,57 (0,12)
DMI_LM^{0,75}	0,77	-0,16	0,81	0,83	0,82	0,54	0,43	**0,23 (0,05)**

n.k. = nicht konvergiert

ECM=Energie korrigierte Milch in kg, LM=Lebensmasse in kg, DMI = Trockenmasseaufnahme in kg, INEL = aufgenommene Energie in MJ, LE = über Milch abgegebene Energie in MJ

8.4 Schätzung genetischer Parameter für Lebendmasse und weitere Köpermaße

Ziel dieses Projektteils war die Schätzung von genetischen Parametern für die im Zuge des Projektes erhobenen Merkmale Lebendmasse, Bauchumfang, Brustumfang, Bemuskelung, BCS, Kreuzhöhe, Mittelhandlänge, Beckenlänge, Rumpftiefe, Hüftbreite, vordere Beckenbreite, hintere Beckenbreite, hintere Körperbreite und Rahmen.

8.4.1 Modellfindung und allgemeine Analysen

Daten

Für die Erstellung des Parameterschätzdatensatzes wurden die Tiere jeweils nach folgenden Kriterien selektiert:

-Fremdgenanteil ≤50%
-Tage in Milch ≤320
-mindestens drei Kühe/Betrieb
-Kalbejahr 2013 bis 2015

Der Datenbestand betrug damit für die Rasse Fleckvieh 33.347, für Braunvieh 13.665 und für Holstein 10.766 Datensätze (inklusive Tiere mit wiederholten Beobachtungen).

Außerdem wurden die erfassten Merkmale auf ihre Plausibilität überprüft. Bei zu starker Abweichung der erhoben Daten für jedes Tier wurden nicht plausible Werte auf fehlend gesetzt. In Tabelle 8.4.1 ist ein Überblick über die Datenmenge und –struktur zu finden.

Tabelle 8.4.1 Statistiken zu den analysierten Daten für Fleckvieh, Braunvieh und Holstein

	Fleckvieh	**Braunvieh**	**Holstein**
Datensätze	33.347	13.665	10.766
Kühe	3.512	1.385	1.187
Betriebe	114	57	70
Beurteiler	28	20	29

Die erhobenen Daten der linearen Beschreibung wurden für Fleckvieh und Braunvieh ebenfalls zur Schätzung von genetischen Parametern herangezogen. Es wurden Heritabilitäten, Wiederholbarkeiten sowie genetische Korrelationen zwischen den Merkmalen Lebendmasse und den anderen Körpermaßen geschätzt. Die Anzahl der Beurteiler betrug beim Fleckvieh 32 und beim Braunvieh 16. Insgesamt gab es drei Beurteilerjahre und 12 Beurteilermonate. Das Merkmal Bemuskelung 1 wurde mit einer anderen Skala beschrieben und wird für diese Analyse als eigenes Merkmal betrachtet.

In den Tabellen 8.4.2 bis 8.4.4 sind die arithmetischen Mittelwerte, die Standardabweichungen so wie Minimum und Maximum der erfassten Merkmale für Fleckvieh (Tabelle 8.4.2), Braunvieh (Tabelle 8.4.3) und Holstein (Tabelle 8.4.4) dargestellt.

Tabelle 8.4.2 Anzahl Beobachtungen, Mittelwert, Standardabweichung (STD), Minimum und Maximum für die Merkmale der Parameterschätzung für die Rasse Fleckvieh

Merkmal	Anzahl Beobachtungen	Mittelwert	STD	Minimum	Maximum
Lebendmasse	22.141	729	86	438	1088
Bauchumfang	22.294	258	13,8	192	310
Brustumfang	13.979	213	10,0	178	260
Bemuskelung	22.174	5,7	1,3	1	9
BCS	22.305	3,35	0,5	1	5
Kreuzhöhe	4.123	144,0	4,0	128	160
Mittelhandlänge	4.123	88,6	4,7	55	106
Beckenlänge	4.123	55,0	2,9	45	92
Rumpftiefe	4.123	83,5	4,2	53	99
Hüftbreite	830	56,3	3,4	47	85
Vordere Beckenbreite	3.293	56,7	3,2	35	69
Hintere Beckenbreite	3.273	40,0	4,1	23	59
Hintere Körperbreite	3.273	53,9	6,1	31	69
Rahmen	830	82,1	4,6	68	93
Bemuskelung 1	830	80,9	3,6	68	91

Tabelle 8.4.3 Anzahl Beobachtungen, Mittelwert, Standardabweichung (STD), Minimum und Maximum für die Merkmale der Parameterschätzung für die Rasse Braunvieh

Merkmal	Anzahl Beobachtungen	Mittelwert	STD	Minimum	Maximum
Lebendmasse	8.923	648	75,8	417	975
Bauchumfang	8.573	249	12	220	280
Brustumfang	7.656	204	9,0	175	230
Bemuskelung	8.746	4,5	1,3	1	9
BCS	8.745	3,18	0,5	1	5
Kreuzhöhe	2.067	147,3	4,2	130	162
Mittelhandlänge	1.673	93,3	6,6	64	112
Beckenlänge	2.067	55,9	3,6	45	88
Rumpftiefe	2.067	82,2	4,6	57	99
Vordere Beckenbreite	1.673	55,8	3,5	36	71
Hintere Beckenbreite	1.673	35,4	2,8	26	58
Hintere Körperbreite	1.673	53,2	4,3	35	80

Tabelle 8.4.4 Anzahl Beobachtungen, Mittelwert, Standardabweichung (STD), Minimum und Maximum für die Merkmale der Parameterschätzung für die Rasse Holstein

Merkmal	Anzahl Beobachtungen	Mittelwert	STD	Minimum	Maximum
Lebendmasse	7.146	660	77,0	383	945
Bauchumfang	7.146	254	13	220	300
Brustumfang	6.326	210	9,0	180	247
Bemuskelung	7.192	4,24	1,5	1	9
BCS	7.202	2,96	0,7	1	5

Modell

Für die Merkmale Lebendmasse, Bauchumfang, Brustumfang, Bemuskelung und BCS wurden Modell-Analysen mit der Software SAS 9.2 unter Anwendung der Prozedur MIXED durchgeführt. Dabei wurde folgendes statistische Modell angenommen:

$$y_{ijklmn} = \mu + KJ_i + SAI_j + KAKL_k + b_1\,(Tage) + b_2\,(Tage)^2 + BEEC_l + BE_m + a_n + e_{ijklmn}$$

wobei

y die Beobachtung für das jeweilige Merkmal darstellt,

μ ist der Mittelwert,

KJ ist der fixe Effekt des Kalbejahrs (3),

SAI ist der fixe Effekt der Saison (4),

KAKL ist der fixe Effekt der Kalbealtersklasse (Fleckvieh: 15, Braunvieh: 12, Holstein: 9),

b_1 und b_2 sind die Regressionskoeffizienten,

Tage ist der kontinuierliche Effekt der Tage in Milch (linear und quadratisch),

BEEC ist der zufällige Effekt des Beurteilers (Fleckvieh: 35, Braunvieh: 20, Holstein: 29),

BE ist der zufällige Effekt des Betriebes (Fleckvieh: 114, Braunvieh: 57, Holstein: 70),

a ist der zufällige Effekt der Kuh (Fleckvieh: 3.512, Braunvieh: 1.385, Holstein: 1.187) und

e ist der zufällige Resteffekt.

Für die Merkmale Kreuzhöhe, Mittelhandlänge, Beckenlänge, Rumpftiefe, Hüftbreite, vordere Beckenbreite, hinter Beckenbreite, hintere Körperbreite, Rahmen und Bemuskelung 1 wurde folgendes statistische Modell verwendet:

$$\mathbf{y_{ijklmnop} = \mu + KJ_i * SAI_j + KAKL_k + BJ_l * BM_m + b_1\,(Tage) + b_2\,(Tage)^2 + BEEC_n + BE_o + a_p + e_{ijklmnop}}$$

wobei

y die Beobachtungen für das jeweilige Merkmal darstellt,

μ ist der Mittelwert,

KJ ist der fixe Effekt des Kalbejahrs (3),

SAI ist der fixe Effekt der Saison (4),

KAKL ist der fixe Effekt der Kalbealtersklasse (Fleckvieh: 15, Braunvieh: 12, Holstein: 9),

BJ ist der fixe Effekt des Beurteilerjahres (3),

BM ist der fixe Effekt des Beurteilermonats (12),

b_1 und b_2 sind die Regressionskoeffizienten,

Tage ist der kontinuierliche Effekt der Tage in Milch (linear und quadratisch),

BEEC ist der zufällige Effekt des Beurteilers (Fleckvieh: 32, Braunvieh:16, Holstein: 19),

BE ist der zufällige Effekt des Betriebes (Fleckvieh: 114, Braunvieh: 57, Holstein: 70),

a ist der zufällige Effekt der Kuh (Fleckvieh: 3.512, Braunvieh:1.385, Holstein: 1.187) und

e ist der zufällige Resteffekt.

Die Wahl der Modelle erfolgte in Anlehnung an das Modell der Routinezuchtwertschätzung für Exterieurmerkmale, wobei anhand der Voranalysen mit SAS 9.2 die Effekte für das Parameterschätzmodell quantifiziert wurden.

Die Schätzung der Heritabilitäten erfolgte für alle Merkmale anhand eines univariaten Tiermodelles. Die Schätzung von genetischen Korrelationen wurde anhand eines bivariaten

Tiermodells durchgeführt. Alle Parameterschätzungen erfolgten mittels REML mit der Software VCE6 (Groeneveld et al., 2008). Zur Schätzung der univariaten Heritabilitäten und der genetischen Korrelationen für Lebendmasse, Bauchumfang, Brustumfang, Bemuskelung und BCS wurde das gleiche Modell wie in den Voranalysen mit SAS verwendet, außer, dass keine Nestung der Effekte erfolgte und zusätzlich zum zufälligen permanenten Umwelteffekt (=zufälliger Effekt der Kuh) der zufällige additiv genetische Effekt des Tieres modelliert wurde. Für die Exterieurmerkmale Kreuzhöhe, Mittelhandlänge, Beckenlänge, Rumpftiefe, Hüftbreite, vordere Beckenbreite, hintere Beckenbreite, hintere Körperbreite, Rahmen und Bemuskelung 1, wurde ebenfalls das gleiche Modell unterstellt, außer, dass ebenfalls zusätzlich der zufällige additiv genetische Tiereffekt modelliert wurde.

Ergebnisse

In den Tabellen 8.4.5 bis 8.4.7 sind die Ergebnisse der Heritabilitäten, deren Standardfehler sowie die Wiederholbarkeiten für Fleckvieh, Braunvieh und Holstein dargestellt. Die Heritabilitäten für die Lebendmasse liegen mit 32 bis 43% im mittleren bis hohen Bereich.

Tabelle 8.4.5 Heritabilitäten, Standardfehler sowie Wiederholbarkeit für die Rasse Fleckvieh

Merkmal	Heritabilität	Standardfehler	Wiederholbarkeit
Lebendmasse	0,334	0,043	0,795
Bauchumfang	0,284	0,032	0,594
Brustumfang	0,366	0,044	0,788
Bemuskelung	0,249	0,026	0,531
BCS	0,216	0,031	0,554
Kreuzhöhe	0,570	0,064	0,916
Mittelhandlänge	0,277	0,062	0,714
Beckenlänge	0,411	0,055	0,609
Rumpftiefe	0,300	0,055	0,658
Hüftbreite	0,520	0,119	0,902
Vordere Beckenbreite	0,402	0,068	0,858
Hintere Beckenbreite	0,100	0,050	0,428
Hintere Körperbreite	0,196	0,056	0,734
Rahmen	0,570	0,110	0,982
Bemuskelung 1	0,280	0,126	0,972

Tabelle 8.4.6 Heritabilitäten, Standardfehler sowie Wiederholbarkeit für die Rasse Braunvieh

Merkmal	Heritabilität	Standardfehler	Wiederholbarkeit
Lebendmasse	0,434	0,061	0,783
Bauchumfang	0,334	0,053	0,598
Brustumfang	0,492	0,065	0,780
Bemuskelung	0,280	0,047	0,510
BCS	0,290	0,009	0,573
Kreuzhöhe	0,670	0,084	0,993
Mittelhandlänge	0,182	0,096	0,756
Beckenlänge	0,313	0,069	0,674
Rumpftiefe	0,270	0,079	0,795

Tabelle 8.4.7 Heritabilitäten, Standardfehler sowie Wiederholbarkeit für die Rasse Holstein

Merkmal	Heritabilität	Standardfehler	Wiederholbarkeit
Lebendmasse	0,315	0,066	0,768
Bauchumfang	0,357	0,060	0,626
Brustumfang	0,370	0,070	0,744
Bemuskelung	0,301	0,050	0,530
BCS	0,258	0,050	0,576
Kreuzhöhe	0,230	0,086	0,922
Mittelhandlänge	0,433	0,101	0,843
Beckenlänge	0,267	0,077	0,793
Rumpftiefe	0,252	0,082	0,857

Die Tabellen 8.4.8 bis 8.4.16 zeigen die genetischen und phänotypischen Korrelationen aller Merkmale für die Rassen Fleckvieh, Braunvieh und Holstein. Die genetischen Korrelationen von Bauch- und Brustumfang zur Lebendmasse sind bei allen Rassen sehr hoch, die Korrelation von Bemuskelung und BCS sind ähnlich hoch und eher im mittleren Bereich.

Tabelle 8.4.8 Genetische Korrelationen und Standardfehler über der Diagonalen, phänotypische Korrelationen unter der Diagonalen für die Rasse Fleckvieh

	Lebendmasse	Bauchumfang	Brustumfang	Bemuskelung	BCS
Lebendmasse		0,763±0,035	0,854±0,027	0,321±0,077	0,369±0,082
Bauchumfang	0,551		0,705±0,045	0,257±0,089	0,257±0,089
Brustumfang	0,378	0,410		0,321±0,072	0,417±0,077
Bemuskelung	0,180	0,195	0,180		0,732±0,043
BCS	0,307	0,196	0,237	0,340	

Tabelle 8.4.9 Genetische Korrelationen und Standardfehler über der Diagonalen, phänotypische Korrelationen unter der Diagonalen für die Rasse Braunvieh

	Lebendmasse	Bauchumfang	Brustumfang	Bemuskelung	BCS
Lebendmasse		0,904±0,027	0,808±0,039	0,512±0,083	0,563±0,083
Bauchumfang	0,779		0,726±0,056	0,412±0,105	0,505±0,095
Brustumfang	0,726	0,615		0,380±0,101	0,416±0,073
Bemuskelung	0,493	0,361	0,322		0,864±0,043
BCS	0,450	0,367	0,367	0,584	

Tabelle 8.4.10 Genetische Korrelationen und Standardfehler über der Diagonalen, phänotypische Korrelationen unter der Diagonalen für die Rasse Holstein

	Lebendmasse	Bauchumfang	Brustumfang	Bemuskelung	BCS
Lebendmasse		0,837±0,051	0,741±0,065	0,590±0,100	0,516±0,091
Bauchumfang	0,744		0,705±0,080	0,319±0,134	0,231±0,142
Brustumfang	0,683	0,627		0,298±0,127	0,414±0,127
Bemuskelung	0,488	0,319	0,341		0,894±0,047
BCS	0,489	0,323	0,377	0,520	

Die genetischen Korrelationen der weiteren Körpermaße zur Lebendmasse sind durchwegs im mittleren bis hohen Bereich. Durch teilweise geringere Datenumfänge sind die Standardfehler in einigen Fällen sehr hoch, sodass die Ergebnisse in diesen Fällen mit Vorsicht zu interpretieren sind.

Tabelle 8.4.11 Genetische Korrelationen und Standardfehler der Körpermaße zur Lebendmasse

	Fleckvieh	Braunvieh	Holstein
Kreuzhöhe	0,546±0,070	0,519±0,089	0,383±0,192*
Mittelhandlänge	0,700±0,080	0,580±0,135	0,372±0,148
Beckenlänge	0,675±0,066	0,739±0,077	0,769±0,112
Rumpftiefe	0,677±0,070	0,671±0,091	0,492±0,149
Hüftbreite	0,801±0,085		
Vordere Beckenbreite	0,622±0,074		
Hintere Beckenbreite	0,457±0,128		
Hintere Körperbreite	0,743±0,082		
Rahmen	0,778±0,071		
Bemuskelung 1	0,090±0,183*		

*nicht signifikant von Null verschieden

8.4.2 Auswertung der einzelnen Laktationen

Aufgrund des umfangreichen Datensatzes konnten die Merkmale für die Rasse Fleckvieh genauer analysiert werden. Bei longitudinalen Daten kann davon ausgegangen werden, dass unterschiedliche Gene für die Merkmalsausprägung verantwortlich sind. Um diese Hypothese zu überprüfen, wurde der Datensatz der Rasse Fleckvieh in drei Laktationsgruppen geteilt (1, 2, ≥3). Ziel war die Schätzung genetischer Parameter für die Merkmale Lebendmasse, Bauchumfang, Brustumfang, Bemuskelung und BCS innerhalb der Laktationen sowie zwischen den Laktationen.

Insgesamt wurden 9.784 Beobachtungen von 1.488 Kühen in der ersten Laktation analysiert. In der zweiten Laktation standen 6.762 Beobachtungen von 1.048 Kühen zur Verfügung. Der Datensatz ab der dritten Laktation umfasste 16.801 Beobachtungen von 1.823 Kühen.

Tabelle 8.4.12 Anzahl Beobachtungen, Mittelwert, Standardabweichung (STD), sowie Minimum und Maximum der Merkmale Lebendmasse, Bauchumfang, Brustumfang, Bemuskelung und BCS der Kühe in den verschiedenen Laktationen

Merkmal	Lakt.	Beobachtungen	Mittelwert	STD	Minimum	Maximum
Lebendmasse	**1**	6.528	672,3	71,2	438	1013
	2	4.298	719,7	74,0	480	1.025
	3+	11.321	765,7	78,5	480	1088
Bauchumfang	**1**	6.577	249,2	12,6	192	299
	2	4.326	256,5	12,2	213	301
	3+	11.397	262,8	12,4	200	310
Brustumfang	**1**	3.963	207,3	8,9	178	249
	2	2.723	211,6	9,4	181	258
	3+	7.295	216,3	9,6	183	260
Bemuskelung	**1**	6.548	5,5	1,2	2,0	9,0
	2	4.318	5,6	1,3	2,0	9,0
	3+	11.314	5,8	1,4	1,0	9,0
BCS	**1**	6.581	3,3	0,5	1,3	5,0
	2	4.327	3,3	0,5	1,3	5,0
	3+	11.403	3,3	0,6	1,0	5,0

In den Tabellen 8.4.13 bis 8.4.15 sind die Heritabilitäten, deren Standardfehler sowie die genetischen und phänotypischen Korrelationen der ersten, zweiten und ≥ dritten Laktation zu finden. Die Heritabilitäten für Lebendmasse, Bauch- und Brustumfang und deren Korrelationen zueinander sind in den einzelnen Laktationen relativ ähnlich. Größere Unterschiede gibt es bei den Merkmalen Bemuskelung und BCS bei allerdings auch höheren Standardfehlern.

Tabelle 8.4.13 Heritabilitäten und Standardfehler auf der Diagonalen, genetische Korrelationen und Standardfehler auf der oberen Dreiecksmatrix, phänotypische Korrelationen auf der unteren Dreiecksmatrix in der ersten Laktation

	Lebendmasse	Bauchumfang	Brustumfang	Bemuskelung	BCS
Lebendmasse	**0,34±0,09**	0,87±0,05	0,82±0,04	0,18±0,21*	0,38±0,23*
Bauchumfang	0,72	**0,28±0,07**	0,84±0,07	0,31±0,19*	0,40±0,24*
Brustumfang	0,74	0,62	**0,43±0,10**	0,18±0,21*	0,16±0,26*
Bemuskelung	0,35	0,33	0,35	**0,21±0,08**	0,65±0,18
BCS	0,40	0,33	0,36	0,48	**0,10±0,04**

*nicht signifikant von Null verschieden

Tabelle 8.4.14 Heritabilitäten und Standardfehler auf der Diagonalen, genetische Korrelationen und Standardfehler auf der oberen Dreiecksmatrix, phänotypische Korrelation auf der unteren Dreiecksmatrix der zweiten Laktation

	Lebendmasse	Bauchumfang	Brustumfang	Bemuskelung	BCS
Lebendmasse	**0,26±0,11**	0,75±0,12	0,98±0,06	0,64±0,52*	0,64±0,27
Bauchumfang	0,73	**0,25±0,09**	0,75±0,12	0,41±0,49*	0,21±0,38*
Brustumfang	0,76	0,61	**0,35±0,12**	0,64±0,53*	0,70±0,22
Bemuskelung	0,34	0,29	0,35	**0,04±0,05***	0,50±0,50*
BCS	0,40	0,29	0,36	0,51	**0,07±0,05***

*nicht signifikant von Null verschieden

Tabelle 8.4.15 Heritabilitäten und Standardfehler auf der Diagonalen, genetische Korrelationen und Standardfehler auf der oberen Dreiecksmatrix, residuale Korrelationen ± Standardfehler auf der unteren Dreiecksmatrix der dritten und weiteren Laktationen

	Lebendmasse	Bauchumfang	Brustumfang	Bemuskelung	BCS
Lebendmasse	**0,34±0,06**	0,76±0,05	0,87±0,04	0,36±0,11	0,44±0,11
Bauchumfang	0,73	**0,30±0,05**	0,68±0,07	0,17±0,11*	0,36±0,12
Brustumfang	0,77	0,62	**0,31±0,06**	0,36±0,11	0,50±0,11
Bemuskelung	0,41	0,35	0,41	**0,29±0,04**	0,76±0,07
BCS	0,47	0,34	0,41	0,59	**0,20±0,05**

*nicht signifikant von Null verschieden

In Tabelle 8.4.16 sind die Wiederholbarkeiten der erfassten Merkmale aller drei Laktationen dargestellt. Die Ergebnisse für die einzelnen Merkmale weisen über alle Laktationen nur sehr geringe Unterschiede auf.

Tabelle 8.4.16 Wiederholbarkeiten der Merkmale Lebendmasse, Bauchumfang, Brustumfang, Bemuskelung sowie BCS für die erste, zweite und dritte und folgende Laktationen

	Laktation 1	Laktation 2	Laktation ≥3
Lebendmasse	0,80	0,82	0,80
Bauchumfang	0,60	0,64	0,61
Brustumfang	0,77	0,81	0,98
Bemuskelung	0,48	0,55	0,57
BCS	0,53	0,58	0,58

Zusätzlich wurden noch genetische Korrelationen zwischen den Laktationen geschätzt (Tabelle 8.4.17). Diese sind für alle Merkmale sehr hoch und überwiegend nahe 1. Für Bemuskelung und BCS sind die Zusammenhänge zwischen erster und zweiter Laktation nicht aussagekräftig.

Tabelle 8.4.17 Genetische Korrelationen zwischen den Laktationen für die Merkmale Lebendmasse, Bauchumfang, Brustumfang, Bemuskelung und BCS

	1. – 2.	1. – 3.
Lebendmasse	0,99±0,01	0,97±0,15
Bauchumfang	0,87±0,11	0,89±0,16
Brustumfang	0,99±0,09	0,98±0,16
Bemuskelung	n.a.	0,91±0,16
BCS	0,34±0,44*	0,99±0,01

n.a. Algorithmus nicht konvergiert, *nicht signifikant von Null verschieden

8.5 Zuchtwertschätzung für Lebendmasse und Einbeziehung in den Gesamtzuchtwert – grundlegende Vorarbeiten

Die Lebendmasse der Kühe spielt für die Nährstoff-Effizienz eine wesentliche Rolle (siehe Kapitel 7). Eine wichtige Fragestellung war daher, ob mit den im Projekt erhobenen Daten für Lebendmasse in Kombination mit vorliegenden Maßen aus der routinemäßigen linearen Exterieurbeschreibung eine Routine-Zuchtwertschätzung (ZWS) entwickelt werden kann. Dazu wurden die genetischen Parameter für die zur Verfügung stehenden Merkmale geschätzt und erste ZWS-Testläufe durchgeführt.

8.5.1 Genetische Parameter

Für die Schätzung der Heritabilitäten und genetischen Korrelationen zwischen allen Merkmalen standen von 3.329 Fleckvieh-, 1.428 Braunvieh- und 1.160 Holstein-Kühen im Rahmen des Projekts erhobene Körpermaße zur Verfügung. Zusätzlich zu den im Projekt erhobenen Daten wurden auch Daten aus der routinemäßigen linearen Beschreibung berücksichtigt. Ein detaillierter Überblick über die verwendeten Daten der drei Rassen ist in den Tabellen 8.5.1 bis 8.5.3 zu finden.

Die genetischen Parameter wurden für jede Rasse mit allen 14 (Fleckvieh) bzw. 13 (Braunvieh und Holstein) Merkmalen multivariat mit dem Programm VCE6 (Groeneveld et al., 2008) geschätzt. Das Modell wurde sehr ähnlich dem im Kapitel 8.4 angegebenen Modell gewählt:

Fixe Effekte: Region-Jahr-Saison, Laktation-Kalbealtersklasse, Laktation-Abstand von Kalbung, Betrieb-Jahr, Beurteiler-Jahr

Zufällige Effekte: permanenter Umwelteffekt, genetischer Effekt der Kuh

Tabelle 8.5.1 Deskriptive Statistiken zum Datensatz für die multivariate Parameterschätzung bei der Rasse Fleckvieh

Merkmal	N	Mittel	Stdabw	Min	Max
Lebendmasse	20.905	731,3	85,6	438	1088
Bauchumfang	20.701	257,9	13,6	194	310
Brustumfang	20.715	212,1	10,0	176	257
Bemuskelung	20.875	5,7	1,3	1	9
BCS	20.842	3,29	0,6	1	5
Kreuzhöhe	5.778	143,9	4,1	128	161
Hüftbreite	1.477	56,3	3,7	47	88
Mittelhandlänge	5.778	89,1	4,6	60	106
Rumpftiefe	5.778	83,4	4,2	54	99
Beckenlänge	5.778	55,0	3,0	45	97
Beckenbreite vo.	5.778	56,6	3,3	35	82
Beckenbreite hi.	5.774	40,6	5,2	23	63
Körperbreite hi.	5.774	53,4	6,3	33	85
Rahmen	1.477	81,7	4,5	68	93

Tabelle 8.5.2 Deskriptive Statistiken zum Datensatz für die multivariate Parameterschätzung bei der Rasse Braunvieh

Merkmal	N	Mittel	Stdabw	Min	Max
Lebendmasse	9.071	650,6	75,5	450	1006
Bauchumfang	8.790	248,9	12,8	204	298
Brustumfang	8.772	204,0	9,3	174	246
Bemuskelung	9.617	78,9	4,0	68	92
Kreuzhöhe	2.912	147,5	4,2	130	163
Rumpftiefe	2.914	82,6	4,5	60	99
Beckenlänge	2.914	56,0	3,4	40	80
Brustbreite	760	5,6	1,2	2	9
Beckenbreite	763	34,3	2,9	24	54
Beckenbreite vo.	2.394	56,0	3,5	36	85
Beckenbreite hi.	2.394	35,5	2,9	27	67
Körperbreite hi.	2.394	53,7	4,3	31	95
Rahmen	760	79,1	4,6	61	93

Tabelle 8.5.3 Deskriptive Statistiken zum Datensatz für die multivariate Parameterschätzung bei der Rasse Holstein

Merkmal	N	Mittel	Stdabw	Min	Max
Lebendmasse	6.826	661,3	76,6	450	948
Bauchumfang	6.747	254,7	13,0	199	300
Brustumfang	6.734	209,8	9,4	177	247
Bemuskelung	6.791	77,1	4,5	68	92
Kreuzhöhe	2.035	148,5	4,1	135	163
Rumpftiefe	1.943	86,2	4,8	61	99
Milchcharakter	604	5,7	1,6	1	9
Stärke	604	5,7	1,4	1	9
Körper	604	82,1	3,2	72	90
Beckenbreite	604	5,9	1,3	2	9
Beckenbreite vo.	1.945	57,5	3,7	37	87
Beckenbreite hi.	1.945	38,9	3,0	27	58
Körperbreite hi.	1.945	52,6	4,7	33	85

Die Ergebnisse für die genetischen Parameter sind in den Tabellen 8.5.4 bis 8.5.6 zu finden, die dazugehörigen Standardfehler in den Tabellen 8.5.7 bis 8.5.9. Die Ergebnisse stimmen weitgehend mit den im Kapitel 8.4 gezeigten Ergebnissen überein, aber durch das

geringfügig unterschiedliche Modell, den unterschiedlichen Datenstand und durch die voll multivariate Schätzung zeigen sich vereinzelt Abweichungen. Die höchsten genetischen Korrelationen zur Lebendmasse zeigen die Merkmale Brust- und Bauchumfang, aber auch die weiteren Körpermaße zeigen deutliche positive genetische Zusammenhänge. Bei der Rasse Holstein weist das Merkmal Milchcharakter, bei dem die Schärfe im Widerrist bewertet wird, erwartungsgemäß einen negativen Zusammenhang auf. Das Merkmal Stärke, das als Breite in der Vorhand definiert ist, zeigt nur einen schwachen genetischen Zusammenhang zur Lebendmasse.

Tabelle 8.5.4 Heritabilitäten (Diagonale) und genetische Korrelationen (oberhalb Diagonale) für Lebendmasse und verschiedene Körpermaße bei der Rasse Fleckvieh

	LM	BaU	BU	Bem	BCS	KH	HB	MHL	RT	BL	BBv	BBh	KBh	Ra
LM	**0,42**	0,83	0,89	0,43	0,50	0,59	0,70	0,76	0,78	0,80	0,72	0,62	0,68	0,74
BaU		**0,34**	0,77	0,36	0,49	0,35	0,49	0,49	0,84	0,57	0,55	0,33	0,50	0,52
BU			**0,43**	0,40	0,51	0,54	0,64	0,54	0,77	0,78	0,62	0,45	0,56	0,67
Bem				**0,19**	0,75	-0,14	0,07	0,00	0,07	0,14	0,20	0,30	0,58	-0,02
BCS					**0,22**	-0,03	0,16	0,12	0,30	0,31	0,28	0,22	0,29	0,07
KH						**0,59**	0,58	0,73	0,61	0,69	0,51	0,56	0,27	0,97
HB							**0,22**	0,60	0,42	0,53	0,94	0,63	0,52	0,71
MHL								**0,24**	0,65	0,66	0,52	0,53	0,42	0,80
RT									**0,29**	0,69	0,42	0,33	0,32	0,71
BL										**0,29**	0,53	0,48	0,48	0,76
BBv											**0,31**	0,60	0,61	0,66
BBh												**0,13**	0,60	0,63
KBh													**0,15**	0,43
Ra														**0,56**

LM=Lebendmasse, Bau=Bauchumfang, BU=Brustumfang, Bem=Bemuskelung, BCS=Body condition score, KH=Kreuzhöhe, HB=Hüftbreite, MHL=Mittelhandlänge, RT=Rumpftiefe, BBv=Beckenbreite vorne, BBh=Beckenbreite hinten, KBh=Körperbreite hinten, Ra=Rahmen

Tabelle 8.5.5 Heritabilitäten (Diagonale) und genetische Korrelationen (oberhalb Diagonale) für Lebendmasse und verschiedene Körpermaße bei der Rasse Braunvieh.

	LM	BaU	BU	Bem	KH	RT	BL	BrB	BB	BBv	BBh	KBh	Ra
LM	**0,43**	0,89	0,81	0,56	0,56	0,66	0,74	0,49	0,71	0,75	0,63	0,76	0,67
BaU		**0,29**	0,77	0,43	0,42	0,75	0,55	0,44	0,64	0,67	0,52	0,63	0,72
BU			**0,49**	0,38	0,53	0,76	0,65	0,62	0,59	0,59	0,46	0,58	0,83
Bem				**0,27**	0,02	0,00	0,19	0,50	0,42	0,38	0,37	0,76	0,18
KH					**0,57**	0,61	0,72	0,31	0,55	0,44	0,38	0,37	0,75
RT						**0,33**	0,50	0,47	0,53	0,28	0,43	0,32	0,86
BL							**0,36**	0,36	0,46	0,53	0,40	0,46	0,54
BrB								**0,16**	0,73	0,28	0,64	0,34	0,65
BB									**0,36**	0,72	0,94	0,60	0,75
BBv										**0,49**	0,63	0,62	0,52
BBh											**0,36**	0,60	0,57
KBh												**0,23**	0,48
Ra													**0,22**

LM=Lebendmasse, Bau=Bauchumfang, BU=Brustumfang, Bem=Bemuskelung, KH=Kreuzhöhe, RT=Rumpftiefe, BL=Beckenlänge, BrB=Brustbreite, BB=Beckenbreite, BBv=Beckenbreite vorne, BBh=Beckenbreite hinten, KBh=Körperbreite hinten, Ra=Rahmen

Tabelle 8.5.6 Heritabilitäten (Diagonale) und genetische Korrelationen (oberhalb Diagonale) für Lebendmasse und verschiedene Körpermaße bei der Rasse Holstein

	LM	BaU	BU	Bem	KH	RT	MCha	Stä	Kö	BB	BBv	BBh	KBh
LM	**0,34**	0,82	0,72	0,62	0,30	0,49	-0,35	0,73	0,19	0,35	0,57	0,62	0,69
BaU		**0,31**	0,67	0,50	0,17	0,67	-0,22	0,62	0,18	0,33	0,53	0,53	0,54
BU			**0,40**	0,35	0,30	0,42	-0,36	0,64	0,40	0,09	0,42	0,40	0,40
Bem				**0,33**	-0,20	0,07	-0,60	0,40	-0,12	0,07	0,30	0,38	0,55
KH					**0,22**	0,38	0,35	0,15	0,25	0,28	0,36	0,17	0,59
RT						**0,30**	0,08	0,56	0,37	0,32	0,41	0,30	0,31
MCha							**0,35**	-0,30	0,33	0,09	-0,07	0,07	-0,29
Stä								**0,15**	0,47	0,03	0,24	0,37	0,30
Kö									**0,18**	-0,03	0,49	0,40	-0,08
BB										**0,24**	0,36	0,74	0,40
BBv											**0,31**	0,56	0,54
BBh												**0,43**	0,45
KBh													**0,12**

LM=Lebendmasse, Bau=Bauchumfang, BU=Brustumfang, Bem=Bemuskelung, KH=Kreuzhöhe, RT=Rumpftiefe, MCha=Milchcharakter, Stä=Stärke, Kö=Körper, BB=Beckenbreite, BBv=Beckenbreite vorne, BBh=Beckenbreite hinten, KBh=Körperbreite hinten

Tabelle 8.5.7 Standardfehler der genetischen Parameter für Lebendmasse und verschiedene Körpermaße bei der Rasse Fleckvieh

	LM	BaU	BU	Bem	BCS	KH	HB	MHL	RT	BL	BBv	BBh	KBh	Ra
LM	**0,03**	0,02	0,02	0,06	0,05	0,04	0,06	0,04	0,04	0,03	0,04	0,06	0,06	0,03
BaU		**0,03**	0,03	0,06	0,05	0,05	0,07	0,06	0,03	0,05	0,05	0,08	0,08	0,05
BU			**0,03**	0,07	0,05	0,04	0,06	0,06	0,04	0,04	0,05	0,08	0,08	0,04
Bem				**0,02**	0,04	0,08	0,10	0,09	0,08	0,08	0,08	0,09	0,07	0,08
BCS					**0,02**	0,06	0,09	0,08	0,07	0,07	0,07	0,10	0,09	0,06
KH						**0,05**	0,08	0,04	0,05	0,04	0,06	0,07	0,09	0,01
HB							**0,03**	0,08	0,09	0,08	0,02	0,09	0,10	0,07
MHL								0**,03**	0,06	0,05	0,07	0,08	0,09	0,04
RT									0**,03**	0,05	0,07	0,09	0,09	0,04
BL										**0,03**	0,06	0,08	0,08	0,04
BBv											**0,03**	0,07	0,08	0,05
BBh												**0,02**	0,09	0,07
KBh													0**,03**	0,09
Ra														**0,05**

LM=Lebendmasse, Bau=Bauchumfang, BU=Brustumfang, Bem=Bemuskelung, BCS=Body condition score, KH=Kreuzhöhe, HB=Hüftbreite, MHL=Mittelhandlänge, RT=Rumpftiefe, BBv=Beckenbreite vorne, BBh=Beckenbreite hinten, KBh=Körperbreite hinten, Ra=Rahmen

Tabelle 8.5.8 Standardfehler der genetischen Parameter für Lebendmasse und verschiedene Körpermaße bei der Rasse Braunvieh

	LM	BaU	BU	Bem	KH	RT	BL	BrB	BB	BBv	BBh	KBh	Ra
LM	**0,02**	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,03	0,01	0,02	0,02	0,04
BaU		**0,02**	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,05	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04
BU			**0,02**	0,04	0,02	0,02	0,02	0,04	0,03	0,02	0,03	0,04	0,02
Bem				**0,01**	0,03	0,04	0,03	0,05	0,03	0,03	0,03	0,02	0,05
KH					**0,02**	0,03	0,02	0,05	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02
RT						**0,02**	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,02
BL							**0,02**	0,05	0,04	0,02	0,03	0,03	0,04
BrB								**0,02**	0,04	0,06	0,05	0,05	0,07
BB									**0,03**	0,04	0,01	0,04	0,04
BBv										**0,02**	0,04	0,03	0,04
BBh											**0,01**	0,03	0,04
KBh												**0,01**	0,05
Ra													**0,02**

LM=Lebendmasse, Bau=Bauchumfang, BU=Brustumfang, Bem=Bemuskelung, KH=Kreuzhöhe, RT=Rumpftiefe, BL=Beckenlänge, BrB=Brustbreite, BB=Beckenbreite, BBv=Beckenbreite vorne, BBh=Beckenbreite hinten, KBh=Körperbreite hinten, Ra=Rahmen

Tabelle 8.5.9 Standardfehler der genetischen Parameter für Lebendmasse und verschiedene Körpermaße bei der Rasse Holstein

	LM	BaU	BU	Bem	KH	RT	MCha	Stä	Kö	BB	BBv	BBh	KBh
LM	**0,02**	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,05	0,05	0,05	0,02	0,02	0,06
BaU		**0,02**	0,02	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,07	0,06	0,03	0,02	0,07
BU			**0,01**	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,06	0,05	0,02	0,03	0,06
Bem				**0,02**	0,05	0,05	0,03	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,05
KH					**0,02**	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,04	0,03	0,06
RT						**0,02**	0,05	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,06
MCha							**0,02**	0,05	0,05	0,05	0,03	0,04	0,07
Stä								**0,02**	0,07	0,06	0,05	0,04	0,09
Kö									**0,02**	0,11	0,06	0,06	0,08
BB										**0,01**	0,06	0,03	0,05
BBv											**0,02**	0,03	0,07
BBh												**0,02**	0,06
KBh													**0,01**

LM=Lebendmasse, Bau=Bauchumfang, BU=Brustumfang, Bem=Bemuskelung, KH=Kreuzhöhe, RT=Rumpftiefe, MCha=Milchcharakter, Stä=Stärke, Kö=Körper, BB=Beckenbreite, BBv=Beckenbreite vorne, BBh=Beckenbreite hinten, KBh=Körperbreite hinten

8.5.2 Zuchtwertschätz-Testläufe

Die Zuchtwertschätz-Testläufe wurden basierend auf einem multivariaten BLUP-Tiermodell mit dem Programm MiX99 (Lidauer et al., 2015) für die Rassen Fleckvieh und Braunvieh durchgeführt, die Sicherheiten wurden mit dem Programm ApaX (Stranden et al., 2001) berechnet. Das statistische Modell entsprach dem Modell der Parameterschätzung (8.5.1).

Daten

Zusätzlich zu den Efficient Cow-Daten wurden auch die Maße aus der linearen Beschreibung von österreichischen Kühen ab dem Jahr 2000 mitberücksichtigt, sodass der Datenumfang wesentlich größer war als bei der Parameterschätzung. Beim Fleckvieh gingen Daten von 170.091 Kühen in die ZWS ein, beim Braunvieh 62.560. Detaillierte Statistiken zu den verwendeten Daten sind in den Tabellen 8.5.10 (Fleckvieh) und 8.5.11 (Braunvieh) zu finden. In einem zusätzlichen Testlauf wurden beim Fleckvieh auch die Lebendgewichte von 34.221 Kühen von Versteigerungen mit einbezogen (Fleckvieh+Verst.).

Tabelle 8.5.10 Deskriptive Statistiken zum Datensatz für den Zuchtwertschätz-Testlauf bei der Rasse Fleckvieh

Merkmal	N	Mittel	Stdabw	Min	Max
Lebendmasse	20.899	731,4	85,5	450	1088
Bauchumfang	20.701	257,9	13,6	194	310
Brustumfang	20.715	212,1	10,0	176	257
Bemuskelung	158.950	81,1	3,6	68	93
BCS	133.831	3,0	0,6	1	5
Kreuzhöhe	143.074	143,3	3,7	122	170
Hüftbreite	137.889	54,0	2,7	40	80
Mittelhandlänge	142.691	86,1	3,8	60	99
Rumpftiefe	142.655	79,6	3,7	60	99
Beckenlänge	142.777	53,8	2,4	40	80
Beckenbreite vo.	6.018	56,6	3,3	35	82
Beckenbreite hi.	6.018	40,6	5,2	23	63
Körperbreite hi.	6.018	53,6	6,3	33	85
Rahmen	67.431	80,2	3,8	68	93

Tabelle 8.5.11 Deskriptive Statistiken zum Datensatz für den Zuchtwertschätz-Testlauf bei der Rasse Braunvieh

Merkmal	N	Mittel	Stdabw	Min	Max
Lebendmasse	9.071	650,6	75,5	450	1006
Bauchumfang	8.790	248,9	12,8	204	298
Brustumfang	8.946	203,7	9,5	170	246
Bemuskelung	58.784	80,5	4,0	68	92
Kreuzhöhe	52.152	147,1	3,7	125	163
Rumpftiefe	64.428	80,3	3,4	60	99
Beckenlänge	64.338	54,5	2,6	40	80
Brustbreite	49.927	5,4	1,3	1	9
Beckenbreite	61.860	34,3	2,6	20	83
Beckenbreite vo.	2.458	56,0	3,5	36	85
Beckenbreite hi.	2.458	35,5	3,0	27	67
Körperbreite hi.	2.458	53,6	4,3	31	95
Rahmen	49.927	79,6	4,8	60	97

Ergebnisse

Aus den Ergebnissen der Testläufe für einen ZW Lebendmasse lässt sich die genetische Entwicklung des Lebendgewichts der Kühe in den letzten Jahren ableiten (Abb. 8.5.1). Zu beachten ist allerdings, dass Gewichtsdaten ausschließlich aus dem Efficient Cow-Projekt verwendet wurden, also nur aus dem Jahr 2014. Die Einbeziehung der Versteigerungsgewichte beim Fleckvieh (Fleckvieh+Verst.) ändert den genetischen Trend nur unwesentlich, aber auch hier reichen die zur Verfügung stehenden Gewichtsdaten nur wenige Jahre zurück. Der weiter in der Vergangenheit liegende errechnete genetische Trend ist daher mit etwas mehr Unsicherheit behaftet, weil sich dieser ausschließlich aus den korrelierten Merkmalen ergibt. Trotzdem kann festgestellt werden, dass in den letzten Jahren ein stabiler genetischer Trend zu beobachten ist. Bei Detailanalysen auch aus der Routine-ZWS zeigt sich, dass zwar die Kreuzhöhe der Tiere gestiegen ist, allerdings bei einem gleichzeitigen Rückgang der Bemuskelung. Daraus resultiert eine weitgehend stabile Gewichtsentwicklung.

Ein wichtiges Ergebnis der ZWS-Testläufe sind auch die ZW-Sicherheiten für die Stiere. Durch die relativ hohen Heritabilitäten und die hohen genetischen Korrelationen der Körpermaße zur Lebendmasse sind überwiegend hohe Sicherheiten zu erzielen. Auch bei älteren Stieren, von denen keine Wiegungen der Töchter vorliegen, lassen sich durchaus zuverlässige Zuchtwerte schätzen. In Abbildung 8.5.2 ist zu sehen, dass die durchschnittlichen Sicherheiten der Fleckvieh-KB-Stiere überwiegend zwischen 60 und 70% liegen, beim

Braunvieh etwa zwischen 50 und 60%. Durch die Verwendung der Versteigerungsdaten konnten die Sicherheiten im Schnitt um 1,8%, im Extremfall bis zu 47% gesteigert werden.

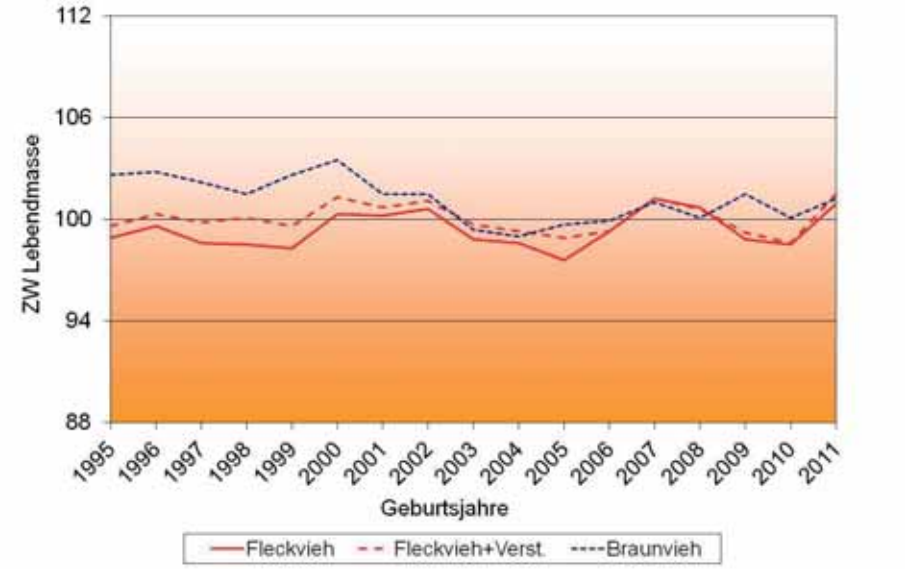


Abbildung 8.5.1: Genetische Trends für Lebendmasse der KB-Stiere der Rassen Fleckvieh (mit und ohne Versteigerungsgewichte) und Braunvieh

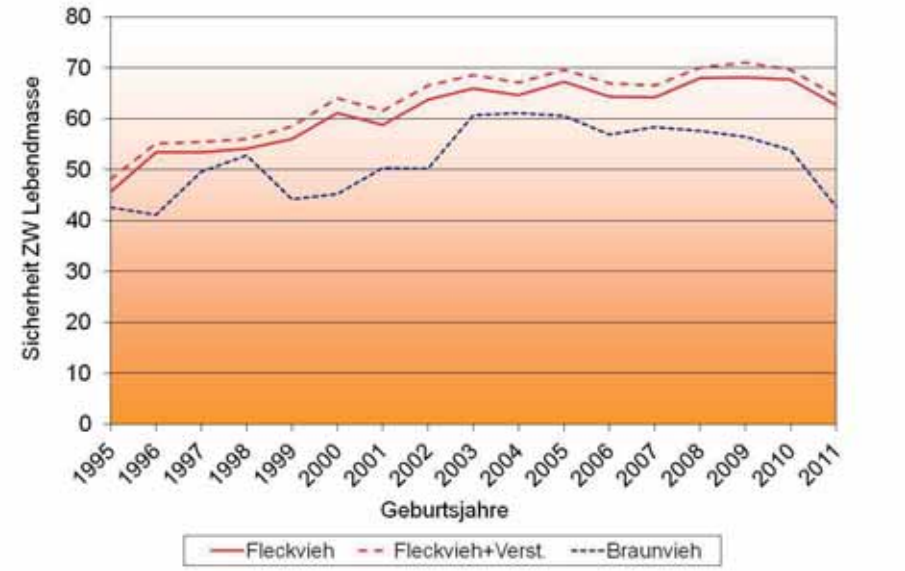


Abbildung 8.5.2: Entwicklung der durchschnittlichen Sicherheiten für Lebendmasse der KB-Stiere der Rassen Fleckvieh (mit und ohne Versteigerungsgewichte) und Braunvieh

In Tabelle 8.5.12 sind die Anzahlen an Stieren über 30, 50, 70 bzw. 90% Sicherheit zu finden. Daraus ist ersichtlich, dass trotz ausschließlicher Verwendung von österreichischen Daten viele Stiere hohe Sicherheiten erreichen. Wenn man bedenkt, dass bei der Einführung einer Routine-ZWS für Lebendmasse auch Daten aus Deutschland, Tschechien und Italien verwendet werden würden, kann man davon ausgehen, dass die Sicherheiten noch deutlich steigen. Dadurch wäre es durchaus möglich, eine genomische ZWS für Lebendmasse zu

implementieren, um auch bei Jungstieren bereits Zuchtwerte für Lebendmasse zur Verfügung zu haben.

Tabelle 8.5.12 Anzahl KB-Stiere über 30, 50, 70 bzw. 90% Sicherheit für den Zuchtwert Lebendmasse

Sicherheit ≥	Fleckvieh	Fleckvieh+Verst.	Braunvieh
30%	5.788	7.100	2.919
50%	3.173	3.481	1.108
70%	2.103	2.319	481
90%	218	300	82

In Abbildung 8.5.3 ist der Zusammenhang zwischen den Zuchtwerten für Lebendmasse und dem durchschnittlichen Gewicht der Kühe dargestellt. Beim Fleckvieh geht die Bandbreite von den Stieren mit den niedrigsten zu den höchsten Lebendmasse-Zuchtwerten von durchschnittlich 700 bis 770 kg, beim Braunvieh reicht die Bandbreite von ca. 600 bis 700 kg.

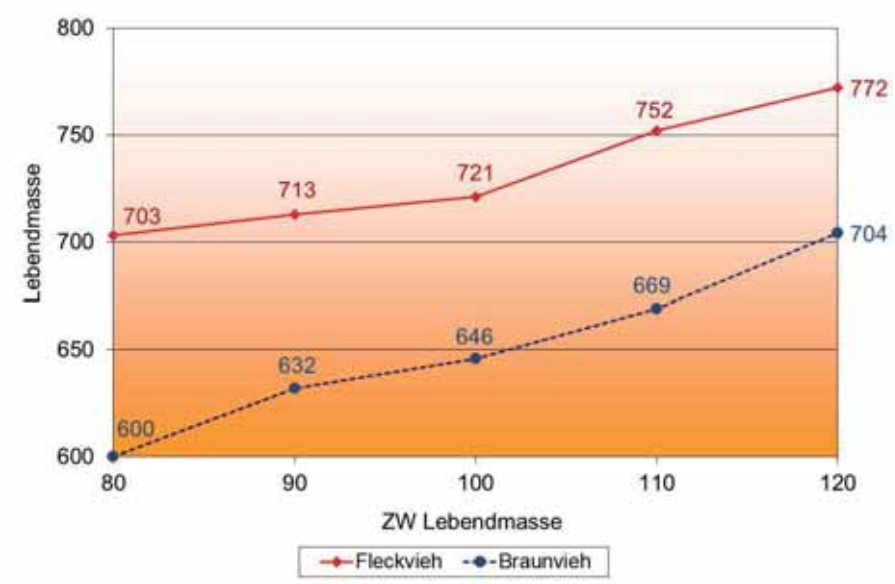


Abbildung 8.5.3: Durchschnittliche phänotypische Unterschiede in Abhängigkeit vom ZW Lebendmasse bei Fleckvieh und Braunvieh

Zur groben Abschätzung wie wichtig direkte Gewichtsdaten der Kühe sind, um zuverlässige Lebendmasse-Zuchtwerte zu schätzen, wurden mehrere Testläufe mit unterschiedlichen Daten durchgeführt. Diese Testläufe basierten ausschließlich auf Kühen mit Efficient Cow-Daten. Zusätzlich zur vollständigen Variante (alle 14 bzw. 13 verfügbaren Merkmale) wurden Testläufe ausschließlich mit den Körpermaßen (Fleckvieh: Kreuzhöhe, Hüftbreite, Mittelhandlänge, Rumpftiefe, Beckenlänge; Braunvieh: Kreuzhöhe, Rumpftiefe, Beckenlänge, Brustbreite, Beckenbreite), ein weiterer Testlauf mit zusätzlicher Verwendung der

Bemuskelungsnote und schließlich mit zusätzlicher Berücksichtigung des Brustumfangs durchgeführt.

In Tabelle 8.5.13 sind die Sicherheiten bzw. Sicherheitsunterschiede und ZW-Korrelationen dieser Testläufe angeführt. Bei ausschließlicher Verwendung der Körpermaße (‚Maße') ist die durchschnittliche Sicherheit der KB-Stiere um ca. 11 (Fleckvieh) bzw. 15% (Braunvieh) niedriger als mit dem vollständigen Datensatz inklusive der Lebendgewichte. Wenn man die Bemuskelung dazu nimmt, ist der Sicherheitsverlust nur mehr etwa 8%, bei zusätzlicher Verwendung des Brustumfangs nur mehr maximal 4 Prozentpunkte. Die ZW-Korrelationen zeigen, dass man mit den routinemäßig vorliegenden Maßen aus der linearen Beschreibung und der Bemuskelung zumindest mit einer Korrelation deutlich über 0,80 rechnen kann. Würde man zusätzlich auch den Brustumfang erheben, könnte man die Korrelation noch einmal deutlich steigern.

Tabelle 8.5.13 Sicherheits-Differenzen und ZW-Korrelationen von Testläufen mit unterschiedlichen Daten

	Fleckvieh (n=513)		Braunvieh (n=174)	
	Sicherheit(-Diff.)	**Korrelation**	**Sicherheit(-Diff.)**	**Korrelation**
Lebendmasse	44,7	1,00	44,9	1,00
Maße	-10,8	0,78	-14,6	0,78
Maße+Bemusk.	-7,9	0,82	-7,9	0,86
Maße+Bemusk.+BU	-3,9	0,88	-0,4	0,98

8.5.3 Korrelationen der Lebendmasse zu Gesamtzuchtwert-Merkmalen

Zur Abschätzung der Zusammenhänge der Lebendmasse zu den anderen ZW-Merkmalen wurden die ZW-Korrelationen bei Fleckvieh und Braunvieh berechnet. Als Vorbereitung auf eine mögliche Einbeziehung der Lebendmasse in den Gesamtzuchtwert (GZW) wurden beim Fleckvieh auch die genetischen Korrelationen zu den Merkmalen im GZW geschätzt. Die genetischen Korrelationen wurden anhand von de-regressierten Zuchtwerten entsprechend der im Projekt OptiGene (Egger-Danner et al., 2012; Pfeiffer, 2015) untersuchten ‚Methode Ducrocq' geschätzt. Die Ergebnisse der ZW-Korrelationen und der genetischen Korrelationen sind in Tabelle 8.5.14 dargestellt.

Die ZW-Korrelationen zeigen, dass Lebendmasse und GZW praktisch unkorreliert sind. Das bedeutet, dass bei Selektion nach dem aktuellen GZW keine nennenswerten Veränderungen der Lebendgewichte zu erwarten sind. Der Zusammenhang zu den Milchmerkmalen ist nahe Null mit negativer Tendenz zu den Mengenmerkmalen beim Fleckvieh. Erwartungsgemäß merklich positiv ist der Zusammenhang zu Nettozunahme und Handelsklasse. Zur Fitness besteht tendenziell ein negativer Zusammenhang, speziell zur Nutzungsdauer, zum paternalen Kalbeverlauf, aber auch zu Persistenz und Vitalität. Die Korrelationen zu den Gesundheitsmerkmalen sind sehr unsicher geschätzt und daher schwierig einzuschätzen. Der deutliche Zusammenhang zu Rahmen und Bemuskelung ist naheliegend, zur Beckennote beim Braunvieh allerdings etwas überraschend hoch.

Tabelle 8.5.14 Zuchtwert-Korrelationen der Lebendmasse zu weiteren ZW-Merkmalen und genetische Korrelationen zu allen GZW-Merkmalen beim Fleckvieh.

	ZW-Korrelationen		Genet. Korr.
	Fleckvieh	Braunvieh	Fleckvieh
Gesamtzuchtwert (GZW)	-0,04	0,01	
Milchwert (MW)	-0,08	0,08	
Fleischwert (FW)	0,13	0,21	
Fitnesswert (FIT)	-0,04	-0,14	
Milch-kg	-0,06	0,03	
Fett-%	-0,06	0,06	
Fett-kg	-0,13	0,08	-0,15
Eiweiß-%	0,10	0,09	
Eiweiß-kg	-0,01	0,08	-0,10
Nettozunahme	0,34	0,23	0,13
Ausschlachtung	-0,06	0,04	0,00
Handelsklasse	0,15	0,17	0,13
Nutzungsdauer	-0,10	-0,20	-0,01
Persistenz	-0,05	-0,21	0,01
Fruchtbarkeitswert	0,02	0,02	0,00
Kalbeverlauf paternal	-0,16	-0,13	
Kalbeverlauf maternal	0,05	0,06	-0,03
Vitalitätswert	-0,17	-0,04	-0,18
Eutergesundheitswert	0,05	-0,10	0,08
Zellzahl	0,03	-0,14	
Melkbarkeit	-0,11	-0,05	-0,11
Mastitis	0,08	-0,26	
Frühe Fruchtb.störungen	-0,03	-0,03	
Zysten	0,00	-0,01	
Milchfieber	0,18	-0,03	
Rahmen	0,54	0,49	
Bemuskelung/Becken*	0,68	0,58	
Fundament	-0,15	0,10	
Euter	0,03	0,03	

*Be: Bemuskelung (Fleckvieh), Becken (Braunvieh)

Die dargestellten Zusammenhänge in Form von Korrelationen sind grundsätzlich linear definiert. Da man bei der Lebendmasse aber von einem Optimumbereich ausgehen kann (siehe Kapitel 7), wurden die durchschnittlichen Zuchtwerte für verschiedene ZW-Klassen berechnet. In Tabelle 8.5.15 sind die durchschnittlichen Zuchtwerte eingeteilt in Klassen von unter 85 bis über 115 für den ZW Lebendmasse beim Fleckvieh dargestellt. Aus dieser Darstellung lassen sich keine nennenswerten nicht-linearen Zusammenhänge ablesen.

Tabelle 8.5.15 Durchschnittliche Zuchtwerte in Abhängigkeit des Zuchtwertes für Lebendmasse beim Fleckvieh.

	ZW Lebendmasse				
	≤85	**86-95**	**96-105**	**106-115**	**≥116**
Gesamtzuchtwert (GZW)	105,8	104,7	104,6	103,6	103,5
Milchwert (MW)	103,8	102,4	101,8	101,0	100,9
Fleischwert (FW)	99,3	100,2	101,8	101,7	105,4
Fitnesswert (FIT)	103,2	103,2	103,0	102,7	101,0
Milch-kg	142	132	86	69	19
Fett-%	0,02	-0,01	-0,02	-0,03	-0,01
Fett-kg	6,7	3,9	1,7	0,1	-0,4
Eiweiß-%	0,00	-0,02	0,01	0,01	0,03
Eiweiß-kg	4,5	3,2	3,4	2,7	2,8
Nettozunahme	95,1	98,9	102,0	104,1	109,2
Ausschlachtung	102,8	101,1	101,3	99,3	101,0
Handelsklasse	98,7	100,0	101,1	101,6	104,5
Nutzungsdauer	104,1	103,4	103,0	102,1	99,3
Persistenz	101,9	99,6	100,9	100,2	97,0
Fruchtbarkeitswert	101,2	103,1	102,3	102,6	104,1
Kalbeverlauf paternal	102,6	102,3	99,9	98,4	98,2
Kalbeverlauf maternal	101,5	101,3	101,5	102,1	102,0
Vitalitätswert	104,6	101,9	100,1	100,1	96,4
Eutergesundheitswert	99,8	101,0	101,9	101,8	101,9
Zellzahl	99,9	100,9	101,6	101,2	101,2
Melkbarkeit	105,8	102,0	101,5	101,1	100,3
Mastitis	99,8	100,9	101,8	102,5	101,4
Frühe Fruchtb.störungen	101,1	101,7	100,8	100,5	102,2
Zysten	100,2	101,0	100,9	100,7	101,6
Milchfieber	96,3	99,7	100,5	102,0	103,4
Rahmen	92,2	98,0	101,7	106,7	111,5
Bemuskelung	89,2	97,0	103,3	108,3	114,7
Fundament	104,0	102,4	101,1	100,5	99,9
Euter	102,1	102,4	102,5	103,3	102,2

8.5.4 Zuchtwertschätzung für Nährstoff-Effizienz mit und ohne Hilfsmerkmale

Wie aus Kapitel 7 hervorgeht, handelt es sich beim Merkmal LE_INEL (mit der Milch abgegebene Energie MJ LE/ gesamte Energieaufnahme MJ INEL) um ein geeignetes Merkmal für die Nährstoff-Effizienz. Dieses Merkmal wurde im Rahmen dieses Projektes mit großem Aufwand erhoben, in der Routine ist es allerdings illusorisch, dieses Merkmal in größerem Umfang zu erfassen. Zur Abschätzung wie gut man trotzdem Zuchtwerte für LE_INEL nur mit den Hilfsmerkmalen ECM und Lebendmasse schätzen kann, wurden ZWS-Testläufe mit den Efficient Cow-Daten durchgeführt. Die verwendeten genetischen Parameter entsprechen den Ergebnissen aus Tabelle 8.3.4. Als Referenz wurde ein multivariater Testlauf mit LE_INEL, ECM und Lebendmasse durchgeführt. In zwei weiteren Testläufen wurden nur ECM bzw. ECM und Lebendmasse verwendet. Damit sollte abgeschätzt werden, wie gut man LE_INEL nur mit ECM bzw. mit zusätzlicher Erfassung der Lebendmasse in der Routine schätzen könnte.

Die Ergebnisse (Tabelle 8.5.16) zeigen, dass die ZW-Sicherheiten für LE_INEL bei ausschließlicher Verwendung von ECM je nach Rasse um 11 bis 19% niedriger liegen. Auch die Korrelationen liegen mit 0,75 bis 0,80 deutlich unter 1. Bei zusätzlicher Verwendung der Lebendmasse liegt die Sicherheit nur mehr 3 bis 5% unter dem Testlauf mit LE_INEL-Daten und auch die Korrelationen liegen über 0,90. Aus diesen Ergebnissen lässt sich ableiten, dass man mit ECM und Lebendmasse die Nährstoff-Effizienz in der Praxis mit relativ hoher Genauigkeit schätzen könnte.

Tabelle 8.5.16 Zuchtwert-Korrelationen und Sicherheitsdifferenzen von LE_INEL aus Hilfsmerkmalen (nur ECM bzw. ECM+Lebendmasse) im Vergleich zur Verwendung direkter Daten (ECM+Lebendmasse+LE_INEL).

	Anzahl	ZW-Korrelation		Sicherheitsdifferenz	
Rassen	**Stiere**	**nur ECM**	**ECM+LM**	**nur ECM**	**ECM+LM**
Fleckvieh	274	0,79	0,95	-13,2	-2,7
Braunvieh	127	0,75	0,94	-19,0	-5,4
Holstein	126	0,80	0,91	-10,8	-4,8

8.6 Nutzung von Wiegedaten von Versteigerungen sowie Daten der linearen Beschreibung

Wiegedaten von Versteigerungen sowie Ergebnisse der linearen Beschreibung wurden zusätzlich zu Arbeitspaket 2 (Kapitel 6) dazu verwendet, Schätzgleichungen für die Lebendmasse abzuleiten und an Efficient Cow Daten zu validieren. Die Ableitung der Schätzgleichungen erfolgte getrennt für die vier Genotypen Fleckvieh, Braunvieh und Holstein bis 25% Fremdgenanteil sowie Fleckvieh mit mehr als 25 und maximal 75% Fremdgenanteil. Ziel dieser Analyse war, die Brauchbarkeit der linearen Beschreibungsdaten hinsichtlich der Berechnung der Lebendmasse für Managementzwecke zu überprüfen.

Datengrundlage und Analyse

Insgesamt wurden mehr als 500.000 Versteigerungsdaten aller Altersgruppen und Rassen für die Analyse zur Verfügung gestellt, fast die Hälfte davon fiel jedoch in die Kategorie Kalb. Für

die Daten der linearen Beschreibung standen 13.570 Datensätze zur Verfügung. Für alle Rassen wurden die Daten auf Kühe in der 1. und 2. Laktation eingeschränkt, die Versteigerung musste max. 30 Tage vor oder nach der linearen Beschreibung erfolgt sein. Um einen größeren Datensatz verwenden zu können, wurden die Bemuskelungsnoten der Beurteilungsschablone alt beim Fleckvieh (vor 2011, Noten 1-9) mit Hilfe folgenden Formel auf die Schablone Fleckvieh 2011 transformiert:

$Bemusk_{neu}=(((Bemusk_{alt}-Mittelwert_{Bemuskalt})/std_{alt}) *std_{neu}) + Mittelwert_{Bemuskneu}$

mit Bemusk = Bemuskelungsnote und std = Standardabweichung der Bemuskelungsnote.

Als Kovariablen wurden in der Schätzgleichung beim Fleckvieh die Maße Kreuzhöhe, Hüftbreite, Mittelhandlänge, Rumpftiefe, Beckenlänge sowie die Bemuskelungsnote, das Alter bei der Beurteilung sowie der BCS berücksichtigt. Beim Braunvieh standen die Kovariablen Kreuzhöhe, Rumpftiefe, Beckenlänge, Beckenbreite, Rahmen, Bemuskelung, Brustbreite und Alter bei der Beurteilung zur Verfügung, bei der Rasse Holstein die Merkmale Kreuzhöhe, Stärke, BCS und Alter bei der Beurteilung. Alle Kovariablen wurden linear, quadratisch und kubisch im Ausgangsmodell berücksichtigt; das Modell wurde schrittweise reduziert, wenn $P > 0.10$.

Ergebnisse und Diskussion

In Tabelle 8.6.1 werden die Schätzer für die vier Genotypen dargestellt. Die durchschnittlichen Lebendmassen liegen zwischen 572 (Holstein) und 625 kg (Fleckvieh bis 25% Fremdgenanteil).

In Abbildung 8.6.1 wird die Beziehung zwischen gemessener und geschätzter Lebendmasse für die vier Genotypen dargestellt. Aus Abbildungen 8.6.1 und 8.6.2, letztere zeigt die Verteilung der Residuen für den jeweiligen Genotyp, wird ersichtlich, dass die Schätzgenauigkeit nicht zufriedenstellend ist. Die Residualstandardabweichung ist hoch und liegt zwischen 32,2 und 39,1 kg, teilweise wurde die Lebendmasse um bis zu 150 kg unter- bzw. überschätzt.

Tabelle 8.6.1 Intercept, Regressionskoeffizienten, durchschnittliche Lebendmasse (LM), Residualstandardabweichung (RMSE) und Bestimmtheitsmaß (R^2) für die Schätzung der Lebendmasse auf Basis von Daten der linearen Beschreibung und Versteigerungen

Schätzer	**Fleckvieh bis 25% FG (N =1427)**	**Fleckvieh mehr als 25 und weniger als 75% FG (N=394)**	**Braunvieh**	**Holstein**
Intercept	21655,80	-1820,47	-56,61	458,26
Kreuzhöhe (cm)	-538,37	4,56	4,23	3,39
Kreuzhöhe^2	3,8267	-	-	-
Kreuzhöhe^3	-0,00897	-	-	-
Hüftbreite (cm)	9,75	-95,12	-	-
Hüftbreite^2	-0,0669	0,9431	-	-
Mittelhandlänge (cm)	113,52	120,79	-	-
Mittelhandlänge^2	-1,5342	-1,7629	-	-
Mittelhandlänge^3	0,00680	0,00824	-	-
Rumpftiefe (cm)	-0,79	-	3,28	-
Beckenlänge (cm)	14,89	1,89	14,36	-
Beckenlänge^2	-0,1013	-	-0,1026	-
Beckenbreite (cm)	-	-	-54,92	-
Beckenbreite^2	-	-	0,8379	-
Brustbreite (Note)	-	-	7,40	-
Rahmen (Note)	-	-	-1,32	-
Bemuskelung (Note)	5,21	38,03	9,79	-
Bemuskelung^2	-	-0,2198	-	-
Alter (d)	0,045	-0,186	0,260	0,12
Alter^2	-	0,0001	-0,0001	-
BCS (Note)	-0,48	-0,78	-	-339,23
BCS^2	0,0010	0,0015	-	62,4888
BCS^3	-	-	-	-3,59641
Stärke (Note)	-	-	-	14,11
LM	625	609	575	572
RMSE	39,08	38,30	32,23	36,47
R^2	0,52	0,55	0,59	0,50

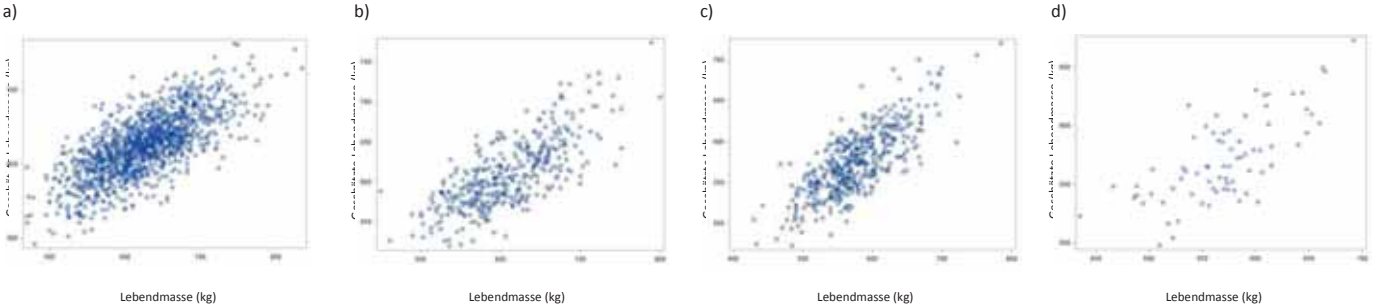


Abbildung 8.6.1 Beziehung zwischen Lebendmasse und geschätzter Lebendmasse für a) Fleckvieh bis 25% Fremdgenanteil, b) Fleckvieh mit einem Fremdgenanteil höher als 25 und maximal 75%, c) Braunvieh, d) Holstein

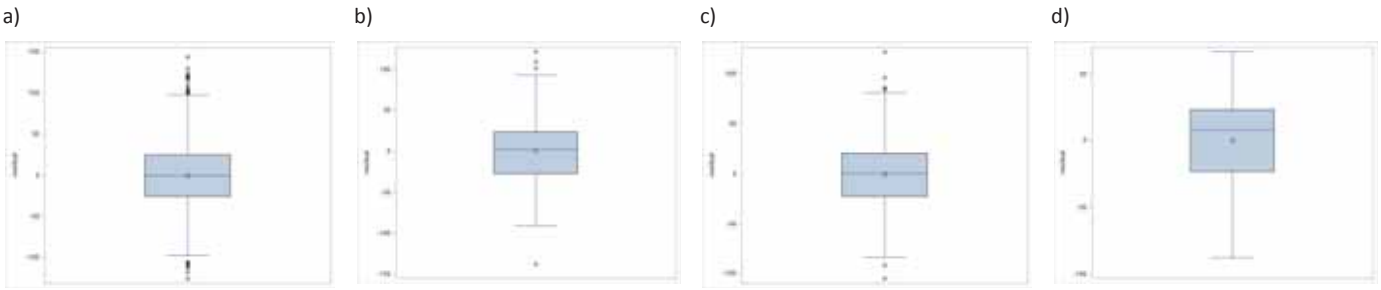


Abbildung 8.6.2 Boxplot der Residuen für a) Fleckvieh bis 25% Fremdgenanteil, b) Fleckvieh mit einem Fremdgenanteil höher als 25 und maximal 75%, c) Braunvieh, d) Holstein

Um zu überprüfen, ob die maximale Differenz von 30 Tagen zwischen Wiegung anlässlich der Versteigerung und linearer Beschreibung zu groß war, um verlässliche Schätzer zu erhalten, wurden die durchschnittlichen Residuen für 5 Tage-Klassen berechnet. Während zu erwarten war, dass bei höherer Differenz zwischen Zeitpunkt der Wiegung und Linearer Beschreibung die Schätzgenauigkeit abnimmt, wurde beim Fleckvieh bis 25% in der Klasse 0 – 5 Tage die höchste Spannbreite der Residuen beobachtet. Das Minimum der Residuen lag bei -126 kg, das Maximum bei 144 kg. Ähnliche Ergebnisse der weiteren Genotypen bestätigten, dass nicht die zeitliche Differenz zwischen Wiegung und linearer Beschreibung, sondern vermutlich das Fehlen des Brustumfangs zu diesen großen Schätzungenauigkeiten führte. Anzumerken ist, dass die Bemuskelungsnote beim Fleckvieh (beide Genotypen) eine Erhöhung des Bestimmtheitsmaßes von 11% bewirkte. Insgesamt waren die Bestimmtheitsmaße relativ niedrig und lagen zwischen R^2 = 0,50 bis 0,59 (Tabelle 8.6.1).

Daten für die Abkalbung bzw. für die Trächtigkeitsdauer lagen in diesem Fall nicht vor. Die lineare Beschreibung erfolgt aber üblicherweise bei Erstlingskühen in Milch im ersten Laktationsdrittel. Spätere Beschreibungen bzw. Nachbeschreibungen in der zweiten Laktation kommen seltener vor. Die Berücksichtigung des Laktationsstadiums und natürlich auch der Trockenstehzeit ist für die Ableitung einer Schätzformel aus linearer Beschreibung daher nicht unbedingt nötig. Folglich wurde nur das zur Verfügung stehende Alter bei der Beurteilung als Kovariable berücksichtigt. Alternativ wurden auch Modelle mit den Effekten Laktationsnummer bei der Beschreibung bzw. Alter innerhalb der Laktationsnummer getestet, diese führten aber zu erhöhten Residualvarianzen.

Für die Validierung anhand der Efficient Cow Daten wurden folgende Einschränkungen vorhgenommen:

- Fleckvieh-Kühe bis 25% Fremdgenanteil der ersten Laktation
- Differenz zwischen linearer Beschreibung und Wiegung maximal 30 Tage
- Alter der Kühe kleiner als 1500 Tage

Insgesamt standen 1144 Datensätze zur Verfügung, allerdings lagen nur für 729 Tiere Bewertungen inklusive BCS vor. Die Korrelation zwischen Lebendmasse und geschätzter Lebendmasse lag sogar minimal höher als im Schätzdatensatz (r = 0,75 vs. r = 0,72), die Abweichungen einzelner Tiere lag aber bei bis zu 200 kg und tendenziell wurde die Lebendmasse unterschätzt.

Insgesamt lässt sich aus den Ergebnissen schließen, dass die Ergebnisse der linearen Beschreibung zwar wertvolle Hilfsmittel zur Erhöhung der Sicherheit in der Zuchtwertschätzung darstellen, für die Berechnung der Lebendmasse für Managementzwecke jedoch nicht ausreichend erscheinen. Wollte man diese Daten auch auf phänotypischer Ebene nutzen, müsste in Anlehnung an die Ergebnisse, die in Kapitel 6 dargestellt wurden, zusätzlich der Brustumfang erhoben werden.

8.7 Meilensteine – spezifische Fragestellungen

- Definition geeigneter Effizienzmerkmale für die Schätzung genetischer Parameter
- Diplomarbeit Huber (2016) zur Produktionseffizienz
- Genetische Analyse von Lebendmasse, Maßen und Daten der linearen Beschreibung bzw. Effizienzparametern
- Zuchtwertschätztestlauf mit Berücksichtigung der Daten aus linearer Beschreibung bzw. Versteigerungen
- Zuchtwert- bzw. genetische Korrelationen zum Gesamtzuchtwert, Teilindices und Merkmalen im Gesamtzuchtwert
- Schätzung der Lebendmasse unter ausschließlicher Verwendung von Daten der linearen Beschreibung

8.8 Literatur

Berry, D.P., Coffey, M.P., Pryce, J.E., de Haas, Y., Løvendahl, P., Krattenmacher, N., Crowley, J.J., Wang, Z., Spurlock, D., Weigel, K., Macdonald, K., Veerkamp, R.F., 2014. International genetic evaluations for feed intake in dairy cattle through the collation of data from multiple sources. Journal of Dairy Science 97, 3894–3905.

Berry, D.P. und Pryce, J.E., 2014. Feed Efficiency in Growing and Mature Animals. Proceedings of the 10th Word Congress of Genetics Applied to Livestock Production, Vancouver 2014. https://asas.org/docs/default-source/wcgalp-proceedings-oral/109_paper_10258_manuscript_1631_0.pdf?sfvrsn=2

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

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

De Haas, Y., Pryce, J.E., Berry, D.P., Veerkamp, R.F., 2014. Genetic and genomic solutions to improve feed efficiency and reduce environmental impact of dairy cattle. Proceedings of the 10th Word Congress of Genetics Applied to Livestock Production, Vancouver 2014. https://asas.org/docs/default-source/wcgalp-proceedings-oral/286_paper_10254_manuscript_1264_0.pdf?sfvrsn=2.

Egger-Danner, C., Fürst, C., Fürst-Waltl, C., Pfeiffer, C., Schwarzenbacher, H., Steininger, F., Willam, A., 2015. Endbericht zum Projekt Optimierung der langfristigen züchterischen Entwicklung der österreichischen Rinderrassen unter besonderer Berücksichtigung der Gesundheit und der genomischen Selektion.

https://www.dafne.at/dafne_plus_homepage/download.php?t=ProjectReportAttachment&k=3703

FAO, 2009. Declaration of the world food summit on food security. ftp://ftp.fao.orf/docrep/fao/Meeting/018/k6050e.pdf

Groeneveld E., Kovač, M., Mielenz, N., 2008. VCE Users's Guide and Reference Manual. Version 6.0. Institute of Farm Animal Genetics, Neustadt, Germany.

Gruber, L., Schwarz, F.J., Erdin, D., Fischer, B., Spiekers, H., Steingaß, H., Meyer, U., Chassot, A., Jilg, T., Obermaier, A., Guggenberger, T., 2004. Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen – Datenbasis von 10 Forschungs- und Universitätsinstituten Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. VDLUFA Schriftenreihe, Band 60, 484-504.

Gunsett, F.C., 1984. Linear index selection to improve traits defined as ratios. Journal of Animal Science 59, 1185–1193.

Huber, L., 2016. Untersuchungen zur Effizienz bei Milchkühen in Österreich. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

Hurley, A.M., McParland, S., Kennedy, E., Lewis, E., O´Donovan, M., López-Villalobos, N., Berry, D.P., 2014. Genetics of Alternative Definitions of Feed Efficiency in Grazing Lactating Dairy Cows. Proceedings of 10th Word Congress of Genetics Applied to Livestock Production, Vancouver 2014. https://asas.org/docs/default-source/wcgalp-posters/580_paper_9736_manuscript_899_0.pdf?sfvrsn=2

De Jong, G., van der Linde, R., de Haas, Y., Veerkamp, R. F., 2016. Genetic evaluation for feed intake in the Netherlands and Flanders, impact on efficiency and responses. Interbull Meeting, Puerto Varas, Chile. http://www.interbull.org/static/web/DMI_EBVInterbull2016_Gerben.pdf

Kirner L., 2006. Betriebswirtschaftliche Aspekte der Milchviehhaltung. In: FAT (Hrsg): Landtechnik im Alpenraum. FAT-Schriftenreihe Nr. 68, 107-113. http//www.blt.bmlfuw.gv.at/vero/veranst/030/Tagungsband/16_Kirner_Seite_107-114.pdf

Lidauer, M., Matilainen, K., Mäntysaari, E., Stranden, I., 2015. MiX99 – Manual.

Lopez-Villalobos, N., Berry, D. P., Horan, B., Buckley, F., Kennedy, J., O'Donovan, M., Shalloo, L., Dillon, P. G., 2008. Genetics of residual energy intake in Irish grazing dairy cows. Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod. 68, 97–100.

Madsen, P. und Jensen, J., 2008. DMU – a package for analysing multivariate mixed models, version 6.

Manzanilla-Pech, C. I. V., Veerkamp, R. F., Tempelman, R. J., van Pelt, M. L., Weigel, K. A., VandeHaar, M., Lawlor, T. J., Spurlock, D. M., Armentano, L. E., Staples, C. R., Hanigan, M., De Haas, Y., 2016. Genetic parameters between feed-intake-related traits and conformation in 2 separate dairy populations—the Netherlands and United States. Journal of Dairy Science 99, 443–457.

Manzanilla Pech, C.I.V., Veerkamp, R.F., Calus, M.P.L., Zom, R., Knegsel, A. van, Pryce, J.E., De Haas, Y,. 2014. Genetic parameters across lactation for feed intake, fat- and protein-corrected milk, and liveweight in first-parity Holstein cattle. Journal of Dairy Science 97: 5851–5862.

Miglior, F., Muir, B.L., Van Doormaal, B.J., 2005. Selection indices in Holstein cattle of various countries. Journal of Dairy Science 88, 1255-1263.

Ngwerume, F., und Mao, L., 1992. Estimation of residual energy intake for lactating cows using an animal model. Journal of Dairy Science 75, 2283–2287.

Pfeiffer, C., 2015. Optimization of the total merit index of Austrian dairy cattle – Validation and adaptation of an approximate multitrait two-step procedure. Dissertation, Universität für Bodenkultur Wien (BOKU), Österreich.

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

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

Stranden, I., Lidauer, M., Mäntysaari, E.A., Pösö, J., 2001. Calculation of Interbull weighting factors for the Finnish test day model. Interbull Bulletin 26, 78-79.

Svendsen, M., Skipenes, P., Mao, I. L., 1993. Genetic parameters in the feed conversion complex of primiparous cows in the first two trimesters. Journal of Animal Science 71, 1721–1729.

Thomet, P, Steiger Burgos, M, 2007. Kuhtyp für die graslandbasierte Milchproduktion. AgrarForschung 14 (9), 412-417.

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

VandeHaar, M.J., 2014. Feeding and Breeding For a More Efficient Cow. Dairy Technology 26, 17-30.

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

Veerkamp, R. F., Emmans, G. C., Cromie, A. R., Simm, G., 1995. Variance components for residual feed intake in dairy cows. Livest. Prod. Sci. 41, 111–120.

Weigel, K.A., Yao, C., Hoffmann, P.C., Armentano, L.E., Spurlock, D.M., Tempelman, R.J., VandeHaar, M.J., 2014. Improving biological and economic aspects of production efficiency through genetic selection and genome-guided replacement management. Proceedings of

the 10th Word Congress of Genetics Applied to Livestock Production, Vancouver 2014. https://asas.org/docs/default-source/wcgalp-proceedings-oral/285_paper_10256_manuscript_1629_0.pdf?sfvrsn=2

8.9 Publikationen

Pfeiffer, C., Fuerst-Waltl, B., Steininger, F., Egger-Danner, C., 2016. Genetic parameters of body weight and body measurements of Austrian dairy cattle. In: Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, Book of Abstracts of the 67th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science, 628.

9 Arbeitspaket 5: Zusammenhang Effizienz und Gesundheit

9.1 Ziele und geplante Maßnahmen

Ein wesentlicher Teil des Projektes ist die Abklärung der Zusammenhänge von Effizienzmerkmalen und Gesundheit. Es wird teilweise angenommen, dass effiziente Tiere, die stärker mobilisieren, krankheitsanfälliger sind.

- **M 1: Genetische Zusammenhänge zwischen Effizienz und Gesundheitsmerkmalen:** Die genetischen Zusammenhänge zu verschiedenen Gesundheitsmerkmalen, die auf tierärztlichen Diagnosen beruhen, werden analysiert. Spezielles Augenmerk wird auf den Stoffwechselbereich gelegt. Dabei werden mit Diagnosedaten von Tierärzten und Hilfsmerkmalen wie dem Fett-Eiweiß-Quotienten Heritabilitäten und Korrelationen zu bestehenden Merkmalen und den neuen Effizienzparametern geschätzt. Subklinische Diagnosen basierend auf Blutuntersuchungen können aus Kostengründen nicht berücksichtigt werden.
- **M 2: Analyse des Nutzens der BCS-Informationen**: Der Zusammenhang von BCS und der Häufigkeit des Auftretens von Erkrankungen wird untersucht.

9.2 Zusammenfassung

Im vorliegenden Arbeitspaket wurden die züchterischen Möglichkeiten zur Verbesserung von neuen für die Effizienz relevanten Gesundheitsmerkmale analysiert. Ein wesentlicher Bereich ist der Stoffwechsel, der in der Praxis oftmals unterschätzt wird. Hohe Milchleistungen gehen oftmals mit einer negativen Energiebilanz zu Beginn der Laktation einher. In dieser Phase mit hoher Mobilisierung treten verschiedene Stoffwechselerkrankungen häufiger auf. Daher ist bei Verbesserung der Effizienz wichtig, dass nicht jene Tiere selektiert werden, die viel Output (Milch, Fleisch) pro Input (Futter) herausholen, diese Effizienz aber durch verstärkte Mobilisierung in Verbindung mit höheren Erkrankungsraten erzielen. Negative Energiebilanzen äußern sich teilweise auch in Klauenerkrankungen. Daher war auch der Bereich Klauengesundheit von Interesse. Die Ergebnisse aus dem Projekt zeigen, dass verschiedene Managementtools wie zB der Ketotest, Körperkondition- oder auch Lahmheitsbeurteilung auch züchterisch wertvolle Merkmale sind. Generell wird zur Verbesserung der Stoffwechselstabilität und der Klauengesundheit ein Index empfohlen, wo verfügbare direkte und indirekte Merkmale kombiniert sind. Phänotypische Zusammenhänge zwischen BCS, Ketotest und Erkrankungen zeigen, dass BCS-Verluste zu Beginn der Laktation das Risiko von Stoffwechselerkrankungen erhöhen bzw. dass subklinische Ketosen das Risiko von weiteren Erkrankungen erhöhen. Bei den genetischen Analysen ist ein Trend zu erkennen, wonach Tiere mit höherer Milchleistung und höherer Energieaufnahme auch ein höheres Risiko für Erkrankungen aufweisen.

9.3 Einleitung

Um die Effizienz eines Tieres umfassend zu analysieren, ist auch der Zusammenhang von Effizienz und Gesundheit wesentlich.

Nach Veerkamp (1998) scheint es großes Potenzial zu geben, auf wirtschaftliche Effizienz durch die Selektion auf Futteraufnahme und Lebendgewicht oder entsprechende Hilfsmerkmale zu züchten. Es besteht jedoch noch große Unsicherheit über die genetischen Parameter, im speziellen von Parametern im Bezug zu Gesundheit, Fruchtbarkeit und Stoffwechsel. Der Zusammenhang zwischen Milchleistung und Gewicht hängt stark vom Laktationsstadium ab und ändert sich auch zwischen BCS und Milchleistung im Zuge der Laktation. Nach Podiwinsky (2011) sind auch Faktoren wie Nutzungsdauer, Lebensleistung und Erstkalbealter zu berücksichtigen. Thomet und Piccand (2011) stellen die Leistung bezogen auf das Lebendgewicht in der Vordergrund, doch auch dieses Merkmal greift zu kurz, um auch die Nutzungsdauer und den Aufzuchtaufwand zu berücksichtigen. Nach Zebeli und Klevenhusen (2011) sind des Weiteren gute Tiergesundheit, weniger Tierverluste und die bedarfsgerechte Fütterung bei Vermeidung von Überschüssen von Interesse.

Daher war es das Ziel in diesem Arbeitspaket, den Fokus auf neue Gesundheitsmerkmale wie den Stoffwechsel und die Klauengesundheit zu legen und die Zusammenhänge von Effizienz und Gesundheit zu analysieren.

Die Analyse von möglichen Einflussfaktoren auf die Produktionseffizienz inklusive der Aspekte der Tiergesundheit wurden in der Masterarbeit von Huber (2016) bearbeitet. In der Masterarbeit von Tüchler (2015) wurden Stoffwechselstörungen und Mastitis bei Milchkühen aufbauend auf den Efficient Cow-Daten analysiert.

Des Weiteren wurden die züchterischen Potenziale von verschiedenen Merkmalen, die den Stoffwechselbereich umschreiben und auch von Merkmalen, die den Klauengesundheitsbereich abbilden, analysiert. Merkmale aus der linearen Beschreibung wurden als indirekte Schätzer für die Klauengesundheit untersucht.

Kernpunkt waren die Analysen zur Effizienz. Einerseits wurde die Zusammenhänge zwischen Effizienzmerkmalen und verschiedenen Gesundheitsmerkmalen analysiert; andererseits die die Zusammenhänge von Gewicht mit BCS und Lahmheit.

9.4 Körperkondition, Ketotest, Fett-Eiweiß-Quotient und Erkrankungen

Im Rahmen des Projektes Efficient Cow wurde der Ketotest aus Milch einmal um den 7. Laktationstag und zusätzlich um den 14. Laktationstag durchgeführt. Die Beurteilung erfolgt anhand der Verfärbung. Geschätzt wird der Gehalt an Betahydroxybuttersäure (Elanco, 2016) wobei bereits ein Grenzwert ab 100 µmol/l als Ketose verdächtig ausgewiesen wird. Bei diesem Grenzwert von 100 µmol/l erscheinen ca. 44% der Kühe Ketose verdächtig. Wird die Grenze auf 200 µmol/l angehoben, so sind es ca. 14% der Tiere. Im selben Zeitraum wiesen auf den Efficient Cow–Betrieben allerdings nur 0,7% der Kühe auch eine tierärztliche Diagnose für Ketose auf. Beträchtliche Unterschiede bezüglich Anzahl Ketose verdächtiger Kühe zwischen den Efficient Cow-Betrieben (Variation von 0-40% subklinischer Kosten mit >=200 µmol/l) deuten auf die Möglichkeit der Optimierung durch entsprechende Management-Maßnahmen hin.

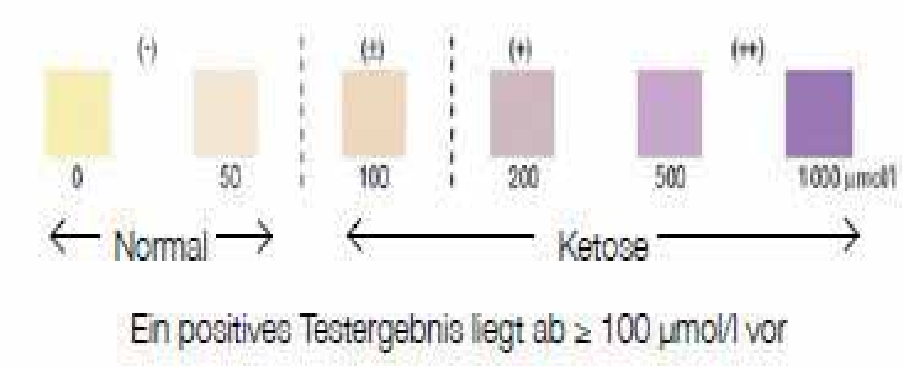


Abbildung 9.4.1 Ketotest-Ergebnis anhand der Verfärbung beim ELANCO-Milchtest

Fett-Eiweiß-Quotient (FEQ)

Einen Hinweis auf subklinische Ketosen gibt auch der FEQ zu Beginn der Laktation, der in den Tagesberichten der Landeskontrollverbände (LKVs) oder im Onlineportal (RDV4M – Mein Betrieb im Internet) auf einen Blick ersichtlich ist (Abbildung 9.4.1). Bezüglich Aussagekraft des FEQ ist jedoch zu bedenken, dass bei einem Kontrollintervall von durchschnittlich 40 Tagen möglicherweise aus dem aussagekräftigen Zeitraum zum Auftreten der Erkrankung kein Milchleistungskontrollergebnis vorliegt.

Abbildung 9.4.2 zeigt den Zusammenhang des FEQ von Kühen mit unterschiedlichen Ketotest-Ergebnissen aus dem Projekt Efficient Cow. Bei der Auswertung wurden die Kühe nach deren Ketotest-Ergebnis gruppiert. Tiere mit einem Ketotest-Ergebnis >= 200 µmol/l stiegen mit einem weitaus höheren FEQ ein, fielen stark ab und schlossen die Laktation mit einem Quotienten unter dem Niveau der gesunden Tiere ab. Bei Ketose verdächtigen Tieren (Ketotest zwischen 100 und 200 µmol/l) stieg der Fett-Eiweiß-Quotient zum Ende der Laktation überdurchschnittlich stark an.

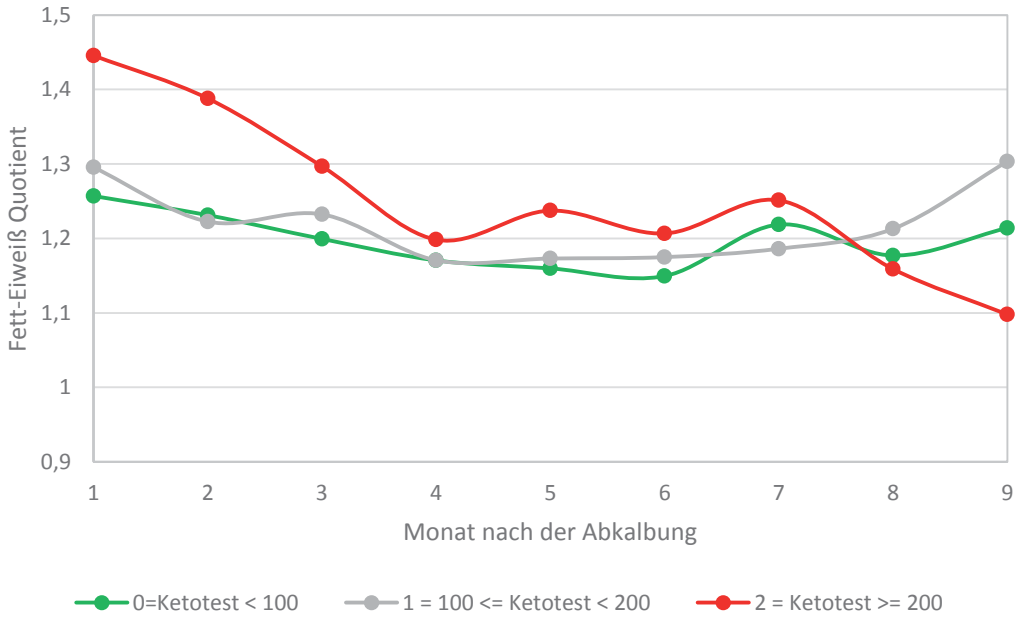


Abbildung 9.4.2 Fett-Eiweiß-Quotient von Efficient Cow-Fleckviehkühen in der ersten Laktation nach Laktationsmonaten und Ketotest-Ergebnis

Zu einer ähnlichen Aussage kamen Manzenreiter et al. (2014), die analysierten, wie sich der FEQ bei Ketose darstellt. Sie fanden deutliche Rasseunterschiede. Bei Fleckvieh wurde auch von ihnen die Aussage getroffen, dass der Grenzwert von 1,5 oftmals zu hoch sei. Zudem ist zu beachten, dass bei einem Kontrollintervall von ca. 40 Tagen dieses Hilfsmerkmal für viele Kühe nicht im aussagekräftigsten Zeitraum erhoben wird. Daher ist zu empfehlen, beim FEQ generell auch die ganze Herde zu betrachten.

Body Condition Score (BCS)

Im Rahmen des Projektes Efficient Cow wurde bei allen Kühen bei jeder Milchleistungsprüfung (MLP) der BCS bestimmt, wobei die Skala folgender Maßen definiert war: 1=hochgradig abgemagert, 2=Knochenvorsprünge sichtbar, 3=Knochenvorsprünge gut abgedeckt, 4=Knochenvorsprünge angedeutet, 5=hochgradig verfettet. Ing. Johann Häusler (HBLFA Raumberg-Gumpenstein, persönliche Mitteilung) empfiehlt bei der Abkalbung eine Körperkondition von 3-3,75 und eine optimale Abnahme im ersten Laktationsdrittel von 0,5-0,75 Punkten.

Die Auswertung der Daten aus dem Projekt Efficient Cow am Beispiel Fleckvieh zeigt, dass der Großteil der Tiere in diesem Bereich liegt (Abbildung 9.4.3). Es ist aber auch ersichtlich, dass mehr als 10 Prozent mit ihrem BCS unter 3,0 liegen. Die Abnahme von BCS im ersten Laktationsdrittel ist in der zweiten und dritten Laktation deutlicher ausgeprägter. In höheren Laktationen ist auch der Anteil an Stoffwechselerkrankungen deutlich höher. Wie die Abbildung 9.4.3 zeigt, könnte das auch mit einem stärker ausgeprägten Energiedefizit in Zusammenhang stehen.

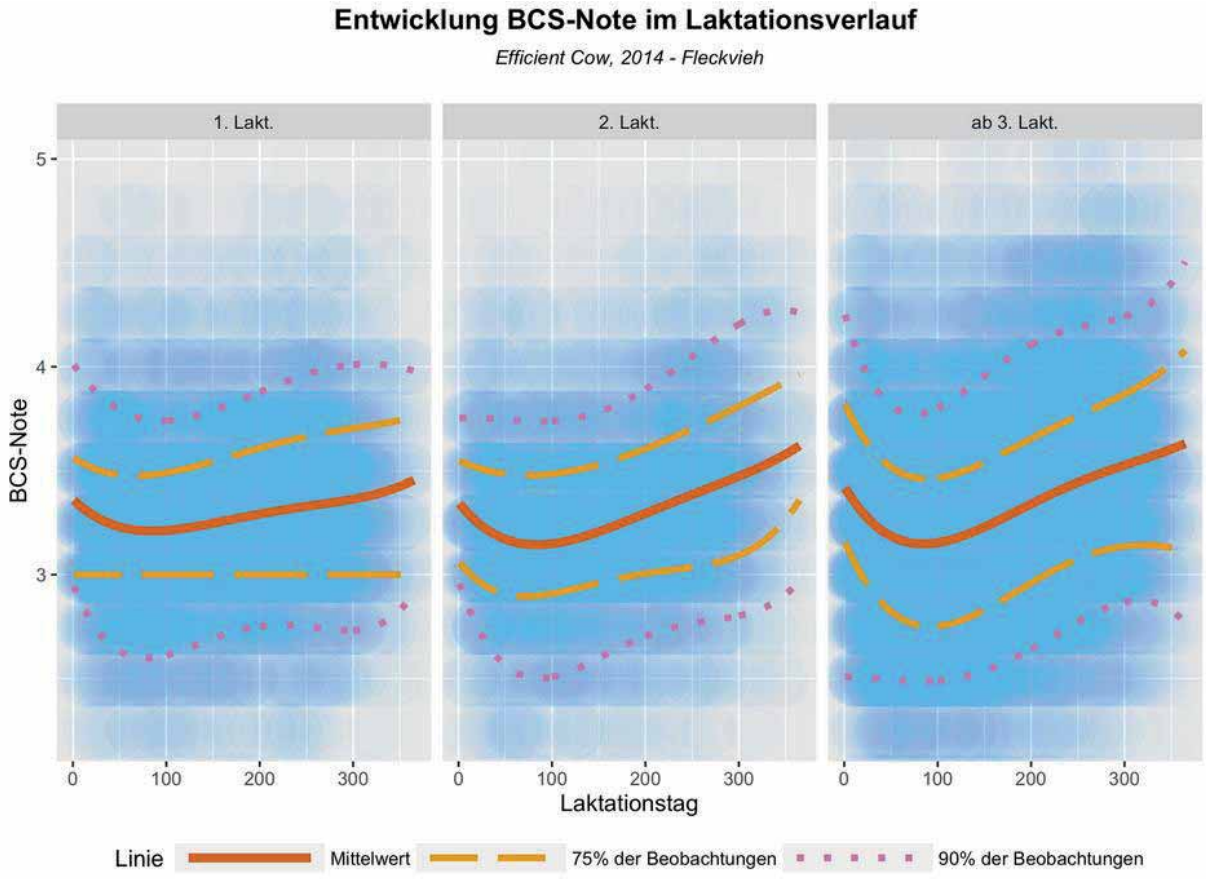


Abbildung 9.4.3 Verlauf des Body Condition Score bei Fleckvieh-Kühen aus dem Projekt Efficient Cow nach Laktationen

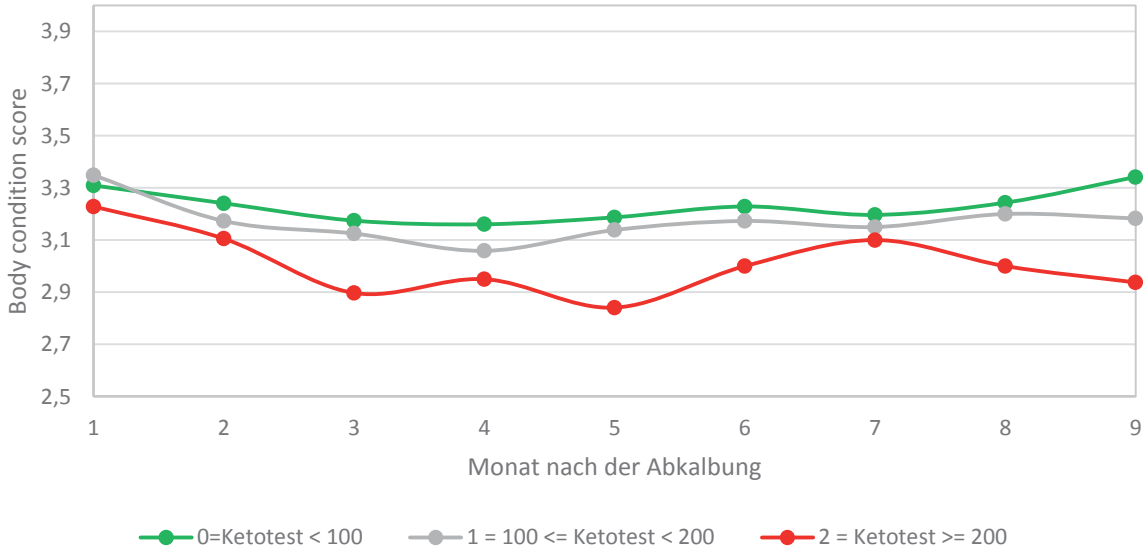


Abbildung 9.4.4 Zusammenhang zwischen Ketotest-Ergebnis und Body Condition Score am Beispiel von Fleckvieh-Kühen in der erste Laktation im Projekt Efficient Cow

Abbildung 9.4.4 zeigt den BCS-Verlauf von Fleckviehkühen aus dem Projekt Efficient Cow, die nach Ketotest-Ergebnissen aus dem ELANCO Milchtest gruppiert wurden. Die Ergebnisse zeigen, dass Kühe mit einem Ketotest-Ergebnis von >=200 µmol/l im Durchschnitt einen niedrigeren BCS aufweisen. Die Abbildung zeigt auch, dass diese Tiere ihr Konditions-Defizit die ganze Laktation über im Durchschnitt nicht mehr aufholen. Die regelmäßige Bestimmung des Body Condition Score oder der Rückenfettdicke, sind wertvolle Hilfsmittel zur Vorbeuge und Früherkennung von Stoffwechselerkrankungen.

Phänotypische Zusammenhänge zwischen subklinischen Ketosen und anderen Erkrankungen

Abbildung 9.4.5 zeigt, dass die Häufigkeiten von Erkrankungen bei Ketose verdächtigen Tieren deutlich ansteigen. Liegt bei Kühen mit einem Ketotestergebnis < 100 µmol/l der Anteil der Kühe mit Nachgeburtsverhaltung bei ca. 5%, so erhöht sich das Risiko mit steigendem Anteil von Betahydroxybutyrat (BHB). Kühe, die die 200 µmol/l Grenze überschritten haben fast doppelt so oft mit Nachgeburtsverhaltung zu kämpfen. Ein erhöhter BHB-Wert erhöht auch das Risiko für Milchfieber, sowie für Mastitis. Bei den Zysten ist ein eher uneinheitliches Bild zu beobachten. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Kühe mit subklinischen Ketosen deutlich anfälliger für andere Erkrankungen sind.

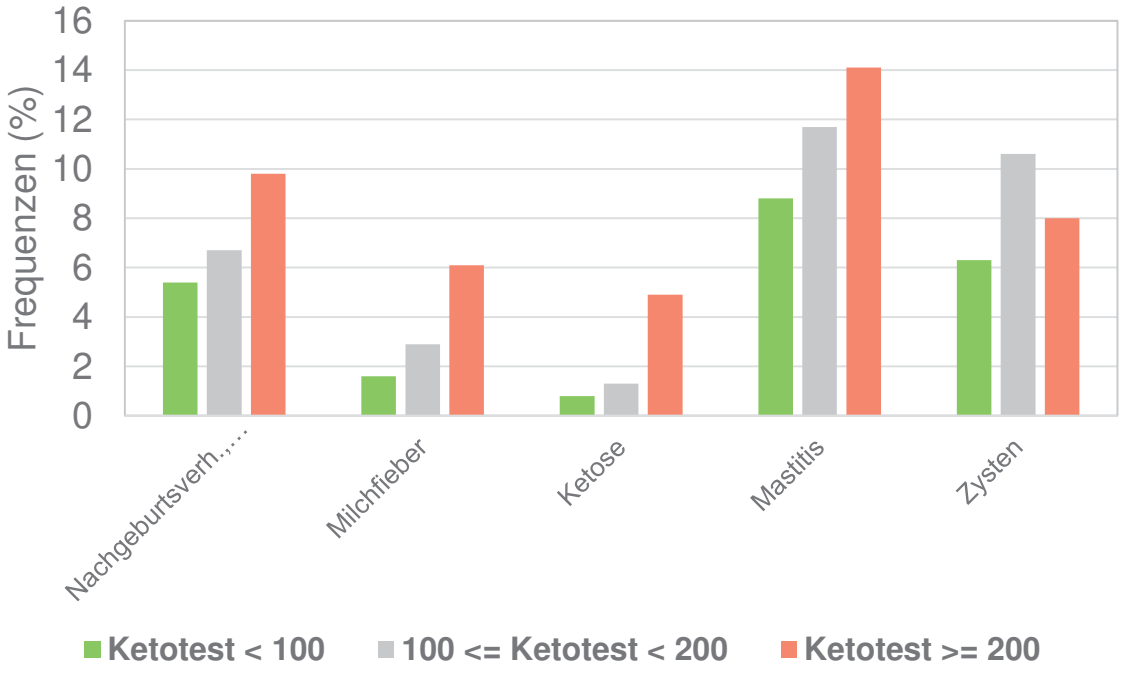


Abbildung 9.4.5 Ketotestergebnisse und Erkrankungen bei Efficient Cow-Fleckviehkühen

Tüchler (2015) analysierte in seiner Diplomarbeit die Erkrankungshäufigkeiten in Abhängigkeit von BCS-Veränderungen. Ein BCS-Verlust zu Laktationsbeginn von mindestens 0,5 Punkten erhöht die Erkrankungshäufigkeit von Ketose um 127% und bei Milchfieber um 55%. Bei einem BCS-Verlust bis zu 0,5 Punkten erhöht sich die Häufigkeit bei Ketosen um 23%, bei Milchfieber um 37%.

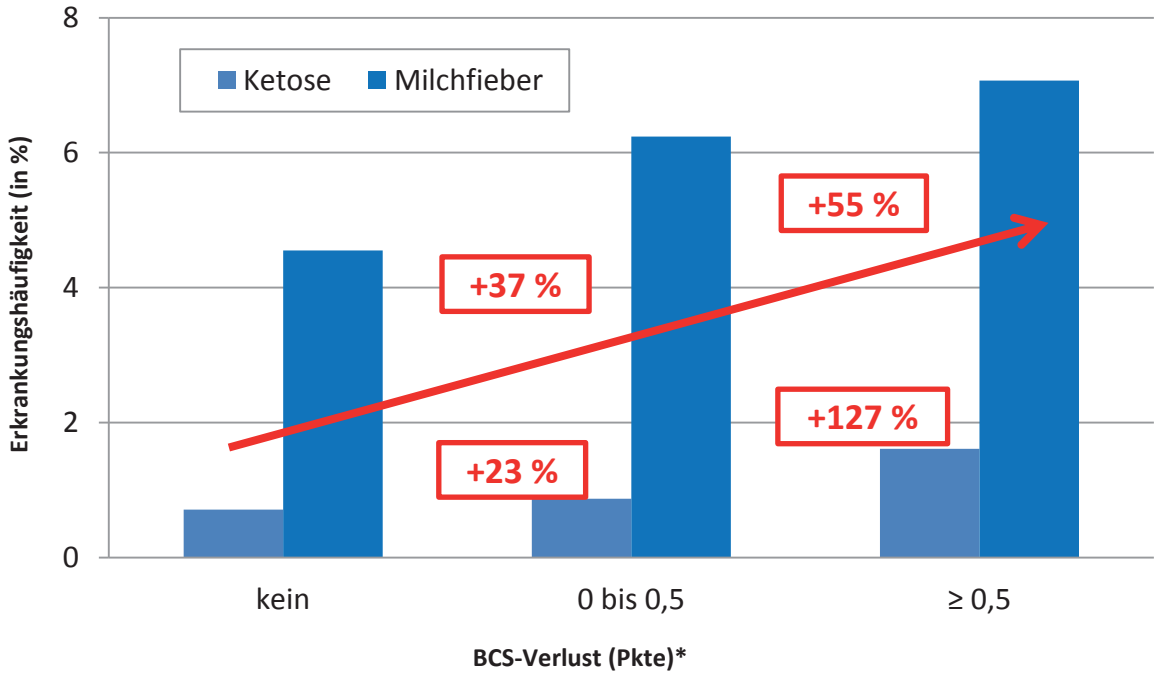


Abbildung 9.4.6 Einfluss des BCS-Verlusts zu Laktationsbeginn auf Ketose und Milchfieber (Tüchler 2015)

9.5 Stoffwechselparameter – genetische Aspekte

9.5.1 Einleitung

Stoffwechselerkrankungen äußern sich, wenn metabolischen Prozesse gestört sind. Diese Fehlfunktionen oder physiologische Ungleichgewichte führen zu Stoffwechselerkrankungen (Ingvartsen and Friggens, 2005). Um die Effizienz abzuschätzen, sind Informationen zum Stoffwechsel wesentlich, resultiert doch aus einer verstärkten Mobilisierung in Verbindung mit dem Abbau von Körperreserven ein oftmals günstigeres Verhältnis von Output zu Input (siehe Arbeitspaket 3). Stoffwechselerkrankungen sind ein vielfach unterschätztes Problem in der Milchviehzucht. Treten klinische Ketosen relativ selten aus (<5% in Österreich), so wird in der Literatur bei subklinischen Ketosen von 15-20% oder auch höher gesprochen.

Vallimont et al. (2011) schätzten die Erblichkeiten für „gross feed efficiency“ und Zusammenhänge mit Milchleistung, Futteraufnahme, Residualfutteraufnahmen, Körpergewicht und BCS. Nach den Ergebnissen erhöht die Selektion auf Milchleistung und geringeres Körpergewicht die Futtereffizienz, aber die Mobilisierung soll über den Body Condition Score berücksichtigt werden. Vallimont et al. (2011) führen aus, dass bei Nichtberücksichtigung des BCS jene Kühe selektiert würden, die am Beginn der Laktation sehr stark BCS verlieren. Diese Selektion würde die Effizienz nicht verbessen, da im Gegenzug die Krankheitsprobleme gesteigert würden. Wenn auf BCS korrigiert wurde, so waren jene Kühe am effizientesten, die eine hohe Milchleistung mit einem langsamen Anstieg des BCS am Ende der Laktation aufwiesen.

Roche et al. (2010) zeigen, dass ein geringerer BCS bei der Kalbung (0ptimum 3-3,5) mit einer schlechteren Fruchtbarkeit und Produktion verbunden ist; ein BCS über 3,5 führt zu einer geringeren Trockenmasseaufnahme und einem höheren Risiko einer Stoffwechselerkrankung.

Ziel dieser Studie war es, die züchterischen Möglichkeiten hinsichtlich Heritabilitäten und genetischer Zusammenhänge von Stoffwechselmerkmalen zu analysieren. In diesem Kapitel liegt der Fokus auf Merkmalen innerhalb des Stoffwechselbereichs, in weiteren Kapiteln werden Fragen zu Zusammenhängen von Effizienzmerkmalen und auch Stoffwechselparametern analysiert.

Die hier beschriebenen Analysen wurden für die Rassen Fleckvieh und Braunvieh durchgeführt und basieren auf Daten aus dem Projekt Efficient Cow.

9.5.2 Material und Methode

Daten:

In die Studie gingen Daten aus dem Projekt Efficient Cow ein. Bei der Rasse Fleckvieh wurde auf Kühe mit einem Fremdgenanteil <=25% eingeschränkt.

Merkmalsdefinitionen:

Als Merkmale wurden sowohl direkte als auch indirekte Merkmale aus dem Stoffwechselbereich analysiert. Die Auswahl der Merkmale und deren Definition beruht auf Vorarbeiten von Ederer (2014), Fürst-Waltl et al. (2014) und Tüchler (2015). Speziell bei hoch laktierenden Kühen, kann es aufgrund einer ausgeprägten negativen Energiebilanz zu mehr Stoffwechselstörungen kommen (Bertoni et al., 2009). Daher wurde als Beobachtungszeitraum die ersten 100 Tage bzw. BCS und FEQ-Informationen von den ersten beiden Probegemelken in die Analysen einbezogen.

Milchfieber: Beim Milchfieber handelt es sich um eine Störung des Mineralstoffhaushaltes, die durch eine Hypokalzamie (zu geringer Kalziumspiegel im BIut) gekennzeichnet ist. Diese Hypokalzamie verursacht Lähmungen der quergestreiften und glatten Muskulatur, die bis zum Festliegen fortschreiten können (Ederer, 2014). Der Beobachtungszeitraum für Milchfieberdiagnosen liegt zwischen -10 Tagen vor und +10 Tagen nach der Abkalbung. Die Datengrundlage sind tierärztliche Diagnosen (Egger-Danner et al., 2012), aber auch geburtsnahe Beobachtungen (Festliegen), die im Zuge der Milchleistungskontrolle von den Landeskontrollverbänden erhoben werden (Koeck et al., 2015).

Ketose: Sowohl klinische als auch subklinische Ketosen werden durch die Anhäufung von Ketonkörpern in Blut, Urin, Milch oder anderen Körperflüssigkeiten charakterisiert (Geishauser et al., 1998). Die häufigsten Ketonkörper sind Betahydroxybutyrate (BHBA), Acetoacetat, und Aceton. Subklinische Ketosen können über Messungen in Blut, Milch, Urin oder Lymphflüssigkeiten bestimmt werden (Hamann und Krömker, 1997). Die Ketose wurde über die tierärztlichen Diagnosen erfasst. Der Beobachtungszeitraum wurde auf den Zeitraum von der Kalbung bis 100 Tage nach der Abkalbung eingeschränkt.

Ketotest (subklinische Ketose): Im Projekt Efficient Cow wurde um den 7. und um den 14. Tag nach der Abkalbung ein Milchketotest durchgeführt (Elanco, 2012). Ab einem Grenzwert von 100 µmol/l werden Kühe als Ketose verdächtig ausgewiesen wird. Wird der Grenzwert 100 µmol/l herangezogen, so erscheinen ca. 44% der Kühe Ketose verdächtig. Wird die Grenze bei mind. 200 µmol/l eingezogen, so sind es ca. 14 % der Tiere. In der Auswertung wurde differenziert in 0 (nicht verdächtig), 1 (100 µmol/l - <200 µmol/l) und 2 (>=200 µmol/l).

Pansenacidose: Bei der Pansenübersäuerung (Pansenazidose) handelt es sich um eine Fermentationsstörung im Pansen, die durch Absinken des pH-Wertes auf unter 6,0 hervorgerufen wird (De Kruif et aI., 2007).

Labmagenverlagerung: Die Labmagenverlagerung kann nach links- und nach rechts erfolgen. Da sowohl Auswertungen der ZuchtData (Kennzahlenbericht Tiergesundheit, 2016) an einem österreichweiten Datensatz als auch die Ergebnisse aus der Masterarbeit von Tüchler (2015) zeigen, dass die Häufigkeiten von Pansenacidose und Labmagenverlagerung sehr gering sind, wurden diese Merkmale nicht als eigenes Merkmal analysiert.

Stoffwechselerkrankungen: Unter Stoffwechselerkrankungen wurden Acidose, Ketose, Milchfieber und Labmagenverlagerung zusammengefasst. Obwohl die Erkrankungen Pansenübersäuerung und Labmagenverlagerung in die Kategorie Erkrankung des Verdauungstraktes fallen, werden sie hier mit den Erkrankungen Milchfieber und Ketose als Stoffwechselerkrankungen zusammengefasst. Unterschiedliche Zeiträume wurden analysiert. Dargestellt ist hier der Zeitraum bis 100 Tage.

Die Merkmale wurde als binäre Merkmale mit 0=gesund und 1=krank innerhalb eines bestimmten Beobachtungszeitraums definiert.

Abgang aufgrund von Stoffwechselerkrankungen: Die Abgangsursachen aus dem Rinderdatenverbund wurden hier als Information herangezogen.

Fett-Eiweiß-Quotient (FEQ): Der Fett-Eiweiß-Quotient aus dem ersten Probemelken nach der Abkalbung wurde herangezogen.

Body-Condition-Score (BCS): Der BCS am ersten Testtag (BCS1) wurde als Merkmal analysiert und die Veränderung des BCS vom ersten zum zweiten Probemelken (BCS1DIFF).

Model

Die Heritabilitäten wurden mit dem Softwarepaket VCE6 (Groeneveld et al., 2008), basierend auf einem linearen Tiermodel geschätzt.

Stoffwechseldiagnosen:

$y_{ijklmnop} = lakt_i * alt_j + y_k * m_l + h_m * y_k + pe_n + a_o + e_{ijklmnop}$

$y_{ijklmnop}$ = Beobachtung für Stoffwechseldiagnosen (0 = gesund, 1 = krank/mit Befund)

$lakt_i * alt_j$ – fixer Effekt für Laktation (1, 2,…,5+) mit Kalbealtersklassen (6 Klassen für 1., und 2. Laktation);

$y_k * s_l$ – fixer Effekt für Kalbejahr und Saison

$h_m * y_k$ – zufälliger Herdenjahreseffekt

pe_n – zufälliger permanenter Umwelteffekt

a_o – zufälliger genetischer Effekt des Tieres

$e_{ijklmnop}$ – zufälliger Resteffekt

Diagnosemerkmale: Ein zusätzlicher fixer Effekt der Erfassungsart wurde berücksichtigt.

BCS1, BCS1Diff: Ein zusätzlicher Effekt für den Tag des ersten BCS wurde linear berücksichtigt. Bei BCS1Diff wurde zusätzlich noch der Abstand von erstem zum zweiten BCS linear berücksichtigt.

FEQ: Ein zusätzlicher Effekt für den Tag in Milch des FEQ wurde im Modell linear berücksichtigt.

Ketotest: Das Merkmal Ketotest (subklinische Ketose) wurde in drei Abstufungen eingeteilt (0<100 µmol/l, 1 zwischen 100 und 200 µmol/l, 2 >= 200 µmol/l). Ein zusätzlicher linearer Effekt für den Tag des ersten Ketotest-Ergebnisses wurde berücksichtigt. Zudem ging die Anzahl der Ketotest-Untersuchungen ins Modell ein.

9.5.3 Ergebnisse und Diskussion

In den beiden folgenden Tabellen ist eine Beschreibung des für die Parameterschätzung verwendeten Datensatzes dargestellt. Diagnosedaten wurden nicht nur im Kalenderjahr 2014 herangezogen, sondern auch aus den beiden vorangegangen Jahren. Daher ist bei diesen Merkmalen der Datenumfang deutlich höher. Die Merkmale wurden pro Laktation definiert. Die Erblichkeiten für die Stoffwechseldiagnosen liegen sowohl bei Fleckvieh als auch bei Braunvieh bei ca. 2%. Die Erblichkeiten für den Ketostest liegen zwischen 5 und 8% bzw. 10% bei multivariaten Modellen.

Tabelle 9.5.1 Übersicht über die für die Parameterschätzung verwendeten Daten für Fleckvieh

Merkmal	**N**	**Durchschn. (von-bis)**
SW1 - Stoffwechsel-erste100 Tage (0/1)	5670	0,048 (0-1)
KET1 - Ketose_erste100Tage (0/1)	5670	0,007 (0-1)
Mifi1 - Milchfieber_erste100Tage (0/1)	5670	0,041 (0-1)
Ketotest	1805	0,557 (0-2)
BCS1	2492	3,31 (1,25-5)
BCSDIFF	2169	-0,147 (-3-1,5)
FEQ1	7187	1,28 (0,49-2,99)

Tabelle 9.5.2 Übersicht über die für die Parameterschätzung verwendeten Daten für Braunvieh

Merkmal	N	Durchschn. (von-bis)
SW1 - Stoffwechsel-erste100 Tage (0/1)	3451	0,041 (0-1)
KET1 - Ketose_erste100Tage (0/1)	3451	0,011 (0-1)
Mifi1 - Milchfieber_erste100Tage (0/1)	3451	0,028 (0-1)
Ketotest	803	0,757 (0-2)
BCS1	1087	3,14 (1,00-5)
BCSDIFF	922	-0,146 (-2-1,25)
FEQ1	3207	1,284 (0,55-2,97)

Die in den Tabellen 9.5.3 und 9.5.4 dargestellten genetischen Parameter wurden mit trivariaten und multivariaten linearen Modellen geschätzt. Die Erblichkeiten für FEQ1 sind vergleichbar mit den Ergebnissen von Fürst-Waltl et al. (2014). Die genetischen Korrelationen zwischen den einzelnen Diagnosemerkmalen sind hoch. Durch die niedrigen Häufigkeiten von Ketose, Acidose und Labmagenverlagerung wird das Merkmal Stoffwechsel überwiegend durch das Milchfieber bestimmt. Bei Braunvieh gibt es hier Abweichungen. Die genetischen Zusammenhänge zwischen Ketotest und Erkrankungen sind positiv. Durch den sehr hohen Standardfehler bei Braunvieh ist das Ergebnis wenig aussagekräftig. Die genetischen Zusammenhänge zwischen BCS und Stoffwechseldiagnosen sind gegenläufig bei Fleckvieh und Braunvieh, jedoch in beiden Fällen mit sehr hohen Standardfehlern, sodass eine eindeutige Aussage nicht möglich ist. Es ist zu beachten, dass der Zeitpunkt der ersten BCS-Bestimmung in Kombination mit dem ersten Probemelken sehr unterschiedlich sein kann. Der Abstand zum Probemelken wurde jedoch in der Analyse berücksichtigt.

Die Korrelation zwischen Stoffwechseldiagnosen und FEQ1 liegen bei Fleckvieh (hoher Standardfehler) in dem Bereich, der von Fürst-Waltl et al. (2014) an einem großen Datensatz für den Zusammenhang von Milchfieber und FEQ1 geschätzt haben. Fürst-Waltl et al. (2014) schätzten einen genetischen Zusammenhang von Ketose und FEQ1 von 0,38. Bei BSC ist ersichtlich, dass die Erblichkeit von BCS1 viel höher ist als die von der Differenz im BCS zwischen 1. und 2. Probemelkung. Grundsätzlich ist zu erwarten, dass ein BCS-Verlust zu Beginn der Laktation mit mehr Erkrankungen verbunden ist. Dieses Bild zeigt sich phänotypisch in den Analysen von Tüchler (2015). Der Trend wird auch von diesen Ergebnisse bestätigt allerdings unsicher geschätzt. Die Korrelationen zwischen Ketotest und BCS1 sind bei beiden Rassen negativ, d.h. ein niedriger BCS zu Laktationsbeginn erhöht das Risiko von subklinischen Erkrankungen.

Tabelle 9.5.3 Erblichkeiten und genetische Korrelationen (Standardfehler) für Merkmale zum Stoffwechsel bei der Rasse Fleckvieh

	SW1	Ket1	Mifi1	Ketotest	BCS1	BCSDIFF	FEQ1
SW1	0,022 (0,029)	0,911 (0,311)	0,999 (0,005)	0,591 (0,259)	-0,560 (0,358)	0,568 (0,546)	0,266 (0,251)
KET1		0,007 (0,006)	0,794 (0,321)	0,886 (0,618)	-0,995 (0,169)	1,000 (0,000)	-0,326 (0,409)
Mifi1			0,020 (0,027)	0,513 (0,307)	-0,610 (0,360)	0,657 (0,470)	0,432 (0,261)
Ketotest				0,053 (0,029)	-0,451 (0,22)	-0,238 (0,429)	0,162 (0,256)
BCS1					0,166 (0,039)	-0,614 (0,328)	-0,258 (0,161)
BCSDIFF						0,044 (0,027)	-0,195 (0,276)
FEQ1							0,137 (0,026)

Tabelle 9.5.4 Erblichkeiten und genetische Korrelationen (Standardfehler) für Merkmale zum Stoffwechsel bei der Rasse Braunvieh

	SW1	Ket1	Mifi1	Ketotest	BCS1	BCSDIFF	FEQ1
SW1	0,021 (0,011)	0,964 (0,178)	0,927 (0,123)	0,200 (0,344)	0,432 (0,134)	0,308 (0,340)	0,716 (0,183)
KET1		0,019 (0,013)	0,794 (0,566)	-	-	-	-
Mifi1			0,009 (0,015)	-	-	-	-
Ketotest				0,101 (0,040)	-0,152 (0,166)	-0,714 (0,268)	0,273 (0,184)
BCS1					0,334 (0,065)	-0,122 (0,330)	-0,238 (0,132)
BCSDIFF						0,027 (0,015)	0,462 (0,352)
FEQ1							0,083 (0,018)

Die Ergebnisse zeigen, dass für den Stoffwechselkomplex verschiedene aussagekräftige Informationsquellen nutzbar sind. Es empfiehlt sich, diese Informationen in einen Stoffwechselindex zu kombinieren und gemeinsam zu nutzen. Nachdem durch negative Energiebilanzen auch Klauenerkrankungen gehäuft auftreten können, ist eine gemeinsame Berücksichtigung von Stoffwechselerkrankungen und Klauenerkrankungen im Gesamtzuchtwert zu empfehlen.

9.5.4 Schlussfolgerungen

Ein wesentliches Kriterium für eine effiziente und robuste Kuh ist, dass die kritische Phase zu Beginn der Laktation mit möglichst wenig Verlust an Körperreserven geschafft wird. Zum überwiegenden Teil gilt es hier, das Management und im speziellen die Fütterung zu optimieren und auf eine ideale Körperkondition vor dem Trockenstellen zu achten.

Es gibt jedoch auch genetische Unterschiede in der Anfälligkeit von Tieren für Stoffwechselerkrankungen. Aktuell gibt es eine Zuchtwertschätzung für Milchfieber. Im Zuge

der Forschungsarbeiten im Projekt Efficient Cow wurde analysiert, welche direkten und indirekten Merkmale für die züchterische Verbesserung der Stoffwechselstabilität am besten genutzt werden können. Hier zeigte sich, dass es möglich und wertvoll ist, verschiedene vorhandene Datenquellen (Diagnosen, Ketotest-Ergebnisse, BCS, Fett-Eiweiß-Quotient) zur Beschreibung von Stoffwechselstörungen züchterisch zu nutzen. Zusätzlich zum bereits aktuell vorhandenen Zuchtwert-Milchfieber, könnten Informationen aus bestehenden anderen Datenquellen in einen Stoffwechselindex kombiniert werden. Es wird empfohlen hier im Speziellen auch direkte oder indirekte Informationen zu subklinischen Stoffwechselstörungen zu berücksichtigen. Diese sind nicht über die tierärztlichen Diagnosen zu erfassen, sondern können indirekt über Informationen zum FEQ und BCS berücksichtigt werden. Die Analysen zeigen jedoch, dass es sehr wertvoll ist, hier auch auf direkte Merkmale zu subklinischen Ketosen zu setzen. Die Ergebnisse zeigen eine gute züchterische Nutzbarkeit der Ketosetestergebnisse. Im Projekt Efficient Cow war es nicht möglich den Blut-Ketotest zu nutzen. Nach Iwersen et al. (2009) sind auf Basis von Blut genauere Werte zu erwarten.

Möglichkeiten für indirekte Informationen sind auch Merkmale basierend auf MIR (Mid-Infrared-Spektren) (Van Knegsel et al., 2010; Grelet et al., 2016). Die Ergebnisse von Koeck et al. (2016) mit BHB-Test aus MIR mit Erblichkeiten von 14,7 % am ersten Testtag belegen auch den Nutzen der MIR Ergebnisse. Um diese neuen Merkmale auch in die genomische Selektion einbeziehen zu können, ist zu empfehlen, Informationen zu klinischen und subklinischen Stoffwechselerkrankungen auch bei der Kuhkalibrierung zu berücksichtigen.

9.6 Klauengesundheitsmerkmale

In diesem Kapitel werden Analysen zu Erblichkeiten und genetischen Zusammenhängen zwischen den Merkmalen, Zusammenhänge zwischen Klauenerkrankungen und Merkmalen aus der linearen Beschreibung, als auch Analysen zu Zusammenhängen von Lahmheit und Fruchtbarkeit, Milchleistung und Haltung dargestellt. Im Zuge einer Kooperation zwischen dem Projekt Efficient Cow und dem EU-Projekt Gene2Farm wurden Kühe mit neuen Phänotypen aus Efficient Cow genotypisiert. In Zusammenarbeit mit der Universität von Wroclaw in Polen wird an additiven, Dominanz-, und Epistasieeffekten bei Klauengesundheitsmerkmalen geforscht.

9.6.1 Klauengesundheitsmerkmale – genetische Aspekte

9.6.1.1 Einleitung

Die Häufigkeit von Klauenerkrankungen und daraus resultierende Abgänge nehmen weltweit zu. Die Zucht auf gesunde Klauen hat das Potential, hier langfristig und nachhaltig eine Trendwende zu erreichen und die Klauengesundheit genetisch zu verbessern. Grundlage für eine züchterische Verbesserung der Klauengesundheit ist das Vorhandensein einer entsprechenden Datengrundlage. Das können direkte Merkmale wie Daten aus der Klauenpflege oder tierärztliche Diagnosen sein, aber auch Hilfsmerkmale wie Lahmheiten, Exterieurmerkmale oder neuerdings auch Daten aus elektronisch gesteuerten

Herdenmanagementwerkzeugen sind hier von Interesse. Im Rahmen des Projektes Efficient Cow wurden verschiedene Daten zu Lahmheiten und Klauengesundheit erhoben.

9.6.1.2 Material und Methode

Daten:

In die Studie gingen Daten aus dem Projekt Efficient Cow ein. Bei der Rasse Fleckvieh wurde auf Kühe mit einem Fremdgenanteil <=25% eingeschränkt.

Merkmale:

In der Studie wurden Klauenpflegedaten, tierärztliche Diagnosen, Abgang und Daten aus dem Lahmheitsscoring verwendet.

Klauenpflegedaten: Auf den Efficient Cow-Betrieben wurde die Klauenpflege im Projektzeitraum anhand eines einheitlichen Klauenpflegeprotokolls (siehe AP1) durchgeführt. Die Struktur der Klauenpflege ist in AP1 beschrieben. Die Praktiken der Klauenpflege sind in den Betrieben sehr unterschiedlich. Daher ist es schwierig, vergleichbare Zahlen zu erhalten. Wenn Landwirte Klauenbefunde erheben, werden oftmals nur positive Ergebnisse erfasst. Wichtig ist, dass bekannt ist, ob das Tier gesund war oder nicht. Bei der Datenvalidierung wurden nur Daten von Betrieben herangezogen, wo im Kontrolljahr von mindestens 70 Prozent der Tiere eine Information zur Klauenpflege zur Verfügung stand. Diese Vorgangsweise wurde in Anlehnung an Erfahrungen bei der Validierung von anderen Ländern gewählt (Charfeddine et al., 2016).

Tierärztliche Diagnosen: Seit der Etablierung der Erfassung von tierärztlichen Diagnosen im Rahmen des Projektes „Gesundheitsmonitoring Rind“ werden in Österreich routinemäßig auch Diagnosen aus dem Bereich der Klauen- und Gliedmaßenerkrankungen erfasst (Egger-Danner et al., 2012). Die Diagnosen sind auch Österreich weit standardisiert. Der Österreich weite Diagnoseschlüssel wurde im Jahr 2006 vom Bundesministerium für Gesundheit kundgemacht. Als Diagnosen wurden die Diagnosen 61-63 (Panaritium, Mortellaro, Klauengeschwür und Klauenrehe) erfasst.

Lahmheiten: Im Projekt „Efficient Cow“ wurde die Lahmheitsbeurteilung nach ZINPRO mit einer 5-stufigen Skala wurde verwendet (http://www.zinpro.com/lameness/dairy/locomotion-scoring). Die Beurteilung erfolgte von geschulten Mitarbeitern der Landeskontrollverbände bei jeder Milchleistungskontrolle. Aus den einzelnen Lahmheitsnoten wurde ein sogenannter Laktationswert berechnet und eine Zuteilung zu 1 bis 5 vergeben. Die Einteilung erfolgte nach dem Vorschlag von Prof. Kofler und Dr. Burgstaller (beide Vetmeduni, Wien).

LSC-Wert:

- **1** - mind 4 LSC und immer 1
- **2** - mind 4 LSC und bei 4-6 Beob max 1*2 sonst immer 1 oder bei mind 7 LSC 1-2*2 sonst immer 1
- **3** - mind 4 LSC und bei 4-6 Beob mind 2*2 oder ab 7 Beob mind 3*2 sonst

immer 1 oder 1*3 und sonst immer 1

- **4** - mind 4 LSC und mind 2*3
- **5** - mind 4 LSC und mind 1*4 oder 1*5

Abgang: Abgang aufgrund von Klauen- und Gliedmaßenerkrankungen

Modell:

Die Erblichkeiten wurden mit dem Softwarepaket VCE6 (Groeneveld et al., 2008), basierend auf einem linearen Tiermodel geschätzt.

$y_{ijklmnop} = lakt_i*alt_j + y_k*m_l + h_m*y_k + pe_n + a_o + e_{ijklmnop}$

$y_{ijklmnop}$ = Beobachtung für Klauendiagnose, Klauenpflegebefund (0 = gesund, 1 = krank/mit Befund);

$lakt_i*alt_j$ – fixer Effekt für Laktation (1, 2,…,5+) mit Kalbealtersklassen (6 Klassen für 1. und 2. Laktation);

y_k*s_l – fixer Effekt für Kalbejahr und Saison

h_m*y_k – zufälliger Herdenjahreseffekt

pe_n – zufälliger permanenter Umwelteffekt

a_o – zufälliger genetischer Effekt des Tieres

$e_{ijklmnop}$ – zufälliger Resteffekt.

Klauendiagnosen: ein zusätzlicher fixer Effekt für die Erfassungsart der Diagnosen (elektronisch/LKV) wurde berücksichtigt.

Lahmheit: Ein Personeneffekt für die Beurteilung der Lahmheitsscore wurde berücksichtigt.

Klauenpflege: Ein Personeneffekt für den Klauenpfleger wurde berücksichtigt.

9.6.1.3 Ergebnisse und Diskussion

Die Heritabilitäten wurden univariat geschätzt mit dem Betrieb als zufälligen Effekt. In Tabelle 9.6.1 sind die Anzahl, Häufigkeiten und die Erblichkeiten dargestellt.

Datenübersicht

Bei den Klauendiagnosen und den Informationen zu Abgang wurde auf einen Zeitraum bis 2012 zurückgegriffen. Die Daten zur Klauenpflege und Lahmheit beziehen sich auf das Kalenderjahr 2014. Die Merkmale wurden als 0/1 Merkmale definiert. Es wurden auch Analysen durchgeführt, wo die Anzahl der Beobachtungen einbezogen wurde. Diese brachte jedoch keine Vorteile. Eine Aufteilung der Diagnosen in verschiedene Zeitintervalle wurde analysiert, aber als nicht zielführend betrachtet. Die Häufigkeiten der Klauenerkrankungen liegen im Datensatz von Fleckvieh bei 4,6%, bei Braunvieh bei 6,2%. Die Erblichkeiten bei Fleckvieh liegen mit 0,019 im Bereich von früheren Arbeiten, in denen in größeren

Datensätzen Erblichkeiten geschätzt wurden (Fürst-Waltl et al. 2012; Egger-Danner, 2015). Bei tierärztlichen Diagnosen werden nur die schweren Fälle erfasst. Leichtere Fälle werden bereits im Zuge der Klauenpflege behandelt. Die Häufigkeiten zeigen, dass bei Braunvieh 43,5% und bei Fleckvieh 51% der Tiere mindestens einen positiven Klauenbefund aufwiesen.

Tabelle 9.6.1 Übersicht über die für die Parameterschätzung verwendeten Daten für Fleckvieh

Merkmal	**N**	**Durchschn. (von-bis)**
Klauendiagnosen (ja/nein)	6427	0,046 (0-1)
LSC-Wert	2963	0,994 (0-4)
Klauenpflege (ja/nein)	2451	0,510 (0-1)
Abgang	9666	0,005 (0-1)

In Tabelle 9.6.2 ist eine Übersicht für die Datenstruktur bei Braunvieh dargestellt.

Tabelle 9.6.2 Übersicht über die für die Parameterschätzung verwendeten Daten für Braunvieh

Merkmal	**N**	**Durchschn. (von-bis)**
Klauendiagnosen (ja/nein)	2449	0,062 (0-1)
LSC-Wert	1410	0,889 (0-4)
Klauenpflege (ja/nein)	1047	0,435 (0-1)
Abgang	4407	0,006 (0-1)

Die Korrelationen wurden multivariat (vierfach) mit den in Tabelle 6 dargestellten Merkmalen geschätzt. Der Betrieb ist als zufälliger Effekt im Modell berücksichtigt.

Die Ergebnisse zeigen, dass der LSC-Wert bei beiden Rassen die höchsten Erblichkeiten mit rund 0,10 (10%) aufweisen. Die Erblichkeiten für die tierärztlichen Diagnosen sind auch bei der multivariaten Schätzung niedrig im Bereich von ca. 2 %. Die Erblichkeit der Klauenpflegedaten liegt bei Fleckvieh bei 4,2% und bei Braunvieh bei 7,5% aufweisen. Die genetischen Zusammenhänge zwischen den Merkmalen sind durchwegs sehr positiv. Die Beziehung zwischen LSC-Wert und Klauenpflege ist bei Braunvieh sehr positiv, bei Fleckvieh aufgrund des hohen Standardfehlers aber nicht aussagekräftig.

Tabelle 9.6.3 Erblichkeiten und genetische Korrelationen (Standardfehler) für Merkmale zur Klauengesundheit bei der Rasse Fleckvieh

	Klauendiag	**LSC-Wert**	**Klauenpflege**	**Abgang**
Klauendiagnosen	0,025 (0,009)	0,568 (0,091)	0,827 (0,140)	0,996 (0,017)
LSC-Wert		0,095 (0,025)	0,007 (0,294)	0,639 (0,177)
Klauenpflege			0,042 (0,020)	0,773 (0,211)
Abgang				0,011 (0,005)

Tabelle 9.6.4 Erblichkeiten und genetische Korrelationen (Standardfehler) für Merkmale zur Klauengesundheit bei der Rasse Braunvieh

	Klauendiag,	**LSC-Wert**	**Klauenpflege**	**Abgang**
Klauendiagnosen	0,013 (0,009)	0,641 (0,290)	0,327 (0,411)	0,974 (0,052)
LSC-Wert		0,111 (0,033)	0,935 (0,078)	0,452 (0,280)
Klauenpflege			0,075 (0,026)	0,106 (0,394)
Abgang				0,011 (0,005)

Ein Vergleich mit Ergebnissen aus anderen Studien zeigt, dass die Ergebnisse im erwarteten Bereich liegen. Dass die Erblichkeiten für die Klauenpflegedaten nicht höher liegen, könnte auch damit zusammenhängen, dass die Klauenpflegedaten sehr inhomogen waren. Es wäre zu erwarten, dass bei elektronischer Bereitstellung dieser Daten durch die Klauenpfleger höhere Erblichkeiten erzielt werden könnten.

Tabelle 9.6.5 Übersicht über genetische Parameter (Erblichkeiten und genetische Korrelationen) von verschiedenen Klauengesundheitsmerkmalen aus verschiedenen Studien

Merkmale	**Rasse**	**Erblichkeit**	**Quelle**	**Bemerkungen**
Lahmheit	HF	2%	Koeck et al. 2014	*Genet. Korr. zu Klauen-diagnosen zw.0,60-0,72
	HF	8%	Weber et al. 2013	**Lokomotion
	HF	9%	Boelling et al. 2008**	
Klauen-diagnosen	FV	2%	Fuerst-Waltl et al. 2012*;	*Nur schwere Fälle über Diagnosen
	HF	1%	Laursen et al. 2009	**Dänische Studie: 0,42 Korr. zu Lokomotion
	HF	1%	Boelling et al. 2008**	
Klauenpflege-daten	HF	19-52%	Schöpke et al. 2015*	*Detailliert erhobene Befunde für Dermatitis digitalis
	NR	4-23%	Ødegaard et al. 2013, 2014	**Dermatitis digitalis (3-5%), Sohlengeschwür (3-5%), Sohlenblutung (4-8%)
	HF	2-13%	Häggman and Juga 2013	***Dermatitis digitalis (7,3%), Sohlengeschwür (8,6%), Wandläsion (10,4)
	HF, SR	3-8%	Naslund et al. 2008**	
	HF	6%	Boelling et al. 2008	
	HF	7-12%	König et al. 2005***	

9.6.1.4 Schlussfolgerungen

Ein erster Schritt in Österreich wäre, dass auch basierend auf den tierärztlichen Diagnosen Zuchtwerte für Klauengesundheit in der Routine geschätzt und bereitgestellt werden. Ein

weiterer wichtiger Schritt wäre ähnlich wie in anderen Ländern, die Zusammenarbeit mit den relevanten Partnern zu suchen und eine strukturierte Erfassung von Klauenpflegedaten und deren Nutzung für Herdenmanagement und Zucht aufzubauen. Zudem wäre es wertvoll, Landwirte durch die Bereitstellung von mobilen Erfassungsmöglichkeiten zur Beurteilung der Lahmheit (Lahmheitsscoring nach Sprecher et al., 1997) zu unterstützen. Diese primär für das Management und die Früherkennung von Lahmheiten wertvollen Daten, könnten auch für die Zuchtwertschätzung herangezogen werden. Diese verschiedenen Informationsquellen könnten in einem Klauenindex kombiniert werden.

Um die Sicherheit eines solchen Klauenindexes zu erhöhen, könnten ausgewählte Merkmale aus der linearen Beschreibung einbezogen werden. Um in Zukunft auch genomische Zuchtwerte für die Klauengesundheit anbieten zu können, ist zu empfehlen, dass Daten zur Klauengesundheit in einer Kuhlernstichprobe (Kuhkalibrierung) erfasst werden. In der Zukunft könnten sich verschiedene neue Möglichkeiten zu Merkmalen in diesem Bereich auch Aktivitätsdaten ergeben (Egger-Danner et al., 2014). Analysen zur Vorhersage von Lahmheiten aus MIR-Daten werden im Rahmen der Kooperation mit EMR basierend auf Efficient Cow-Daten durchgeführt.

9.6.2 Klauengesundheit und lineare Merkmale

9.6.2.1 Einleitung

Fürst-Waltl et al. (2015) analysierten den Nutzen der Merkmale aus der linearen Nachzuchtbeschreibung für die züchterische Verbesserung der Klauengesundheit. Im Rahmen der linearen Nachzuchtbeschreibung werden von allen Jungstieren mindestens 20 Töchter linear beschrieben. Dabei gibt es die Hauptnote für das Fundament, aber auch Einzelmerkmale wie zB Sprunggelenkswinkelung. Diese Hilfsmerkmale weisen zwar meist Erblichkeiten im mittleren Bereich auf, die Korrelationen zu den Klauenpflegemerkmalen sind jedoch generell relativ niedrig mit jedoch sehr großen Schwankungsbreiten. Der Zusammenhang zu direkten Merkmalen der Klauengesundheit und deren Nutzen für die Zucht wird im Beitrag von Fürst-Waltl (2015) basierend auf Daten aus Efficient cow beschrieben. Die wichtigsten Ergebnisse sind hier im Bericht hervorgehoben.

Linear type traits show pronounced phenotypic relationships to foot and claw health

B. Fuerst-Waltl[1], C. Fuerst[2], C. Egger-Danner[2]

[1]Univ. Nat. Res. Life Sci. Vienna (BOKU), Gregor Mendel-Str. 33, A-1180 Vienna, Austria, [2]ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH, Dresdner Str. 89, A-1200 Vienna, Austria; birgit.fuerst-waltl@boku.ac.at.

Beitrag EAAP in Belfast 2016.

9.6.2.2 Material und Methoden

Die Analyse der phänotypischen Beziehung wurde an die Modelle der Zuchtwertschätzung angelehnt. Nach Vorkorrektur der Exterieurdaten wurde dieser Datensatz dazu verwendet, um die phänotypischen Zusammenhänge mithilfe einer Regressionsanalyse (SAS PROC MIXED, SAS, 2008) zu analysieren. In allen Modellen wurde der Betrieb (zufällig), die Laktationsnummer, Kalbejahr und Kalbemonat und das jeweilige Fundamentmerkmal

berücksichtigt. Zusätzlich wurde im Modell für die Klauendiagnose der Erfassungscode, für die Klauenpflegebefunde der Klauenpfleger und für die Lahmheitsnoten der Bewerter aufgenommen.

9.6.2.3 Ergebnisse und Diskussion

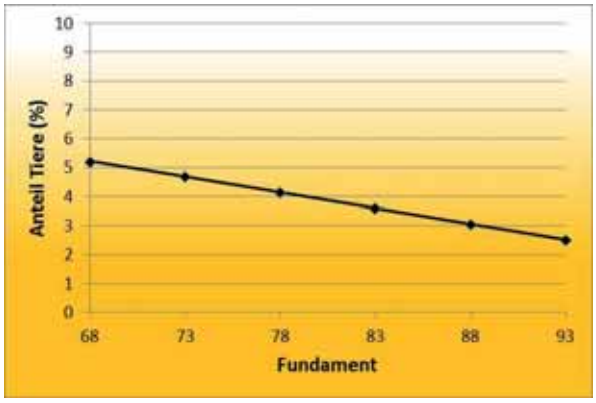
Tabellen 10 und 11 geben einen Überblick über die verwendeten Daten. In Abbildungen 7-9 sind die Beziehungen zu Fundament dargestellt.

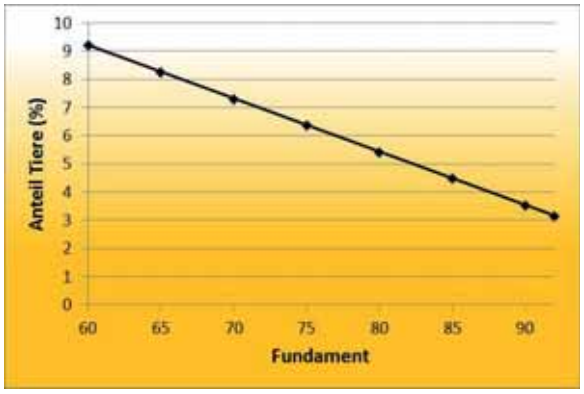
Tabelle 9.6.6 Übersicht der verwendeten Daten von Kühen aus dem Efficient Cow-Projekt

	Fleckvieh	**Braunvieh**
Anzahl Datensätze gesamt	8.716	3.373
Anzahl Kühe	4.129	1.678
Anzahl Nachzuchtbeschreibungen (Kühe)	3.235 (3.057)	1.405 (1.351)
Anzahl Klauendiagnosen (Kühe)	6.260 (3.401)	2.474 (1.426)
Anzahl Klauenbefunde (Kühe)	2.779 (2.376)	1.103 (956)
Anzahl Lahmheitsscores (Kühe)	3.891 (3.848)	1.582 (1.569)
Anteil positiver Klauendiagnosen (%)	3,8	4,5
Anteil positiver Klauenbefunde (%)	49,5	40,0
Anteil Lahmheitsscore >= 2 (%)	47,0	45,7
Anteil Lahmheitsscore >= 3 (%)	20,4	19,5

Tabelle 9.6.7 Mittelwerte, Standardabweichung (SD), Minimum und Maximum der Merkmale Rahmen, Fundament, Sprunggelenkswinkel, Sprunggelenksausprägung, Fessel und Klauentracht

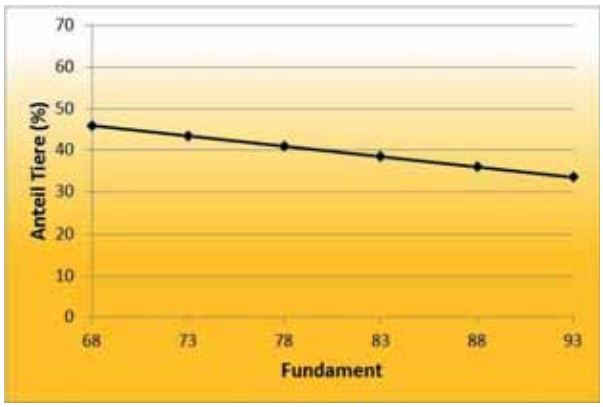
Merkmal	**Fleckvieh**				**Braunvieh**			
	Mittel	**SD**	**Min**	**Max**	**Mittel**	**SD**	**Min**	**Max**
Rahmen	82,37	4,53	68	93	78,23	5,38	61	94
Fundament	80,85	4,20	68	93	76,90	5,88	60	92
Spr.winkel	5,56	1,02	1	9	5,78	1,22	1	9
Spr.ausprägung	5,80	1,29	1	9	5,56	1,02	1	9
Fessel	5,44	1,24	1	8	4,83	1,19	1	9
Klauentracht	5,33	1,18	1	9	5,07	1,10	1	9

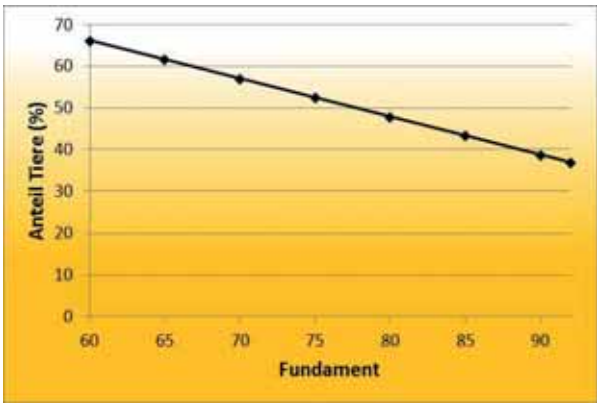




a) Fleckvieh b) Braunvieh

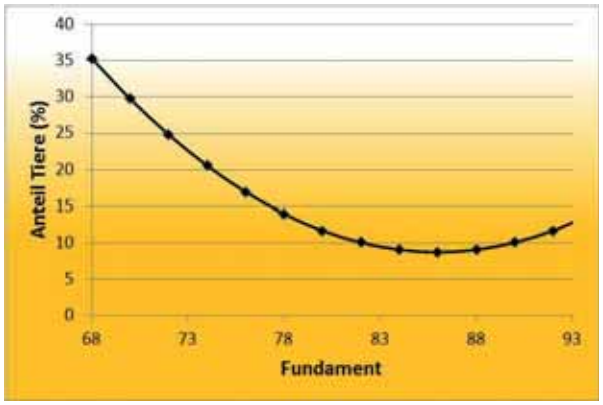
Abbildung 9.6.1 Beziehung zwischen Fundamentnote und Anteil tierärztliche Diagnosen für Klauenerkrankungen

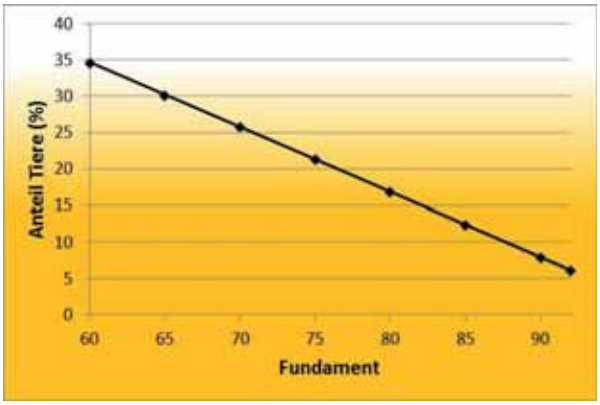




a) Fleckvieh b) Braunvieh

Abbildung 9.6.2 Beziehung zwischen Fundamentnote und Anteil positive Klauenbefunde





a) Fleckvieh b) Braunvieh

Abbildung 9.6.3 Beziehung zwischen Fundamentnote und Anteil Tiere mit Lahmheitsscore >=3

In den Abbildungen 9.6.1 bis 9.6.3 sind die Zusammenhänge zwischen der Fundamentnote und den Merkmalen tierärztliche Diagnose, Klauenpflegebefund, und den Lahmheitsscores grafisch dargestellt. Bei beiden Rassen zeigen Tiere mit höheren Fundamentnoten niedrigere Anteile an Klauenerkrankungen und Klauenpflegebefunden; auch der Anteil an lahmen

Tieren ist deutlich gesenkt. Natürlich muss in diesem Zusammenhang auch berücksichtigt werden, dass die Wahrscheinlichkeit von lahmenden Tieren höher ist, eine schlechte Fundamentnote zu bekommen.

Bei der Rahmennote besteht eine gegenteilige Beziehung: mit steigender Rahmennote nimmt der Anteil der lahmenden Tiere beim Fleckvieh signifikant zu. Beim Braunvieh konnte eine ähnliche Tendenz beobachtet, aber nicht statistisch abgesichert werden.

Einzelmerkmale wie Sprunggelenkswinkelung, Sprunggelenksausprägung oder Fessel zeigen einen Einfluss auf die Häufigkeit von Klauenerkrankungen und Lahmheiten. Detaillierte Informationen sind in der Anlage von Fürst-Waltl et al. 2015 dargestellt. https://www.zar.at/Downloads/ZAR-Seminar.html

Generell zeigen verschiedene internationale Studien, dass diese Daten nicht ausreichen, die Klauengesundheit nachhaltig zu verbessern (z.B. Koenig und Swalve, 2006; Chapinal et al., 2013; Ødegard et al. 2014), jedoch über die Berücksichtigung als Hilfsmerkmal in der Zuchtwertschätzung die Sicherheit der Klauengesundheitszuchtwerte erhöhen (Van Pelt, 2015).

9.6.2.4 Zusammenfassung

Bei der phänotypischen Analyse der Beziehungen der Klauengesundheit zu anderen Merkmalen konnten deutliche Zusammenhänge festgestellt werden. Tiere mit höherer Fundamentnote haben im Schnitt weniger Probleme mit Klauengesundheit und Lahmheiten. Die Beziehung zu den Einzelmerkmalen ist großteils nicht linear, was in Kombination mit niedrigen Heritabilitäten zu unsicher geschätzten genetischen Korrelationen führt. Dies wurde auch in Arbeiten anderer Länder gezeigt (z.B. Chapinal et al., 2013; Häggman et al., 2013). Übereinstimmend wird international festgestellt, dass die Zucht auf Exterieur alleine keine nachhaltige Verbesserung des Fundaments und der Klauen bewirken wird. Die Klauendiagnosen aus dem Gesundheitsmonitoring sind eine wesentliche direkte Informationsquelle. Allerdings stellen sie nur die „Spitze des Eisberges“ dar, da nur für sehr ernst erkrankte Tiere der Tierarzt gerufen wird. Im ersten Schritt wäre eine Kombination der Klauendiagnosen mit Ergebnissen der Exterieurbeschreibung dennoch ein gangbarer Weg um den Fundament- und Klauenbereich züchterisch besser bearbeiten zu können. Wichtig wäre in weiterer Folge aber die Miteinbeziehung der Klauenpflegedaten nach dem skandinavischen Modell.

9.6.3 Klauengesundheit und Fruchtbarkeit, Haltung und Milchleistung

Unter der Betreuung von Univ. Prof. Dr. Johann Kofler, Dr. Johann Burgstaller (beide Vetmeduni), PD Dr. Birgit Fürst-Waltl (BOKU) und der externen Betreuung von Dr. Christa Egger-Danner wurden die folgenden Diplomarbeiten durchgeführt. Die Arbeiten zu Lahmheiten und Fruchtbarkeit und Lahmheiten und Haltung wurden beim Europäischen Tierzuchtkongress (EAAP) 2016 in Belfast präsentiert.

The impact of claw health and lameness on fertility in Austrian dairy herds
J. Burgstaller[1], S. Guggenbichler[1], B. Fuerst-Waltl[2], F. Steininger[3], J. Kofler[1], C. Egger-Danner[3]
[1]University Clinic for Ruminants, Food Animal and Veterinary Public Health, Veterinaerplatz 1, 1210 Vienna, Austria, [2]University for Natural Resources and life Science, Gregor-Mendel Straße 33, 1190 Vienna, Austria, [3]ZuchtData, Dresdner Straße 89, 1200 Vienna, Austria; johann.burgstaller@vetmeduni.ac.at (siehe Anlage). Beitrag EAAP Belfast 2016.

The impact of husbandry conditions on claw health in Austrian dairy herds
J. Burgstaller[1], D. Feiersinger[1], B. Fuerst-Waltl[2], F. Steininger[3], J. Kofler[1], C. Egger-Danner[3]
[1]University Clinic for Ruminants, Farm Animals and Veterinary Public Health, Veterinärplatz 1, 1210 Vienna, Austria, [2]University of Natural Resources and Life Science Vienna, Augasse 2-6, 1090 Vienna, Austria, [3]ZuchtData, Dresdnerstraße 89, 1200 Vienna, Austria; johann.burgstaller@vetmeduni.ac.at. Beitrag EAAP Belfast 2016.

9.6.3.1 Lahmheiten und Fruchtbarkeit

Feiersinger, David (2016): Die Auswirkung der Haltungsform auf Lahmheit und Klauenerkrankungen in österreichischen Milchviehherden. Diplomarbeit Vetmeduni, Wien.

Die vorliegende Arbeit beschäftigte sich mit der Fragestellung, wie sich verschiedene Haltungssysteme in Österreich auf die Lahmheitsprävalenz, sowie auf spezifische Klauenerkrankungen bei Kühen, die im Efficient-Cow-Projekt untersucht worden waren, auswirken. Weiters wurde untersucht, ob Alpung und Weidegang einen Einfluss auf die Klauengesundheit hatten.

Die Datenerhebung erfolgte im Rahmen des österreichweiten „Efficient-Cow“ Projekts und umfasste 5073 Kühe bei der Beurteilung des Einflusses von verschiedenen Haltungssystemen, Weidegang und Alpung auf die Lahmheitsprävalenz, sowie 3624 Tiere bei der Berechnung der Prävalenz verschiedener Klauenläsionen.

Zur Berechnung der Lahmheitsprävalenz in den sechs unterschiedenen Haltungssystemen wurden fünf Lahmheitsgruppen von 0 (nicht lahm) bis 4 (hochgradig lahm) gebildet. Nach Gegenüberstellung der beiden Parameter Lahmheitsgruppe und Haltungssystem mittels einer Kreuztabelle, konnte für die Anbindehaltung eine signifikant ($p<0,005$) niedrigere Lahmheitsprävalenz, als für alle anderen Ställe errechnet werden.

In der Anbindehaltung betrug der Anteil an lahmen Tieren (Gruppe 1 bis 4) genau 40%, während es in Hochboxenlaufställen mit planbefestigtem Boden, Hochboxenlaufställen mit Vollspaltenboden, Tiefboxenlaufställen mit planbefestigtem Boden und Tiefboxenlaufställen mit Vollspaltenboden genau 57,3%, 60,5%, 49,4% und 51,5% waren. Außerdem konnte ein signifikanter Unterschied ($p<0,005$) zwischen Laufställen mit Tiefboxen und Laufställen mit Hochboxen gezeigt werden, mit weniger lahmen Kühen bei Tiefboxen.

Auch die unterschiedlichen Klauendiagnosen wurden in vier Gruppen eingeteilt, um aussagekräftigere Ergebnisse zu erhalten. In Gruppe 1 fielen Sohlengeschwüre, Doppelsohlen, Sohlenblutungen und Klauenrehen. Gruppe 2 fasste Wanddefekte zusammen. In Gruppe 3 fielen konkave Vorderwand, Scherenklaue und Rollklaue und in Gruppe 4

Dermatitis Digitalis, Ballenfäule, Schwellung an Ballen und Krone und Limax. Ein signifikanter Unterschied im Auftreten von Erkrankungen aus Gruppe 1 bestand bei Kühen in der Anbindehaltung (14% der Tiere betroffen) verglichen mit Kühen in Hochboxenlaufställen mit Vollspalten (29,2%, p=0,0001) und Kühen in Tiefboxenlaufställen mit planbefestigtem Boden (24,6%, p=0,001). Auch Diagnosen aus Gruppe 2 waren bei Kühen in der Anbindehaltung mit 7,7% am seltensten, während Kühe in Tiefboxenlaufställen mit Vollspaltenboden mit 21,8% die höchste Prävalenz aufwiesen. Erkrankungen aus Gruppe 3 waren hingegen bei Kühen in der Anbindehaltung am häufigsten (4,3%), während sich der Anteil an erkrankten Tieren in den anderen Haltungssystemen zwischen 1,4% und 1,8% bewegte. Es konnte jedoch keine statistische Signifikanz in den Ergebnissen nachgewiesen werden. Die Prävalenz für Klauenläsionen aus Gruppe 4 wurde schließlich bei Kühen in Anbindehaltung mit 15,8%, in Hochboxenlaufställen planbefestigt oder mit Vollspaltenboden mit 17,7% und 34,5%, in Tiefboxenlaufställen planbefestigt oder mit Vollspaltenboden mit 27,1% und 18,5% berechnet.

Ein signifikanter Unterschied im Auftreten von Erkrankungen aus Gruppe 4 ließ sich bei Anbindehaltung verglichen mit Hochboxen mit Vollspalten (p=0,0001) und Tiefboxen planbefestigt (p=0,0002) sowie außerdem sowohl zwischen den beiden verschiedenen Hochboxenlaufställen untereinander (p=0,0001), und zwischen den beiden Tiefboxenlaufställen (p=0,0001) feststellen. Auch Hochboxen mit Vollspalten und Tiefboxen mit Vollspalten unterschieden sich signifikant (p=0,0001) voneinander.

Bezüglich der Art des Weidegangs konnte eine signifikant niedrigere Lahmheitsprävalenz bei ganzjähriger Weidehaltung (47,3% lahme Tiere) als bei nur saisonaler (51,4%, p=0,003) oder gar keiner Weidehaltung (51,6%, p=0,005) festgestellt werden.

Bei der Untersuchung des Einflusses von Alpung auf Lahmheit konnte man die signifikant niedrigste Lahmheitsprävalenz mit 37,1% in Betrieben in denen sowohl Jungvieh, als auch Kühe gealpt wurden, feststellen. Bei überhaupt keiner Alpung war die Prävalenz 51%, bei Betrieben mit nur Jungviehalpung 56,2% und bei Betrieben in denen Jungvieh und Trockensteher gealpt wurden, genau 50%.

Die Prävalenz spezifischer Klauenläsionen betrug bei Kühen in erster Laktation 43,1% und bei Kühen in dritter Laktation 54,3%. Somit konnte gezeigt werden, dass Klauenläsionen mit steigenden Laktationsperioden zunehmen.

Zusammenfassend war die Anbindehaltung jene Haltungsform mit der niedrigsten Lahmheitsprävalenz und den wenigsten Klauenläsionen. Im Vergleich der Laufställe untereinander wiesen Kühe in Tiefboxen eine niedrigere Lahmheitsprävalenz als Kühe in Hochboxen auf. Außerdem konnte in vorliegender Arbeit ein positiver Einfluss von Weidegang und Alpung auf Klauengesundheit gezeigt werden.

9.6.3.2 Lahmheiten und Milchleistung

DOURAKAS, Matthias. (2016): Auswirkung von Lahmheit und Klauenläsionen auf die Milchleistung von Rindern in Österreich. Diplomarbeit Vet. Med. Wien 42 Seiten.

Aus dem Efficient-Cow-Projekt wurden von insgesamt 156 Betrieben, verteilt über ganz Österreich, die Leistungsdaten von 4170 Kühen verschiedener Rassen ausgewertet. Ziel dieser Diplomarbeit war es, die Auswirkungen von Lahmheiten und Klauenläsionen auf die Milchleistung von Rindern in Österreich zu beschreiben.

Aus der sehr umfangreichen Datensammlung des Projekts wurden die 305-Tage-Leistung für die Milchmenge, Fettmenge und Eiweißmenge, die Betriebsnummer, Anzahl der Laktationen, Kalbedatum, Lahmheitsbeurteilungen, Klauenbefunde und die jeweilige Rasse verwendet. Ausgewertet wurden die Daten der 3 anteilsmäßig größten Rinderrassen in Österreich: Fleckvieh, Braunvieh und Holstein Friesian. Aufgrund der Lahmheitsbeurteilungen wurden die Kühe in verschiedene Lahmheitsgruppen (0 bis 4) eingeteilt. Mittels mehrerer statistischer Modelle konnten den einzelnen Lahmheitsgruppen ihre berechnete Milchleistung, Eiweißleistung und Fettleistung zugeordnet werden. Diese Berechnungen wurden einerseits ohne Rassenunterschiede und andererseits für jede einzelne der drei Rassen durchgeführt.

Es ergaben sich signifikante Ergebnisunterschiede im Gesamtmodell für alle Rassen in der Milchleistung und Eiweißleistung. Bei der Laktationsmilchmenge wurden Unterschiede von Lahmheitsgruppe 1 (ggr. lahm) zu 4 (hgr. lahm) (+234 kg) und von Gruppe 3 zu 4 (+337 kg) deutlich. In der Eiweißleistung wurden Unterschiede von Lahmheitsgruppe 0 (nicht lahm) zu 4 (+13 kg), von Gruppe 1 zu 4 (+12 kg), von Gruppe 2 zu 4 (+10 kg) und von Lahmheitsgruppe 3 zu Gruppe 4 (+11 kg) errechnet.

Bei der Rasse Fleckvieh ergaben sich signifikante Unterschiede in der Eiweißleistung von Lahmheitsgruppe 1 (+11 kg) und Gruppe 3 (+15 kg) zu Gruppe 4 (279 kg Gesamtleistung 305 Tage).

Die Milchproteinleistung war bei Holstein Friesian Kühen in der Lahmheitsgruppe 4 (193 kg Gesamtleistung 305 Tage) signifikant reduziert, verglichen mit Gruppe 0 (+23 kg Differenz), Gruppe 1 (+25 kg Differenz) und mit Gruppe 2 (+22 kg Differenz).

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass hochgradige Lahmheiten (Lahmheitsgruppe 4) einen negativen Einfluss auf die Milchleistung hatten. Ebenso wurde nachgewiesen, dass eine hochgradige Lahmheit mit einer signifikanten Absenkung des Milcheiweißgehalt einhergeht. Die Resultate zeigten zudem, dass mittelgradig lahme Kühe (Lahmheitsgruppe 3) sehr hohe Milchleistungen erzielen. Daraus lässt sich schließen, dass diese anfälliger für Lahmheiten sind.

Die vorliegende Studie zeigte wie wichtig Prophylaxemaßnahmen, rechtzeitige Behandlung und gutes Betriebsmanagement sein könnten, um Lahmheiten zu verhindern und dadurch hohe Milchleistungen zu erzielen.

9.6.3.3 Lahmheiten und Haltung

Guggenbichler Stefan (2016): Auswirkung von Lahmheit und Klauenläsionen auf die Fruchtbarkeit von Milchrindern in Österreich. Diplomarbeit Vetmeduni, Wien.

Die vorliegende Arbeit beschäftigte sich mit der Fragestellung, wie sich verschiedene Haltungssysteme in Österreich auf die Lahmheitsprävalenz, sowie auf spezifische Klauenerkrankungen bei Kühen, die im Efficient-Cow-Projekt untersucht worden waren, auswirken. Weiters wurde untersucht, ob Alpung und Weidegang einen Einfluss auf die Klauengesundheit hatten.

Die Datenerhebung erfolgte im Rahmen des österreichweiten „Efficient-Cow" Projekts und umfasste 5073 Kühe bei der Beurteilung des Einflusses von verschiedenen Haltungssystemen, Weidegang und Alpung auf die Lahmheitsprävalenz, sowie 3624 Tiere bei der Berechnung der Prävalenz verschiedener Klauenläsionen.

Zur Berechnung der Lahmheitsprävalenz in den sechs unterschiedenen Haltungssystemen wurden fünf Lahmheitsgruppen von 0 (nicht lahm) bis 4 (hochgradig lahm) gebildet. Nach Gegenüberstellung der beiden Parameter Lahmheitsgruppe und Haltungssystem mittels einer Kreuztabelle, konnte für die Anbindehaltung eine signifikant ($p<0,005$) niedrigere Lahmheitsprävalenz, als für alle anderen Ställe errechnet werden.

In der Anbindehaltung betrug der Anteil an lahmen Tieren (Gruppe 1 bis 4) genau 40%, während es in Hochboxenlaufställen mit planbefestigtem Boden, Hochboxenlaufställen mit Vollspaltenboden, Tiefboxenlaufställen mit planbefestigtem Boden und Tiefboxenlaufställen mit Vollspaltenboden genau 57,3%, 60,5%, 49,4% und 51,5% waren. Außerdem konnte ein signifikanter Unterschied ($p<0,005$) zwischen Laufställen mit Tiefboxen und Laufställen mit Hochboxen gezeigt werden, mit weniger lahmen Kühen bei Tiefboxen.

Auch die unterschiedlichen Klauendiagnosen wurden in vier Gruppen eingeteilt, um aussagekräftigere Ergebnisse zu erhalten. In Gruppe 1 fielen Sohlengeschwüre, Doppelsohlen, Sohlenblutungen und Klauenrehen. Gruppe 2 fasste Wanddefekte zusammen. In Gruppe 3 fielen konkave Vorderwand, Scherenklaue und Rollklaue und in Gruppe 4 Dermatitis Digitalis, Ballenfäule, Schwellung an Ballen und Krone und Limax. Ein signifikanter Unterschied im Auftreten von Erkrankungen aus Gruppe 1 bestand bei Kühen in der Anbindehaltung (14% der Tiere betroffen) verglichen mit Kühen in Hochboxenlaufställen mit Vollspalten (29,2%, $p=0,0001$) und Kühen in Tiefboxenlaufställen mit planbefestigtem Boden (24,6%, $p=0,001$). Auch Diagnosen aus Gruppe 2 waren bei Kühen in der Anbindehaltung mit 7,7% am seltensten, während Kühe in Tiefboxenlaufställen mit Vollspaltenboden mit 21,8% die höchste Prävalenz aufwiesen. Erkrankungen aus Gruppe 3 waren hingegen bei Kühen in der Anbindehaltung am häufigsten (4,3%), während sich der Anteil an erkrankten Tieren in den anderen Haltungssystemen zwischen 1,4% und 1,8% bewegte. Es konnte jedoch keine statistische Signifikanz in den Ergebnissen nachgewiesen werden. Die Prävalenz für Klauenläsionen aus Gruppe 4 wurde schließlich bei Kühen in Anbindehaltung mit 15,8%, in Hochboxenlaufställen planbefestigt oder mit Vollspaltenboden mit 17,7% und 34,5%, in Tiefboxenlaufställen planbefestigt oder mit Vollspaltenboden mit 27,1% und 18,5% berechnet.

Ein signifikanter Unterschied im Auftreten von Erkrankungen aus Gruppe 4 ließ sich bei Anbindehaltung verglichen mit Hochboxen mit Vollspalten ($p=0,0001$) und Tiefboxen planbefestigt feststellen ($p=0,0002$). Außerdem sowohl zwischen den beiden verschiedenen

Hochboxenlaufställen untereinander (p=0,0001), sowie zwischen den beiden Tiefboxenlaufställen (p=0,0001). Auch Hochboxen mit Vollspalten und Tiefboxen mit Vollspalten unterschieden sich signifikant (p=0,0001) voneinander.

Bezüglich der Art des Weidegangs konnte eine signifikant niedrigere Lahmheitsprävalenz bei ganzjähriger Weidehaltung (47,3% lahme Tiere) als bei nur saisonaler (51,4%, p=0,003) oder gar keiner Weidehaltung (51,6%, p=0,005) festgestellt werden.

Bei der Untersuchung des Einflusses von Alpung auf Lahmheit konnte man die signifikant niedrigste Lahmheitsprävalenz mit 37,1% in Betrieben in denen sowohl Jungvieh, als auch Kühe gealpt wurden, feststellen. Bei überhaupt keiner Alpung war die Prävalenz 51%, bei Betrieben mit nur Jungviehalpung 56,2% und bei Betrieben in denen Jungvieh und Trockensteher gealpt wurden, genau 50%.

Die Prävalenz spezifischer Klauenläsionen betrug bei Kühen in erster Laktation 43,1% und bei Kühen in dritter Laktation 54,3%. Somit konnte gezeigt werden, dass Klauenläsionen mit steigenden Laktationsperioden zunehmen.

Zusammenfassend war die Anbindehaltung jene Haltungsform mit der niedrigsten Lahmheitsprävalenz und den wenigsten Klauenläsionen. Im Vergleich der Laufställe untereinander wiesen Kühe in Tiefboxen eine niedrigere Lahmheitsprävalenz als Kühe in Hochboxen auf. Außerdem konnte in vorliegender Arbeit ein positiver Einfluss von Weidegang und Alpung auf Klauengesundheit gezeigt werden.

9.6.4 Sonstige Untersuchungen

Basierend auf phänotypischen Daten zur Klauengesundheit bei Fleckvieh- und Braunviehkühen aus dem Projekt Efficient Cow und den Genotypen, die aus Mitteln des EU-Projektes Gene2Farm finanziert wurden, wird in Zusammenarbeit mit der Wroclaw Universität für Umwelt und Lebenswissenschaften, Institut für Genetik in Polen an der Schätzung von additiven, Dominanz- und Epistasieeffekten geforscht. Erste Ergebnisse wurden publiziert.

The estimation of additive, dominance and epistatic effects underlying lamenecsoswins Fleckvieh and Braunvieh. Suchocki, T., C. Egger-Danner, H. Schwarzenbacher & J. Szyda. 2016. 5th International Conference on Quantitative Genetics. June 2016, Madison (USA).http://theta.edu.pl/wp-content/uploads/2008/11/ICQGposter_TS.pdf

Zusammenfassung:

The goal of the project was the statistical dissection of genetic determination of lameness in cattle. Data available for the analysis includes lameness scores, production information, pedigree and 76,934 SNP genotypes for 2,981 cows representing Brownswiss and Fleckvieh breeds ascertained within the frame of the Efficient Cow project. We estimated additive and dominance effects of the SNPs and modelled the pairwise epistasis for markers selected based on their abnormal LD pattern. Mixed linear models with a fixed additive and dominance effect of SNPs and a random additive polygenic animal effect of a cow were used for this purpose. Various model selection criteria were applied in order to define the final

model, which includes SNPs which showed significant additive, dominance and (or) epistatic effects on lameness. Furthermore those SNPs were functionally annotated to the UMD3.1 bovine reference genome. Gene Ontology (GO) terms and KEGG pathways underlying annotated genes were analyzed in order to identify functional clusters significantly enriched within this set of genes. Linkage disequilibrium calculation was performed at the Poznan Supercomputing and Networking Center.

9.6.5 Empfehlungen zur züchterischen Berücksichtigung der Klauengesundheit

Für die Auswahl von Merkmalen für die züchterische Verbesserung der Klauengesundheit spielt die Erblichkeit, die genetischen Korrelationen zu den Zielmerkmalen, sowie die Messbar- und Erfassbarkeit als auch die Kosten der Erfassung eine Rolle. Die tierärztlichen Diagnosen für die Klauenerkrankungen decken nur die schwereren Fälle ab, wo eine tierärztliche Intervention notwendig war. Daher sind die Frequenzen deutlich niedriger (ca. 5% in Österreich). Die Erblichkeiten liegen im niedrigen Bereich von ca. 2%. Der Vorteil dieser Daten ist jedoch, dass durch Gesundheitsmonitoring Rind, diese Daten bereits in der Breite erfasst werden und im Rinderdatenverbund für die Zuchtwertschätzung nutzbar sind. Ein Testlauf für die Zuchtwertschätzung zur Klauengesundheit zeigt, dass zB bei Fleckvieh alleine aus Österreich ca. 680.000 Datensätze zur Klauengesundheit zur Verfügung stehen (Egger-Danner, 2015). Verschiedene internationale Studien zeigen, dass die Klauenpflegedaten die wichtigsten Daten zur Verbesserung der Klauengesundheit sind. Für die Datenqualität ist wichtig, dass diese standardisiert, von ausgebildeten Klauenpflegern dokumentiert und nach Möglichkeit direkt elektronisch in die zentrale Rinderdatenbank (RDV) übermittelt werden. Die aus dem Efficient Cow geschätzte Erblichkeit von ca. 4 bzw. 7% für Klauenpflegedaten bietet Potential für Verbesserungen.

Da von diesen neuen Daten mittelfristig keine ausreichende Anzahl Stiere mit sicher geschätzten Zuchtwerten für die Klauengesundheit für die genomische Zuchtwertschätzung zur Verfügung stehen werden, ist es wichtig, dass beim Aufbaue einer Kuhlernstichprobe (Kuhkalibrierung) auf diese Merkmale Wert gelegt wird. Die Analyse der Lahmheitscoredaten aus Efficient Cow zeigt, dass diese Informationen, die eigentlich für das Management erfasst werden, auch züchterisch gut nutzbar sind und mit den Zielmerkmalen für die Verbesserung der Klauengesundheit in Beziehung stehen. Ausgewählte Merkmale aus der linearen Beschreibung helfen die Sicherheiten der Zuchtwerte für Klauengesundheit zu verbessern.

9.7 Zusammenhang von Lebendmasse, Körperkondition und Lahmheiten

Ziel war die Schätzung von genetischen Parametern für Lebendmasse, Körperkondition und Lahmheiten. Die Ergebnisse wurden auf der Interbull Tagung 2016 in Puerto Varas in Chile vorgestellt. Eine detaillierte Beschreibung der Daten, Methoden und Ergebnisse ist bei Köck et al. (2016) nachzulesen.

Genetic parameters for body weight, body condition score and lameness in Austrian dairy cows. Köck, A., Fuerst-Waltl, B., Steininger, F., Egger-Danner, C. 2016. Interbull Bulletin 50 (in press).

Für die Erstellung des Parameterschätzdatensatzes wurden die Tiere der Rassen Fleckvieh, Braunvieh und Holstein jeweils nach folgenden Kriterien selektiert:

- Fremdgenanteil ≤ 25%
- 5 bis 365 Tage in Milch

In Tabelle 9.7.1 sind die Anzahl der Beobachtungen, Anzahl Kühe und arithmetischen Mittelwerte und Standardabweichungen der analysierten Merkmale für alle Rassen dargestellt.

Tabelle 9.7.1 Anzahl Beobachtungen, Anzahl Kühe, Mittelwerte ± Standardabweichung für die Merkmale für die Rassen Fleckvieh, Braunvieh und Holstein

	Anzahl Beobachtungen	**Anzahl Kühe**	**Lebendmasse (kg)**	**BCS**	**Lahm**
Fleckvieh	21.650	3.421	731,3 ± 85,2	3,29 ± 0,55	1,29 ± 0,66
Braunvieh	9.826	1.488	651,9 ± 75,4	3,06 ± 0,51	1,24 ± 0,62
Holstein	7.319	1.192	682,8 ± 77,4	2,86 ± 0,62	1,44 ± 0,75

Die Tabellen 9.7.2 bis 9.7.4 präsentieren Erblichkeiten, Wiederholbarkeiten und genetische Korrelationen zwischen allen untersuchten Merkmalen für die Rassen Fleckvieh, Braunvieh und Holstein.

Beim Fleckvieh wurden folgende Erblichkeiten geschätzt: 0,44 für Lebendmasse, 0,22 für BCS und 0,07 für Lahmheiten. Hohe Wiederholbarkeiten wurden für alle drei Merkmale gefunden, 0,83 für Lebendmasse, 0,56 für BCS und 0,35 für Lahmheiten. Eine positive genetische Korrelation von 0,39 wurde zwischen Lebendmasse und BCS gefunden. Die genetische Korrelation zwischen Lebendmasse und Lahmheiten war ebenfalls positiv (0,57), d.h. Kühe mit einem höheren Körpergewicht haben tendenziell mehr Lahmheiten. Die genetische Korrelation zwischen BCS und Lahmheiten war nicht signifikant unterschiedlich von Null. Für die Rassen Braunvieh und Holstein wurden ähnliche Ergebnisse gefunden.

Table 9.7.2 Erblichkeiten (auf der Diagonale, Standardfehler in Klammer) und genetische Korrelationen (oberhalb der Diagonale, Standardfehler in Klammer) für die Rasse Fleckvieh

	Lebendmasse	**BCS**	**Lahmheiten**
Lebendmasse	**0,44 (0,05)**	0,39 (0,08)	0,57 (0,13)
BCS		**0,22 (0,03)**	0,05 (0,15)
Lahmheiten			**0,07 (0,02)**

Wiederholbarkeiten waren 0,83, 0,56 und 0,35 für Lebendmasse, BCS und Lahmheiten.

Table 9.7.3 Erblichkeiten (auf der Diagonale, Standardfehler in Klammer) und genetische Korrelationen (oberhalb der Diagonale, Standardfehler in Klammer) für die Rasse Braunvieh

	Lebendmasse	BCS	Lahmheiten
Lebendmasse	**0,36 (0,07)**	0,58 (0,10)	0,69 (0,27)
BCS		**0,18 (0,05)**	0,71 (0,41)
Lahmheiten			**0,03 (0,02)**

Wiederholbarkeiten waren 0,80, 0,60 und 0,35 für Lebendmasse, BCS und Lahmheiten.

Table 9.7.4 Erblichkeiten (auf der Diagonale, Standardfehler in Klammer) und genetische Korrelationen (oberhalb der Diagonale, Standardfehler in Klammer) für die Rasse Holstein

	Lebendmasse	**BCS**	**Lahmheiten**
Lebendmasse	**0,35 (0,07)**	0,56 (0,10)	0,63 (0,34)
BCS		**0,34 (0,07)**	-0,10 (0,26)
Lahmheiten			**0,04 (0,03)**

Wiederholbarkeiten waren 0,80, 0,68 and 0,35 für Lebendmasse, BCS and Lahmheiten.

9.8 Zusammenhang von Effizienz- und Gesundheitsmerkmalen

9.8.1 Einleitung

Ziel war die Schätzung von genetischen Korrelationen zwischen ausgewählten Effizienzparametern (ECM, INEL, LE_INEL, Lebendmasse) und BCS, Lahmheiten und den Gesundheitsmerkmalen Milchfieber, Metritis, Mastitis, Stillbrunst und Zysten.

9.8.2 Material und Methode

Die Analysen wurden nur für die Rasse Fleckvieh durchgeführt. Für die Erstellung des Parameterschätzdatensatzes wurden die Tiere nach folgenden Kriterien selektiert:

- Mind. ein *Efficient Cow* Datensatz im Jahr 2014
- 5 bis 305 Tage in Milch

Zudem wurden die erfassten Merkmale auf ihre Plausibilität überprüft. Bei zu starker Abweichung der erhoben Daten für jedes Tier wurden nicht plausible Werte auf fehlend gesetzt.

Die Merkmale ECM, INEL, LE_INEL, Lebendmasse, BCS und Lahmheiten wurden mehrmals pro Tier und Laktation erhoben, während für Milchfieber, Metritis, Mastitis, Stillbrunst und Zysten nur ein Wert pro Tier und Laktation vorlag. Datengrundlage für die Gesundheitsmerkmale waren tierärztliche Diagnosen und Beobachtungen von Landwirten. Beim Merkmal Metritis wurden die Merkmale Gebärmutterentzündung, Nachgeburtsverhaltung und puerperale Erkrankungen zusammengefasst. Die Gesundheitsmerkmale wurden als binäre Merkmale definiert (0=gesund und 1=krank), d.h. es wurde überprüft ob das Tier innerhalb eines bestimmten Zeitraumes gesund oder krank war. Die folgenden Zeiträume wurden definiert:

- Milchfieber: innerhalb der ersten 14 Tage nach der Abkalbung
- Metritis, Mastitis, Stillbrunst und Zysten: innerhalb der ersten 305 Tage nach der Abkalbung

Der finale Datensatz bestand aus 22.099 Datensätzen von 3.777 Fleckvieh-Kühen.

In Tabelle 9.8.1 sind die arithmetischen Mittelwerte, die Standardabweichungen so wie Minimum und Maximum der erfassten Merkmale dargestellt.

Tabelle 9.8.1 Datenübersicht

Merkmal	N	Mittelwert	Standardab-weichung	Minimum	Maximum
ECM, kg/d	22.099	28,35	8,12	1,98	80,08
INEL, MJ/d	22.099	128,46	21,55	62,39	211,22
LE_INEL, MJ/MJ	22.099	0,68	0,14	0,05	1,44
LM, kg	22.099	727,97	84,15	438	1.052
BCS, Score	22.086	3,27	0,56	1	5
Lahmheiten, Score	21.955	1,30	0,66	1	5
Milchfieber, %	5.216	5,83	0,23	0	1
Metritis, %	5.216	11,27	0,32	0	1
Mastitis, %	5.216	10,58	0,31	0	1
Stillbrunst, %	5.216	6,69	0,25	0	1
Zysten, %	5.216	6,90	0,25	0	1

ECM=Energie korrigierte Milch in kg, INEL = aufgenommene Energie in MJ, LE = über Milch abgegebene Energie in MJ, LM=Lebensmasse in kg

Die Schätzung der genetischen Parameter wurde anhand von bivariaten Tiermodellen durchgeführt. Die Parameterschätzung erfolgte mittels AI-REML mit der Software DMU (Madsen und Jensen, 2008). Das Modell beinhaltete die folgenden Effekte:

- Fixen Effekte:
  - Betrieb (1-118)
  - Kalbemonat (1-12)
  - Laktation (1,2,3,4,5+)
  - Laktationsabschnitt (1-10; Monatsintervalle): nur für die Merkmale ECM, INEL, LE_INEL, BCS und Lahmheiten
  - Beurteiler (1-29): nur für die Merkmale BCS und Lahmheiten
- Zufälligen Effekte:
  - Tier (genetische Effekt)
  - Permanente Umwelt

9.8.3 Ergebnisse und Diskussion

Genetische Korrelationen zwischen den ausgewählten Effizienzmerkmalen und BCS und Lahmheiten sind in Tabelle 9.8.2 ersichtlich. BCS war negativ korreliert mit der Milchleistung und LE_INEL, d.h. dass Kühe mit einer höheren Milchleistung und Effizienz einen niedrigeren BCS aufweisen. Zwischen BCS und Lebendmasse wurde ein positiver Zusammenhang geschätzt. Lahmheiten waren positiv korreliert mit allen untersuchten Merkmalen, d.h. Kühe mit mehr Lahmheiten haben genetisch eine höhere Milchleistung, eine höhere Gesamtenergieaufnahme (INEL) und ein höheres Körpergewicht.

Tabelle 9.8.2 Genetische Korrelationen (Standardfehler in Klammer) zwischen ausgewählten Effizienzmerkmalen und BCS und Lahmheiten (signifikante Ergebnisse sind hervorgehoben)

	Genetische Korrelationen	
	BCS	**Lahmheiten**
ECM	**-0,51 (0,08)**	**0,40 (0,17)**
INEL	-0,16 (0,10)	**0,49 (0,18)**
LE_INEL	**-0,62 (0,07)**	0,21 (0,17)
LM	**0,54 (0,06)**	**0,48 (0,15)**

ECM=Energie korrigierte Milch in kg, INEL = aufgenommene Energie in MJ, LE = über Milch abgegebene Energie in MJ, LM=Lebensmasse in kg

In Tabelle 9.8.2 sind die genetischen Korrelationen zwischen den Effizienzmerkmalen und den Gesundheitsmerkmalen dargestellt. Aufgrund des geringen Datenumfangs für Gesundheitsmerkmale hatten die Ergebnisse sehr hohe Standardfehler und nur die genetische Korrelation zwischen ECM und Stillbrunst war signifikant. Allgemein waren die genetischen Korrelationen zwischen den Gesundheitsmerkmalen und ECM, INEL und LE_INEL durchwegs positiv, d.h. Kühe mit einer höheren Milchleistung und Effizienz haben eine höhere Krankheitsanfälligkeit. Dies ist auch in Übereinstimmung mit den vorhergehenden Ergebnissen zwischen den Effizienzmerkmalen und BCS und Lahmheiten. Da Gesundheitsmerkmale eine sehr niedrige Erblichkeit haben, wäre jedoch ein größerer Datensatz notwendig um diese Ergebnisse abzusichern.

Tabelle 9.8.3 Genetische Korrelationen (Standardfehler in Klammer) zwischen ausgewählten Effizienzmerkmalen und Gesundheitsmerkmalen (signifikante Ergebnisse sind hervorgehoben)

	Milchfieber	**Metritis**	**Mastitis**	**Stillbrunst**	**Zysten**
ECM	0,62 (0,75)	0,82 (1,72)	0,77 (0,44)	**0,72 (0,22)**	0,57 (0,38)
INEL	-0,12 (0,79)	0,99 (1,92)	0,26 (0,38)	0,47 (0,26)	0,27 (0,43)
LE_INEL	0,88 (1,10)	0,43 (1,32)	0,99 (0,58)	n.k.	0,57 (0,34)
LM	-0,07 (0,57)	0,84 (14,75)	-0,50 (0,43)	n.k.	-0,07 (0,32)

ECM=Energie korrigierte Milch in kg, INEL = aufgenommene Energie in MJ, LE = über Milch abgegebene Energie in MJ, LM=Lebensmasse in kg

n.k. nicht konvergiert

9.9 Weitere Fragestellungen

Ambient temperature and its effect on performance and udder health

V. Auer[1], C. Egger-Danner[2], H. Formayer[3], D. Leidinger[3], E. Ofner-Schroeck[4], F. Steininger[2], E. Zentner[4], K. Zottl[5], B. Fuerst-Waltl[1]

[1]Univ. Nat. Res. Life Sci. Vienna (BOKU), Gregor Mendel-Str. 33, A-1180 Vienna, Austria, [2]ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH, Dresdner Str. 89, A-1200 Vienna, Austria, [3]Univ. Nat. Res. Life Sci. Vienna (BOKU), Peter-Jordan-Str. 82, A-1190 Vienna, Austria, [4]HBFL Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal, Austria, [5]LKV Austria, Dresdner Str. 89, A-1200, Austria; karl.zottl@lkv-austria.at

Prolonged periods of high ambient temperatures, particularly in connection with high humidity, not only affect the farms' production resources but may also have a direct impact on dairy cows. Rising ambient temperatures result in problems with regard to the regulation of the internal body temperature as the cows' ability to dissipate body heat is reduced. In high-yielding cows this effect is additionally enhanced due to higher metabolic activity. Certain construction and husbandry measures in dairy cattle farms may however alleviate the negative effect of high ambient temperature and humidity. Thus, data of the husbandry system (barn type tie stall/loose housing; forced ventilation yes/no; pasture yes/no) were collected in 150 Austrian dairy cattle farms covering the breeds Fleckvieh, Brown Swiss and Holstein (Projects StartClim2014.C and EfficientCow). Those data were merged with performance data from the central cattle data base and meteorological data from the Central Institute for Meteorology and Geodynamics. The effect of temperature (average of the maximum temperature and temperature-humidity-index, THI, up to and including three days before performance testing) on dairy performance traits (milk yield, fat- and protein content) and udder health (Somatic cell score, SCS) was analyzed excluding and including husbandry systems. Taking husbandry system not into account, performance traits were significantly negatively affected by higher temperatures and higher THI while no effect on SCS was observed. However, including the husbandry system, significant but varying effects of temperature and THI within husbandry systems were found for SCS as well. Particularly with regard to the expected increase of days with high ambient temperature, the results illustrate the necessity to reduce dairy cows' heat stress in specific husbandry systems.

9.10 Meilensteine

- Erblichkeiten und genetische Korrelationen von verschiedenen Klauengesundheitsmerkmalen sind bekannt
- Erblichkeiten und genetische Korrelationen von verschiedenen Stoffwechselparametern sind bekannt

- Nutzen von Managementinformationen wie BCS, Ketotest oder Lahmheitsbeurteilung für die Zucht analysiert
- Zusammenhänge zwischen Effizienzmerkmalen und Gesundheitsmerkmalen analysiert
- Kooperation mit EU-Projekt Gene2Farm zur Genotypisierung von 3.000 Kühen mit zuverlässigen Gesundheitsdaten
- 4 Masterarbeiten zu Fragestellungen aus diesem Bereich abgeschlossen

9.11 Literatur

Bertoni G., Trevisi E., Lombardelli R., 2009. Some new aspects of nutrition, health conditions and fertility of intensively reared dairy cows. Ital. J. Anim. Sci. 8, 491-518.

Boelling D., Laursen V.M., Mark T., 2008. Claw Trimming Records and Locomotion Can Improve Selection for Feet and Legs. 59rd Annual Meeting of the Association of European Animal Production, August 2008, Vilnius, Lithuania.

Buchereit, N., Stammer, E., Junge, W., Thaller, G.,2011. Short Communication: Genetic relationship among daily energy balance, feed intake, body condition score, and fat to protein ratio of milk in dairy cows. J. Dairy Sci. 94:1586-1591.

Chapinal N., Koeck A., Sewalem A., Kelton D.F., Mason S., Cramer G., Miglior F., 2013. Genetic parameters for hoof lesions and their relationship with feet and leg traits in Canadian Holstein cows. Journal Dairy Sci., 96, 2596–2604.

De Kruif, Mansfeld R., Hoedemaker M., 2007. Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind.2., vollständig überarbeitete und erweiterte Aufl., Stuttgart: Enke Verlag.

Ederer S., 2014. Beziehungen von Stoffwechselerkrankungen und Merkmalen aus der Milchleistungskontrolle in der Rasse Fleckvieh. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur.

Egger-Danner C., Fuerst-Waltl B., Obritzhauser W., Fuerst C., SchwarzenbacherH., Grassauer B., Mayerhofer M., Koeck A., 2012. Recording of direct health traits in Austria-experience report with emphasis on aspects of availability for breeding purposes. J Dairy Sci. 95,2765–2777, doi:10.3168/jds.2011-4876.

Egger-Danner C., Cole J., Pryce J., Gengler N., Heringstad B., Bradley A., Stock K., 2015. Invited review: overview of new traits and phenotyping strategies in dairy cattle with a focus on functional traits. Animal 9, 191-207.

Elanco (Hrsg.) 2012. Keto-Test. Healthy Start. (Produktbroschüre)

Geishauser T., Leslie K., Kelton D., Duffield T., 1998. Evaluation of five cowside tests for use with milk to detect subclinical ketosis in dairy cows. J. Dairy Sci. 81, 438-443.

Grelet C., Bastin C., Gelé M., Davière J.-B., Johan M., Werner A., Reding R., Fernandez Pierna J.A., Colinet F.G., Dardenne P., Gengler N., Soyeurt H., Dehareng F., 2016. Development of Fourier transform mid-infrared calibrations to predict acetone, β-hydroxybutyrate and citrate contents in bovine milk through a European dairy network. J. Dairy Sci. (submitted).

Häggman J., Juga J., 2013. Genetic parameters for hoof disorders and feet and leg conformation traits in Finnish Holstein cows. J. Dairy Sci. 96, 3319–3325.

Hamann J. and Krömker V., 1997. Potential of specific milk composition variables for cow health management Livest. Prod. Sci. 48, 201-208.

ICAR, 2016. ICAR recording Guidelines. International agreement of recording practices. Available online (accessed September 2016): http://www.icar.org/index.php/recording-guidelines-in-menu/

Ingvartsen K. L. and Friggens N. C., 2005. To what extent do variabilities in hormones, metabolites and energy intake explain variability in milk yield? Domest. Anim. Endocrinol. 29,294-304.

Iwersen M., Falkenberg U., Voigtsberger R., Forderung D., Heuwieser W., 2009. Evaluation of an electronic cowside test to detect subclinical ketosis in dairy cows. J. of Dairy Science, Volume 92 (6), 2618–2624.

Koeck A., Jamrozik J., Kistemaker G.J., Schenkel F.S., Moore R.K., Lefebvre D.M., Kelton D.F., Miglior F., 2016. Genetic and phenotypic associations of milk β-hydroxybutyrate with ketosis in Canadian Holsteins . Canadian Journal of Animal Science Volume 96 (3), 302-305

Koeck A., Fuerst F., Egger-Danner C., 2015. Farmer-observed health data around calving—Genetic parameters and association with veterinarian diagnoses in Austrian Fleckvieh cows. J. Dairy Science, Vol. 98 (4), 2753-2758.

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. J. Dairy Sci. 96, 4688–4696.

König S., Sharifi A.R., Wentrot H., Landmann D., Else M., Simianer H., 2005. Genetic parameters of claw and foot disorders estimated with logistic models. J. Dairy Sci. 88, 3316-25.

König S., Swalve H.H., 2006. Modellkalkulationen zu züchterischen Möglichkeiten auf Klauengesundheit beim Milchrind. Züchtungskunde 78, 345 – 356.

Madsen P. und Jensen J., 2008. DMU – a package for analysing multivariate mixed models, version 6.

Manzenreiter, H. (2012): Milchinhaltsstoffeals Indikatoren zur Erkennung von Ketose. Masterarbeit, Universitat für Bodenkultur Wien.

Naeslund S., 2008. Genetic variation in dairy cattle claw health traits recorded by claw trimmers. http://stud.epsilon.slu.se/5330/7/naeslund_s_130228.pdf.

Ødegard C., Svendsen M., Heringstad B., 2014. Genetic correlations between claw health and feet and leg conformation in Norwegian Red cows. J. Dairy Sci. 97,4522-4579.

Ødegard C., Svendsen M., Heringstad B., 2013. Genetic analyses of claw health in Norwegian Red cows. J. Dairy Sci. 96, 7274-7283.

Podiwinsky C. (2011): Aspekte der Milchwirtschaft in der Klimadiskussion. Seminar der ZAR zum Thema „Klimaschutz und Energieeffizienz in der Rinderwirtschaft“, Hernstein, 30.-31.Mai 2011.

Roche J.R., Friggens N.C., Kay J.K., Fischer M.W., Stafford K.J., Berry D.P., 2010. Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health and welfare. Journal of Dairy Science 92, 5769-5801.

Sprecher D.J., Hostetler D.E., Kaneene J.B., 1997. A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. Theriogenology 47, 1178-1187.

Thomet P. und Piccand V., 2011. Ressourceneffiziente Milchproduktion – Welcher Kuhtyp ist geeignet? In: 38. Viehwirtschaftliche Tagung, 13.-14. April 2011, Bericht LFZ Raumberg-

Gumpenstein, 11-18.

Van Pelt M.L., 2015. Von der Erfassung der Klauenpflegedaten zur Zuchtwertschätzung für Klauengesundheit – Beispielbericht Niederlande. In: Seminar des Ausschusses für Genetik der ZAR: Gesunde Klauen und gute Fundamente. Tagungsband, Salzburg, 12. März 2015, 57-62.

Zebeli Q. und Klevenhusen F., 2011. High animal production efficiency for less environmental footprints: opportunities and challenges. EAAP, Norway, 2011. http://www.eaap.org/Stavanger/Sessions/Session%2014.html

9.12 Publikationen

Auer V., Egger-Danner C., Formayer H., Leidinger D., Ofner-Schröck E., Steininger F., Zentner E., Zottl K., Fürst-Waltl B., 2015. Einflüsse von Außentemperatur auf die Leistung und Gesundheit von Milchkühen unter Berücksichtigung verschiedener Haltungsfaktoren. Endbericht von StartClim2014.C in StartClim2014: Anpassung an den Klimawandel in Österreich - Beiträge zur Umsetzung der österreichischen Anpassungsstrategie.
http://www.startclim.at/fileadmin/user_upload/StartClim2014_reports/StCl2014C_lang.pdf

Burgstaller J., Feiersinger D., Fuerst-Waltl B., Steininger F., Kofler J., Egger-Danner C., 2016. The impact of husbandry conditions on claw health in Austrian dairy herds. [EAAP 2016 - 67th Annual Meeting of the Federation of Animal Science, Belfast, AUG 29 - SEP 2, 2016] In: Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, Book of Abstracts of the 67th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science, 396; ISBN: 978-90-8686-284-9.

Burgstaller J., Guggenbichler S., Fuerst-Waltl B., Steininger F., Kofler J., Egger-Danner C., 2016. The impact of claw health and lameness on fertility in Austrian dairy herds. [EAAP 2016 - 67th Annual Meeting of the Federation of Animal Science, Belfast, AUG 29 - SEP 2, 2016] In: Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, Book of Abstracts of the 67th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science, 347; ISBN: 978-90-8686-284-9.

Burgstaller J., Egger-Danner C., Fürst-Waltl B., Steininger F., Guggenbichler S., Dourakas M., Feiersinger D., Kofler J., 2016. Nutzung der Efficient Cow Daten zur Verbesserung der Klauengesundheit . [22. Wintertagung Billig gibt's nicht, irgendwer zahlt immer (drauf)!, Aigen im Ennstal, FEB 11-12, 2016] In: HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 22. Wintertagung 2016 Billig gibt's nicht, irgendwer zahlt immer (drauf)!, 49-50 http://www.raumberg-gumpenstein.at/cm4/de/forschung/publikationen/downloadsveranstaltungen/viewdownload/3136-wintertagung-2016/28704-22-wintertagung-2016-tagungsband-gesamt.html; ISBN: 978-3-902849-34-2.

Egger-Danner C, Cole J.B., Pryce J.E., Gengler N., Heringstad B., Bradley A., Stock K.F., 2013.

Which phenotypes will be available in the near future? Invited paper at the Joint Session EAAP and Interbull in Nantes, August, 2013.

Egger-Danner C. und Steininger F., 2014. Efficient Cow: Auf der Suche nach der idealen Kuh. Analyse und Optimierung der Produktionseffizienz und der Umweltwirkung in der österreichischen Rinderwirtschaft. 27. Baumgartenberger Fachgespräche, Grein, am 9. Mai 2014.

Egger-Danner C., Cole J.B. Pryce J.E., Gengler N., Heringstad B., Bradley A. Stock K.F., 2014. Invited review: overview of new traits and phenotyping strategies in dairy cattle with a focus on functional traits. Animal. 2014 Nov 12, 1-17.

Egger-Danner C., 2015. Züchterische Verbesserung der Klauengesundheit – Internationale Entwicklungen und Situation in Österreich. In: Seminar des Ausschusses für Genetik der ZAR: Gesunde Klauen und gute Fundamente. Tagungsband, Salzburg,12. März 2015, 35-45.

Egger-Danner, C.; Steininger, F.; Gruber, L.; Ledinek, M.; Zottl, K; Zollitsch, W.; Fürst, C.; Obritzhauser, W.; Burgstaller, J.; Kofler, J.; Fürst-Waltl, B. (2016): Das „Efficient Cow" - Projekt. [6. Kremesberger Tagung, Bestandsbetreuung Wiederkäuer, Pottenstein, FEB 16, 2016] In: Veterinärmedizinische Universität Wien, Kllinik für Wiederkäuer, Abteilung Bestandsbetreuung, 6. Kremesberger Tagung, Bestandsbetreuung Wiederkäuer, 29-39.

Fuerst-Waltl B., Steininger F., Gruber L., Zottl K., Ledinek M., Zollitsch W., Fuerst C., Egger-Danner C., 2014. Optimization of production efficiency and environmental impact within the Austrian cattle production In: Wageningen Academic Publishers (Hrsg.), Book of Abstracts of the 65th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science 191.

Fürst-Waltl, B., Fürst, C., Obritzhauser, W., Egger-Danner, C.,2015. Berücksichtigung direkter Gesundheitsmerkmale im Gesamtzuchtzuchtwert. In: Deutsche Gesellschaft für Züchtungskunde e.V., DGfZ Schriftenreihe Heft 66; 7. Rinder-Workshop Uelzen, 103-112,ISSN 0949-8842.

Fürst-Waltl B., Fürst Chr., Egger-Danner Ch., 2015. Gutes Fundament und gesunde Klauen – wie viel sagt die lineare Nachzuchtbeschreibung über Klauengesundheit aus? In: Seminar des Ausschusses für Genetik der ZAR: Gesunde Klauen und gute Fundamente. Tagungsband, Salzburg, 12. März 2015, 47-56.

Fuerst-Waltl B., Fuerst C., Obritzhauser W., Egger-Danner C., 2016. Sustainable breeding objectives and possible selection response: finding the balance between economics and breeders' desires. J. Dairy Sci. 99 (12), 9796-9809.

Fuerst-Waltl B., Fuerst C., Egger-Danner C., 2016. Linear type traits show pronounced phenotypic relationships to foot and claw health. [EAAP 2016 - 67th Annual Meeting of the Federation of Animal Science, Belfast, AUG 29 - SEP 2, 2016] In: Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, Book of Abstracts of the 67th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science, 348; ISBN: 978-90-8686-284-9

Fuerst-Waltl B., Steininger F., Fuerst C., Gruber L., Mayerhofer M., Ledinek M., Zollitsch W., Zottl K., Egger-Danner C., 2016. First results of the Austrian Efficient Cow project. [Brune 2016 - Braunvieh Weltkongress, Mende, APR 6-8] In: BGS - Brune & Jersiaise, Mondial Brune 2016 Presentations of the Congress, 32-37 (Konferenzbände in Französisch, Deutsch, Englisch, Spanisch).

Köck A., Fuerst-Waltl B., Steininger F., Egger-Danner C., 2016. Genetic parameters for body weight, body condition score and lameness in Austrian dairy cows. Interbull bulletin Vol. (in Druck)

Zottl K., A. Koeck, B. Fuerst-Waltl, C. Pfeiffer, F. Steininger, L. Gruber, M. Ledinek, C. Fuerst, C. Egger-Danner, (2016). On-farm recording of novel traits in dairy cattle – genetic parameters and recommendations. ICAR-Congress, Puerto Varas, Chile, October 24.-28.2016.

Mitautorenschaft:

Charfeddine, N., Alsaaod, M., Burgstaller, J., Christen, A.M., de Jong, G., Egger-Danner, G., Fiedle, A., Heringstad, B., Kofler, J., Holzhauer, M., Malchiodi F., Muellet, K. E, Nielsen, P., Ruottu, H., Sogstad, Å. M., Stock, F. K., Thomas, G., 2016. Guidelines for the validation and use of claw health data. CAR-Congress, Puerto Varas, Chile, October 24.-28.2016.

Heringstad, B., Pryce, J.E., Perker-Gaddis, K.L., Koeck, A., Bastin, C.,Abdelsayed, M., Gengler, N., Miglior, F., Egger-Danner, C., Stock, K.F., Bradley, A., Cole, J., 2016. Selection against metabolic diseases. ICAR-Congress, Puerto Varas, Chile, October 24.-28.2016.

Pryce, J.E., Parker-Gaddis, K.L., Koeck, A., Bastin, C. Abdelsayed, M., Gengler, N., Miglior, F., Heringstad, B., Egger-Danner, C., Stock, K.F., Bradley, A.J., Cole, J.B., 2016. Invited review: Opportunities for genetic improvement of metabolic diseases. J. Dairy Science. 99:1-19

Artikel

Burgstaller J., 2016. Mehr Kälber durch Klauenpflege. Der fortschrittliche Landwirt 12/2016, 22-23.

Egger-Danner C., 2016. Gesund, leistungsstark, robust: die Genetik von heute und morgen. Fleckvieh Austria – das österreichische Magazin für Fleckviehzucht, Ausgabe 3/2016, 8-11.

Egger-Danner, C., 2016: Ketose: Früherkennung und Vorbeuge. Der fortschrittliche Landwirt (in Druck).

Tüchler Th., 2016. Rund ist ungesund. Der fortschrittliche Landwirt 14/2016, 18-19.

Masterarbeiten/Diplomarbeiten

Dourakas M., 2016. Auswirkung von Lahmheit und Klauenläsionen auf die Fruchtbarkeit von Milchrindern in Österreich. Diplomarbeit, Veterinärmedizinische Universität Wien.

Feiersinger D., 2016. Die Auswirkung der Haltungsform auf Lahmheit und Klauenerkrankungen in österreichischen Milchviehherden. Diplomarbeit, Veterinärmedizinische Universität Wien.

Guggenbichler Stefan., 2016. Auswirkung von Lahmheit und Klauenläsionen auf die Milchleistung von Rindern in Österreich. Diplomarbeit, Veterinärmedizinische Universität Wien.

Auer V., 2015. Einflüsse von Außentemperatur auf die Leistung und Gesundheit von Milchkühen unter Berücksichtigung verschiedener Haltungsfaktoren. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

Tüchler Th., 2015. Analyse der Häufigkeiten von Stoffwechselstörungen und Mastitis bei Milchkühen. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

Ederer S., 2014. Beziehungen von Stoffwechselerkrankungen und Merkmalen aus der Milchleistungskontrolle in der Rasse Fleckvieh. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

10 Arbeitspaket 6: Züchterische Berücksichtigung und Grundlage für Entscheidungsträger bezüglich weitere Vorgangsweise

10.1 Ziele und geplante Maßnahmen

- M1: Wirtschaftliche Gewichte
- M2: Berücksichtigung im Gesamtzuchtwert
- M3: Berücksichtigung im Zuchtprogramm
- M4: Entscheidungsgrundlage für Einführung in die Routine

10.2 Zusammenfassung

Aufbauend auf der Züchterumfrage (Steininger, 2013), Auswertungen zur optimalen Lebendmasse und Nährstoffeffizienz als auch auf Ergebnissen zu genetischen Trends und genetischen Zusammenhängen zwischen Lebendmasse, Effizienz und den Merkmalen aktuell im Zuchtziel (GZW) wurden Empfehlungen für die praktische Umsetzung ausgearbeitet. Die Ergebnisse, die auf Daten von 167 Praxisbetrieben in Österreich und umfangreichen Daten von Versuchsbetrieben beruhen, zeigen, dass der Zusammenhang zwischen Lebendmasse und Milchleistung (ECM) nicht linear ist und es sowohl bei der Lebendmasse- als auch bei der Nährstoffeffizienz Optimalbereiche gibt. Kühe mit mittlerer Lebendmasse sind im Durchschnitt die effizienteren Tiere. Diese nichtlinearen Zusammenhänge dürften auch die Ursache für die phänotypischen und genetischen Korrelationen um null für ECM und Lebendmasse sein. Die Ergebnisse zeigen auch, dass bei der aktuellen Zusammensetzung des Gesamtzuchtwertes eine leichte Verringerung der Lebensmasse zu erwarten ist. Ergebnisse aus Versteigerungsdaten über die letzten 15 Jahre bestätigen diesen Trend. Um die Futtereffizienz in Relation von Input zu Output berücksichtigen zu können, sind Merkmale zur Lebendmasse, Milchleistung, Futter- und Nährstoffaufnahme, aber auch zur Mobilisierung und dem Gesundheitsstatus wichtig. Da unter aktuellen Praxisbedingungen tierindividuelle Futteraufnahmedaten nicht verfügbar sind, wurde bei der Empfehlung zur Umsetzung in die Praxis der Schwerpunkt auf kurz- bis mittelfristige umsetzbare Maßnahmen gelegt. Die Analysen zeigen, dass die Lebendmasse in Kombination mit der Milchleistung bereits einen wesentlichen Teil der Futtereffizienz beschreibt. Für die Umsetzung in die Praxis wird ein Zuchtwert Lebendmasse und ein Monitoring der Lebendmasseentwicklung empfohlen. Entscheidend für die Futtereffizienz ist auch die Mobilisierung. Es wird empfohlen, bereits verfügbare Daten aus dem Stoffwechselbereich für die Berechnung eines Stoffwechselindex zu nutzen und Maßnahmen zu setzen, um in Zukunft auch Parameter zu subklinischen Erkrankungen züchterisch nutzen zu können. Die Ergebnisse aus Efficient Cow zeigen auch die Bedeutung der züchterischen Verbesserung der Klauengesundheit. Im ersten Schritt wird die Bereitstellung eines Klauengesundheits-Zuchtwerts basierend auf tierärztlichen Diagnosen und Daten aus der linearen Nachzuchtbeschreibung empfohlen. Ein wichtiger weiterer Schritt ist die Einbeziehung von Daten aus der Klauenpflege. Die Ergebnisse aus dem Projekt zeigen auch, dass Daten aus Managementwerkzeugen wie Lahmheits- oder Körperkonditionsbeurteilung züchterisch

wertvoll sind. Damit in Zukunft auch genomische Zuchtwerte für neue Merkmale aus dem Bereich Lebendmasse, Stoffwechsel, Klauengesundheit, Gesundheit allgemein als auch hinsichtlich Effizienzmerkmale entwickelt und bereitgestellt und dadurch der Zuchtfortschritt in diesen Merkmalen beschleunigt werden kann, ist es wichtig, dass solche Daten wenn möglich in der Breite, aber auf jeden Fall in Kuhlernstichproben in Kombination mit den Genotypen der Kühe erfasst werden.

10.3 Wirtschaftliche Gewichte

In einem auf die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit ausgerichteten Zuchtziel sollten alle wirtschaftlich wichtigen Merkmale berücksichtigt werden. Der Gesamtzuchtwert (GZW) stellt dabei die mathematische Definition des Zuchtzieles dar und basiert auf der Selektionsindextheorie (Hazel und Lush, 1943). Für seine Berechnung müssen die Einzelzuchtwerte, deren Sicherheiten, die wirtschaftlichen Gewichte der Zuchtzielmerkmale und die entsprechenden genetischen Korrelationen zwischen den Merkmalen bekannt sein. Im Rahmen des Projektes OptiGene (Egger-Danner et al., 2015) wurden wirtschaftliche Gewichte neu abgeleitet (Fuerst-Waltl et al., 2016), genetische Korrelationen zwischen den Merkmalen neu geschätzt (Pfeiffer, 2015) und in Abstimmung von Landwirten und Zuchtverbänden nach einem intensiven Diskussionsprozess im April 2016 der neue Gesamtzuchtwert für Fleckvieh und Braunvieh eingeführt.

Miesenberger (1997) leitete erstmals wirtschaftliche Gewichte für die österreichischen Rinderrassen ab, im Jahr danach erfolgte die Einführung des Gesamtzuchtwertes. Die Ableitung der wirtschaftlichen Gewichte erfolgte mit einem Herdenmodell. Das dazu verwendete Computerprogramm wurde ursprünglich von Amer et al. (1996) für die Optimierung von Managemententscheidungen in Rinder haltenden Betrieben geschrieben und von Miesenberger (1997) für die Schätzung wirtschaftlicher Gewichte österreichischer Rinderrassen adaptiert. Zehn Jahre später wurden wirtschaftliche Gewichte, die auf Basis desselben Modells geschätzt wurden, publiziert (Lind, 2007). Mit Ende des Projektes Gesundheitsmonitoring Rind und dessen Überführung in die Routine folgte schließlich die Ableitung der wirtschaftlichen Gewichte für Frühe Fruchtbarkeitsstörungen, Zysten und Milchfieber (Fuerst-Waltl et al., 2010). Da wirtschaftliche Gewichte in regelmäßigen Abständen zu überprüfen sind, wurden im Vorfeld der Einführung des neuen Gesamtzuchtwertes im Jahr 2016 ebenfalls wieder wirtschaftliche Gewichte abgeleitet (Fuerst-Waltl et al., 2016). Dazu wurde in der von Fuerst-Waltl et al. (2010) auf Gesundheitsmerkmale erweiterten Programmversion das Merkmal Ketose ergänzt und wesentliche Inputparameter adaptiert (Populationsdaten, Kosten, Preise etc.).

Im Rahmen des Herdenmodells wird eine Rinderherde mit den Bereichen Milchproduktion, Aufzucht und Mast in einem statischen Zustand über einen unendlichen Planungshorizont dargestellt. Aus den Ergebnissen der einzelnen Bereiche wurden die Ergebnisse je Herdendurchschnittskuh und Jahr ermittelt. Für die Ableitung der wirtschaftlichen Gewichte müssen die den jeweiligen Merkmalen entsprechenden Parameter variiert werden. Aus der dadurch hervorgerufenen Änderung des Durchschnittsgewinnes je Herdendurchschnittskuh und Jahr werden die wirtschaftlichen Gewichte mittels Differenzenrechnung ermittelt. Um

Doppelberücksichtigungen zu vermeiden (Dempfle, 1992) erfolgt die Ableitung für jedes Merkmal unter Konstanthaltung aller übrigen Merkmale. Die Ergebnisse werden als Grenznutzen in € pro Merkmalseinheit und als wirtschaftliches Gewicht in € pro genetischer Standardabweichung ausgedrückt. Eine detaillierte Beschreibung des verwendeten Modells geben Miesenberger (1997) und Lind (2007), die aktuellen Inputparameter sind in Fuerst-Waltl et al. (2016) zu finden.

Die Lebendmasse wurde bereits in der ursprünglichen Programmversion modelliert, da sie eine Grundvoraussetzung für die Rationsberechnungen darstellt. Der Algorithmus nach Press et al. (1986) wurde verwendet um die kostengünstigste Ration zu ermitteln, die den Nährstoffbedarf (Erhaltungs- und Leistungsbedarf) deckt, wobei Trächtigkeit und Mobilisation entsprechend berücksichtigt werden (Miesenberger, 1997). Für die Rassen Fleckvieh und Braunvieh wurden im Rahmen dieses Projektes wirtschaftliche Gewichte für die Lebendmasse abgeleitet. Dazu wurde dasselbe Referenzszenario, das im Rahmen des Projektes Optigene modelliert wurde, verwendet. Für die Rasse Fleckvieh wurde analog zu Lind (2007) ein Gewicht der ausgewachsenen Kühe von 750 kg, für die Rasse Braunvieh von 700 kg unterstellt. Die genetischen Standardabweichungen wurden im Rahmen dieses Projektes ermittelt (siehe Arbeitspaket 4, Kapitel 8).

Tabellen 10.3.1 und 10.3.2 geben eine Übersicht über die Ableitung der Grenznutzen, die genetischen Standardabweichungen und wirtschaftliche Gewichte pro genetischer Standardabweichung für das Merkmal Lebendmasse und die Rassen Fleckvieh und Braunvieh. Da die Ableitung unter Konstanthaltung aller anderen Merkmale erfolgt, wurde der zusätzlich Milcherlös vom Profit abgezogen. Die höhere Milchmenge ergibt sich durch die höhere Trockenmasseaufnahmekapazität bei steigender Lebendmasse.

Bei beiden Rassen wurde ein positives wirtschaftliches Gewicht für die Lebendmasse abgeleitet, für Braunvieh ist das wirtschaftliche Gewicht höher als für Fleckvieh. Ein wesentlicher Grund dafür dürfte im niedrigeren Niveau der Lebendmasse von Braunvieh im Referenzszenario sowie möglicherweise in unterschiedlichen Laktationskurven und maximaler Grundfutteraufnahme, die in unterschiedlichen Rationen resultieren, liegen. Im Gesamtzuchtwert würde das relative wirtschaftliche Gewicht etwa 5 bis 6% betragen.

Tabelle 10.3.1 Grenznutzen, Profit, genetische Standardabweichung (s_a) und wirtschaftliches Gewicht pro genetischer Standardabweichung für das Merkmal Lebendmasse und die Rasse Fleckvieh

Gewicht	Differenz	Profit €	Diff. Prof.	Diff. inkl. Milch	€/kg	€/s_a (s_a=41.2)
750		840,34				
	20		5,55	5,46	0,273	11,25
770		845,89				
	20		5,43	5,36	0,268	11,04
790		851,32				

Tabelle 10.3.2 Grenznutzen, Profit , genetische Standardabweichung (s_a) und wirtschaftliches Gewicht pro genetischer Standardabweichung für das Merkmal Lebendmasse und die Rasse Braunvieh

Gewicht	Differenz	Profit €	Diff. Prof.	Diff. inkl. Milch	€/kg	€/s_a (s_a=41.2)
700		850,22				
	20		8,66	8,59	0,43	15,39
720		858,88				
	20		10,00	9,91	0,49	17,54
740		868,88				

In der Literatur sind überwiegend negative Grenznutzen bzw. wirtschaftliche Gewichte für die Lebendmasse von Kühen zu finden. In einer Literaturübersicht stellten Koenen et al. (2000) Arbeiten vor, deren Schätzwerte mit unterschiedlichen Modellannahmen zwischen -1,28 bis -0,42 €/kg/Kuh/Jahr (Groen, 1989) und -0.17 bis +0.02 €/kg/Kuh/Jahr (Steverink et al., 1994) schwankten. Auch in einer neueren Arbeit von Hietala et al. (2014) wurde ein negatives wirtschaftliches Gewicht berichtet. Vergleiche mit Zweinutzungsrassen fehlen jedoch in der Literatur, die oben genannten Studien befassten sich fast ausschließlich mit Holstein, eine Arbeit (Hietala et al., 2014) mit Finnischen Ayrshire. Die Verkaufswerte von Kälbern, Schlachtkalbinnen und Schlachtkühen sind dementsprechend niedriger und könnten ein Grund für die doch großen Unterschiede sein. Weiters sind die unterstellten Kosten für Futtermittel entscheidend. Hietala et al. (2014) argumentierten, dass bei steigenden Lebendgewichten der Anteil von Kraftfutter in der Ration steigt und dies der Hauptgrund für das negative Gewicht der Lebendmasse darstellt. Im vorliegenden Modell wird für jede Kuh und jeden Tag aus den zur Verfügung stehenden Futtermitteln die billigste Ration gesucht. Kraftfutterpreise sind derzeit möglicherweise kein limitierender Faktor (unterstellt wurde z.B für Gerste 0,17 € bei 124 g XP und 8,28 MJ NEL pro kg TM, für Soja 0,50 € bei 398 g XP und 9,90 MJ NEL pro kg TM und für Grassilage 0,18 € bei 150 g XP und 6,10 MJ NEL pro kg TM). Eine höhere Lebendmasse resultiert modelltechnisch außerdem nicht nur in erhöhtem Erhaltungsbedarf sondern auch in einer höheren Futteraufnahmekapazität. Auch dies könnte ein Grund für die Unterschiede zu den oben genannten Arbeiten sein.

10.4 Berücksichtigung im Gesamtzuchtwert

Nach Berry (2014) zeichnet sich eine ideale Kuh durch folgende Eigenschaften aus:

- Produktion einer großen Menge von hoch qualitativem Output (z.B. Milch und Fleisch)
- Hohe Fruchtbarkeits- und Reproduktionsleistung
- Hoher Gesundheitsstatus
- Hohe Langlebigkeit
- Keine zu große Futteraufnahme
- Einfaches Management (z.B. Kalbeverlauf, Temperament)
- Gutes funktionelles Exterieur

- Geringer ökologischer Fußabdruck
- Robust, widerstandsfähig (resilient) gegen äußere Störungen

Zuchtziele geben die Richtung vor, wohin sich die Züchtung bewegen soll. Dabei sind bei der Konzeption der Zuchtziele die zukünftigen Entwicklungen zu berücksichtigen, wie z.B. der Zugang zu Märkten und die aktuellen Preise, die verfügbaren Technologien usw. (Essl 1999, ZAR-Seminar 2016 - https://zar.at/Aktuelles/Termine/Fortbildung/ZAR-Seminar.html). Die mathematische Formulierung mit der optimalen Gewichtung der verschiedenen Merkmale in Abhängigkeit von genetischer Variation und genetischen Zusammenhängen zwischen den Merkmalen, deren ökonomische Bedeutung als auch unter Berücksichtigung der verfügbaren Leistungsinformationen (Zuchtwertsicherheiten) erfolgt im Gesamtzuchtwert (GZW). Der GZW wurde im Rahmen des Projektes OptiGene (Egger-Danner et al. 2015) unter Berücksichtigung von Gesundheit und genomischer Selektion optimiert. Der neue GZW für Fleckvieh und Braunvieh wurde 2016 im Rahmen der gemeinsamen Zuchtwertschätzung (Deutschland-Österreich-Tschechien) in die Praxis eingeführt. Im Rahmen des Projektes Efficient Cow wurden die züchterischen Möglichkeiten der Datenerhebung neuer Merkmale unter Praxisbedingungen bis zur Schätzung von Erblichkeiten und genetischen Zusammenhängen analysiert. In Arbeitspaket 4 wurden die genetischen Parameter für Effizienzmerkmale und deren genetische Beziehungen zu Zuchtwert-Merkmalen geschätzt. In Arbeitspaket 5 wurden die züchterischen Möglichkeiten für die Komplexe Stoffwechsel und Klauengesundheit, die im aktuellen GZW-2016 noch nicht berücksichtigt sind, analysiert. Die genetischen Zusammenhänge zwischen Effizienz und Gesundheit wurden evaluiert. Wirtschaftliche Gewichte wurden für neue Merkmale abgeleitet und Zuchtplanungsrechnungen durchgeführt. Aufgrund der verschiedenen Ergebnisse werden folgende Weiterentwicklungen empfohlen:

- *Stoffwechselindex*: Der Komplex Stoffwechsel ist bisher im Gesamtzuchtwert nicht direkt berücksichtigt. Es werden zwar Zuchtwerte für Milchfieber geschätzt, die allerdings nicht in den Gesamtzuchtwert eingehen. Zahlreiche Publikationen und Erfahrungen aus der Praxis zeigen, dass ein Energiedefizit der Milchkühe zu Laktationsbeginn häufig auftritt und dadurch deren Stoffwechsel extrem belastet ist. Auch wenn die Frequenzen für klinische Stoffwechselerkrankungen meist unter 5 % liegen, so sind z.B. die Frequenzen von subklinischen Ketosen über 15 %. Für die genetische Verbesserung der Stoffwechselstabilität können zudem Hilfsmerkmale wie BCS oder BCS-Veränderung zu Laktationsbeginn oder der Fett/Eiweiß-Quotient (FEQ) herangezogen werden. Subklinische Ketosen können über verschiedene Arten des Ketotests (z.B. BHB/Aceton aus Blut/Milch, KetoMIR) bestimmt werden. Es wird empfohlen, mit der Berücksichtigung eines Stoffwechselzuchtwertes basierend auf tierärztlichen Diagnosen und Beobachtungen zu klinischen Erkrankungen im GZW und der Einbeziehung von bereits vorhandenen Hilfsmerkmalen (FEQ) zu beginnen. Damit in Zukunft dieser Bereich züchterisch effizienter bearbeitet werden kann, wird die Erfassung bzw. Routineuntersuchung von subklinischen Stoffwechselerkrankungen empfohlen. Für zukünftige Entwicklungen sollten Möglichkeiten zur Nutzung von BCS-Informationen einerseits aus Automatisierungen (z.B. durch

optische Verfahren) geprüft werden bzw. den Landwirten Möglichkeiten für eine einfache Erfassung der Körperkondition als Managementhilfe geschaffen werden. Von Interesse sind auch teilweise vorhandene Rückenfettdickemessungen, die u.a. von Tierärzten durchgeführt werden.

- *Klauengesundheitsindex*: Die Ergebnisse aus Efficient Cow zeigen, dass es wichtig ist, die Klauengesundheit züchterisch zu verbessern. Aus den im Projekt analysierten Datenquellen ist abzulesen, dass Klauenpflegedaten, tierärztliche Diagnosen, Daten aus der Lahmheitsbeurteilung und Informationen zum Abgang wertvolle Hinweise für die züchterische Verbesserung darstellen. Es wird empfohlen, basierend auf den in der Breite bereits vorhandenen Diagnosedaten zur Klauengesundheit gemeinsam mit Daten aus der linearen Beschreibung einen ersten Klauengesundheits-Zuchtwert anzubieten. Um den Zuchtfortschritt in diesem Bereich zu beschleunigen, sind standardisierte Daten aus der Klauenpflege wichtig. Sobald diese nutzbar sind, wären diese in den Index aufzunehmen und entsprechend zu gewichten. Verfügbare Informationen aus dem Lahmheits-Scoring stellen eine wertvolle Zusatzinformation dar. Da die Informationen zur Klauengesundheit im GZW bisher nicht berücksichtigt sind, könnte ein solcher Index im GZW direkt integriert werden.
- *Zuchtwert für Lebendmasse:* In den Arbeitspaketen 2 und 4 wurden verschiedene Analysen zur Schätzung der Lebendmasse aus Daten der linearen Nachzucht-beschreibung, Versteigerungsdaten und aus Körpermaßen, die im Projekt Efficient Cow erhoben wurden, durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass Zuchtwerte für Lebendmasse mit Daten aus der linearen Beschreibung und aus Gewichten von Versteigerungen mit relativ hohen Sicherheiten geschätzt werden können. Wesentlich ist, dass Daten zur Bemuskelung und/oder Körperkondition vorliegen. Zudem ist wichtig, dass kontinuierlich Daten zur Lebendmasse auch aus höheren Laktationen und eine lineare Beschreibunge auch aus höheren Laktationen vorliegen. Soll die Lebendmasse für die Nutzung im Management oder genauere Analysen zur Effizienz von Einzeltieren auf Betriebsebene zur Verfügung stehen, so ist zu empfehlen, dass auch Brust- und Bauchumfang erhoben werden, wie die Analysen in Arbeitspaket 2 zeigen. Da aus Sicherheitsgründen kontaktfreie Erhebungen zu bevorzugen sind, sind Wiegungen überlegenswert.
- *Effizienzindex*: Ein aussagekräftiges Merkmal für die Abbildung der Futtereffizienz ist die Residualfutteraufnahme (RFI), die jedoch nur in Forschungsstationen erfasst werden kann. Ergebnisse zu Erblichkeiten der RFI sind zudem auch sehr unterschiedlich (0,0–0,32) (Egger-Danner et al. 2014). Nach Pryce et al. (2014) könnte aufgrund bislang noch unzureichender Informationen zum genetischen Zusammenhang von RFI und Fruchtbarkeit bzw. Stoffwechsel die Trockenmasse-aufnahme interessanter sein, da es möglich sein könnte, dass bei RFI verstärkt auf negative Energiebilanz selektiert wird (Connor et al. 2014). Aufgrund begrenzter Ressourcen scheint es zudem nicht realistisch, dass bei den Rassen Fleckvieh und Braunvieh für genomische Zuchtwerte kontinuierlich ausreichend Daten zur Residualfutteraufnahme aus Versuchsstationen bereitgestellt werden können. Bei

der Rasse Holstein kann die Kombination von Daten aus verschiedenen Forschungsstationen weltweit zur Steigerung der Zuverlässigkeit der Zuchtwertschätzung genutzt werden (de Haas et al. 2012). Solange keine einfachen billigen Methoden zur Erfassung vorliegen, muss auf Hilfsmerkmale zurückgegriffen werden. Im Projekt Efficient Cow wurden u.a. Lebendmasse, BCS, Trockenmasse- und Energieaufnahme, Informationen zu Erkrankungen als auch Output-Merkmale wie ECM erfasst. Wenn eine Kuh bei gleichem Gewicht und gleicher Futteraufnahme die gleiche Leistung bringt, so sind beide Tiere gleich effizient. Das Tier, das bei gleichem Input einen höheren Output produziert, ist effizienter. Der Output wird aber meist auch durch Mobilisierung von Körperreserven erreicht. Ein starker Abbau von Körperfett zu Beginn der Laktation belastet den Stoffwechsel stark und geht oftmals einher mit Erkrankungen. Daher sind Kühe von Interesse, die weniger stark mobilisieren. Wie die Ergebnisse aus den Arbeitspaketen 2, 3, 4 und 7 zeigen, sind für die Zucht auf „effiziente“ Kühe, Merkmale wie Milchleistung, Milchinhaltsstoffe, Körpergewicht, Trockenmasse- und Energieaufnahme, als auch Informationen zur Mobilisierung von Interesse. Da für die wirtschaftliche Effizienz auch Aufzuchtkosten eine Rolle spielen, sind Nutzungsdauer und Aufzuchtverluste ebenso von Bedeutung. Daher wird als Effizienzindex bei der derzeitigen Datengrundlage ein Index aus den Merkmalen Lebendmasse, Milchleistung (ECM), Nutzungsdauer, Persistenz, Stoffwechselstabilität, eventuell Erstkalbealter und Fruchtbarkeit und, wenn vorhanden, Informationen zur Futteraufnahme empfohlen. Als weitere Zusatzinformationen könnten Merkmale aus MIR-Spektren zur Energiebilanz berücksichtigt werden. Wenn seitens der Zuchtverantwortlichen Interesse an einem solchen Index besteht, so wäre ein solcher Index konkret auszuarbeiten. In Australien gibt es seit 2016 den Index „Feed saved“ (Pryce et al. 2015), in den Niederlanden den „Better Life Efficiency Index“ (https://www.crv4all-international.com/service/better-life-efficiency/; DeJong et al. 2016). Pryce et al. (2014) zeigen, dass die Berücksichtigung von verschiedenen für die Produktionseffizienz wichtigen Merkmalen in der Zucht das Einkommen erhöhen und auch die Umweltwirkung reduzieren kann.

- *Berücksichtigung im GZW*: Die Gesamteffizienz oder auch Produktionseffizienz wird züchterisch durch den Gesamtzuchtwert dargestellt. In der Zuchtzielumfrage im Rahmen des Projekts OptiGene (Egger-Danner et al., 2015) wurden als wichtige neue Merkmale Stoffwechsel, Klauengesundheit und Futtereffizienz genannt. Diese Merkmale sind bisher im GZW nicht vertreten. Um der Gesamteffizienz bzw. der idealen Kuh einen Schritt näher zu kommen, ist es wichtig, in Zukunft auch diese Bereiche im Zuchtziel zu berücksichtigen. In den Gesamtzuchtwert könnten der Stoffwechsel- und der Klauenindex direkt eingehen, da diese Merkmale im GZW bisher noch nicht berücksichtigt sind. Nachdem durch negative Energiebilanz auch Klauenerkrankungen gehäuft auftreten können, ist eine gemeinsame Berücksichtigung von Stoffwechsel- und Klauenerkrankungen im Gesamtzuchtwert zu empfehlen.

Ein Effizienzindex kann auf Grund von Doppelberücksichtigungen von Merkmalen nicht als solcher im GZW berücksichtigt werden, sondern es können nur jene Merkmale eingehen, die bisher noch nicht im GZW berücksichtigt sind. Unter den aktuellen Praxisbedingungen ist das die Lebendmasse. Im Kapitel „Berücksichtigung von Effizienzmerkmalen im Zuchtprogramm“ wurde die Hereinnahme der Lebendmasse in den GZW analysiert. Erste Ergebnisse zeigen, dass bei Fleckvieh der GZW-2016 ohne direkte Berücksichtigung im GZW, aber Monitoring über Zuchtwerte für Lebendmasse, sich die Lebendmasse leicht rückläufig entwickeln würde unter den in AP4 geschätzten Korrelationen zwischen den Merkmalen im GZW (Ergebnisse 10.5). Da sich Fleckvieh noch im oberen Optimumbereich befindet und es nach den Ergebnissen in AP4 nicht zu erwarten ist, dass die Lebendmasse bei Zucht nach dem GZW-2016 steigt, dürfte bei Fleckvieh derzeit kein direkter Bedarf gegeben sein, die Lebendmasse im GZW zur berücksichtigen. Sollte die Lebendmasse in der Praxis ansteigen, neue Erkenntnisse zu Zusammenhängen von Lebendmasse und Merkmale im GZW gefunden werden oder in der Routine weitere neue Merkmale zur Beschreibung der Futtereffizienz vorliegen, so wäre das neu zu überlegen.

Um ein Bewusstsein für das Merkmal Lebendmasse zu schaffen und zudem einen eigenen Effizienz-Index ausweisen zu können, sollte eine Zuchtwertschätzung für Lebendmasse in der Routine eingeführt werden. Die Möglichkeiten der Nutzung von Informationen aus dem Projekt Efficient Cow zu Trockenmasse- und Energieaufnahme der genotypisierten Tiere über genomische Zuchtwerte wäre genauer zu analysieren.

10.5 Berücksichtigung von Effizienzmerkmalen im Zuchtprogramm

10.5.1 Einleitung

Im Rahmen des Projektes OptiGene sind sehr umfangreiche Zuchtplanungsrechnungen zur Optimierung der Zuchtprogramme bei Berücksichtigung von Gesundheitsmerkmalen und der genomischen Selektion durchgeführt worden. In diesem Arbeitspaket wurde die Einbeziehung der Lebendmasse in den Gesamtzuchtwert für die Rasse Fleckvieh analysiert. Die anderen im Projekt erfassten Effizienzmerkmale erscheinen aufgrund der Erfahrungen mit der Datenerfassung im Projekt als nicht in der Breite in der Praxis umsetzbar und wurden daher auch nicht analysiert.

10.5.2 Material und Methode

10.5.2.1 Zuchtplanungsmethode

Die Analyse verschiedener Varianten im Rahmen des Zuchtprogramms Fleckvieh AUSTRIA wurde mit dem Computerprogramm ZPLAN (Willam et al., 2008) durchgeführt. ZPLAN optimiert Selektionsstrategien in der Tierzucht bei Verwendung eines deterministischen Ansatzes aufbauend auf der Genflussmethode und einem Selektionsindex. Die genetische und ökonomische Effizienz von Zuchtprogrammen kann berechnet werden.

Selektionsgruppen mit unterschiedlichen Selektionsintensitäten und individuellen Informationsquellen können im Index definiert werden. Zusätzlich müssen für alle Selektionsgruppen verschiedene biologische Kennzahlen, Populations- und Kostenparameter definiert werden. Informationen zu den verwendeten biologischen, genetischen und ökonomischen Parametern sind in Egger-Danner et al. (2012) dargestellt. Die Kriterien für die Evaluierung der verschiedenen Strategien sind monetärer Zuchtfortschritt pro Jahr (monZF/J), Züchtungsertrag (ZE), Züchtungskosten (ZK) und Züchtungsgewinn (ZG) pro Kuh. Die dargestellten Ergebnisse beziehen sich lediglich auf den Zuchtfortschritt in monetären und naturalen Einheiten.

Zuchtfortschritt (ZF): Der Zuchtfortschritt ist die durchschnittliche monetäre bzw. naturale Überlegenheit der Nachkommen der selektierten Tiere einer Selektionsrunde gegenüber der Elterngeneration in der Zuchtstufe (pro Generation oder pro Zeiteinheit).

10.5.2.1 Selektionsindex

Der Selektionsindex im Computerprogramm ZPLAN wurde entsprechend des im April 2016 bei Fleckvieh und Braunvieh für Österreich, Deutschland und Tschechien beschlossenen Gesamtzuchtwertes aktualisiert (ZAR-Seminar 2016; https://www.zar.at/Downloads/ZAR-Seminar.html). Die im Rahmen des Projektes OptiGene neu geschätzten Erblichkeiten und die Korrelationen wurden verwendet. Die Parameter sind in der Publikation von Fuerst-Waltl et al. 2016 dargestellt. Die Korrelationen von Lebendmasse zu den anderen Merkmalen im Gesamtzuchtwert wurden im Arbeitspaket 4 abgeleitet und sind von dort entnommen. Annahmen zu genetischen Zusammenhängen zwischen Gewicht und Gesundheit wurden aus Arbeitspaket 5 abgeleitet.

Die genetischen Korrelationen zwischen Gewicht und Milchleistung sind leicht negativ. Die genetischen Korrelationen zu den Merkmalen im Fitnesswert sind meist um 0. Die Analyse des genetischen Zusammenhanges von Gewicht und Lahmheiten zeigte eine stark negative Beziehung. Da im aktuellen GZW Klauenerkrankungen nicht berücksichtigt sind, wurden diese Aspekte nicht berücksichtigt.

10.5.2.2 Populationsparameter und biologische Parameter

Die Auswirkungen der Einbeziehung der Lebendmasse auf den monetären Zuchtfortschritt pro Jahr eines Zuchtprogrammes und die naturalen Zuchtfortschritte pro Merkmal wurden am Beispiel Fleckvieh AUSTRIA 2012 analysiert. Kernpunkte im diesem genomischen Zuchtprogramm Fleckvieh AUSTRIA 2012 sind die Verkürzung des Generationsintervalls durch den Einsatz junger Bullen bei den Herdbuchkühen (HK) und den interessantesten Kühen (d.h. Kandidatenmütter (KM)) und die starke Vorselektion der Jungbullen (JB) aus den Kandidaten im Verhältnis 1:20. Im genomischen Zuchtprogramm Fleckvieh AUSTRIA 2012 werden 50% der Besamungen der Herdbuchkühe und 75% der Besamungen der Kandidatenmütter mit Jungbullen angestrebt.

10.5.2.3 Züchtungskosten

Die Züchtungskosten wurden aufbauend auf den Annahmen von Egger-Danner et al. 2012 aktualisiert. Das betrifft vor alle die Kosten im Rahmen der genomischen Selektion. Die wirtschaftlichen Gewichte für die Merkmale im neuen Gesamtzuchtwert 2016 wurden im Rahmen des Projektes OptiGene abgeleitet (Fürst-Waltl et al. 2016). Im Rahmen des Projektes Efficient Cow wurde das wirtschaftliche Gewicht für die Lebendmasse abgeleitet. Eine Beschreibung dazu ist im Bericht dargestellt. Für die Leistungsprüfung wurden für das Gewicht keine zusätzlichen Kosten angesetzt, da aufgrund der Ergebnisse in den Arbeitspaketen 2 und 4, angenommen wurde, dass durch Hochrechnung aus Daten aus der linearen Beschreibung ausreichende Genauigkeiten erreicht werden können.

10.5.2.4 Annahmen

Bei den Zuchtplanungsrechnungen wurden im Vergleich zum aktuellen Gesamtzuchtwert folgende Varianten analysiert:

- GZW-2016: Gesamtzuchtwert Fleckvieh 2016
- GZW-2016-LM: Berücksichtigung von Lebendmasse nur über die genetischen Korrelationen im Gesamtzuchtwert. Es wurde angenommen, dass keine Informationen aus der Leistungsprüfung zur Lebendmasse vorliegen und auch keine eigene Zuchtwertschätzung durchgeführt wird.
- GZW-2016-LM-GN: Berücksichtigung der Lebendmasse mit direktem wirtschaftlichen Gewicht (Grenznutzen). Bei einer genetischen Standardabweichung für die Lebendmasse von 39,6 kg und einem wirtschaftlichen Gewicht (wG) pro genetischer Standardabweichung (s(a)) von 10,69 €/s(a) ergibt sich ein relativer Anteil der Lebendmasse von 4,6% bezogen auf die Summe aller Produkte aus wG*s(a). Bei Berücksichtigung der Lebendmasse wurden die relativen Gewichte für die anderen Merkmale im GZW angepasst. Dadurch reduzierte sich das Gewicht von Milch auf 36,2% (vorher 38,0 %), Fleisch 17,2% (vorher 18%) und Fitness 42% (vorher 44%). Bei dieser Variante wurde keine Information aus der Leistungsprüfung für das Gewicht unterstellt.
- GZW-2016-LM-GN-LP: Bei dieser Variante sind die Annahmen vergleichbar mit GZW-2016-LG-GN nur, dass zusätzlich angenommen wurde, dass in der 1., 2. und 3. Laktation auch Informationen zur Lebendmasse aus der Leistungsprüfung vorliegen. Zusätzliche Kosten wurden nicht berücksichtigt.
- GZW-2016-LM-neg.GN-LP: Bei dieser Variante wurde im Vergleich zu Variante GZW-2016-LG-GN-LP ein negativer Grenznutzen von -10.69 €/s(a) unterstellt.

10.5.3 Ergebnisse und Diskussion

In Tabelle 10.5.1 sind ist die Gewichtung der Merkmale im GZW-2016 für die Rasse Fleckvieh dargestellt. Bei Umsetzung des Zuchtprogrammes AUSTRIA 2012 mit einem Anteil an Jungstierbesamungen an Herdebuchkühen von 50% und an Stiermüttern von 75%, einer Anzahl von jährlich selektierten Jungstieren von 60 und einer Remontierung von 0,05 (d.h. 20 Kandidaten zu einem selektierten Jungstier) wird 58,2% des monetären Zuchtfortschritts für Fett- und Eiweiß kg erzielt, 15,6% für den Fleischwert und 26,3% für die Merkmale im Fitnesswert. Beim GZW-2016 ist ein naturaler Zuchtfortschritt für Fett kg von 4,06 kg pro Jahr für den GZW-2016 zu erwarten, für die Nutzungsdauer sind es 20,1 Tage pro Jahr, für den Fruchtbarkeitswert 0,51 Zuchtwertpunkte pro Jahr.

Tabelle 10.5.1 Genetische Standardabweichung (s(a) und wirtschaftliches Gewicht pro s(a) (wG/s(a)) für das Fleckvieh und naturale und monetäre Zuchtfortschritte pro Jahr für die Merkmale im Gesamtzuchtwert 2016

			GZW-2016				GZW-2016			
Merkmal		EH	s(a)	wG*s(a)	%	%	natZF/J/EH	monZF/J	%	%
Milch	Fkg	kg	21,9	43,14	18,6	**38,0**	4,06	8,01	27,5	**58,2**
	Ekg	kg	16,4	45,10	19,4		3,25	8,93	30,7	
Fleisch	NTZ	g	30,5	9,24	4,0	**18,0**	4,73	1,43	4,9	**15,6**
	AUS	%	1,1	16,20	7,0		0,12	1,84	6,3	
	HKL	Klasse	0,25	16,20	7,0		0,02	1,26	4,3	
Fitness	ND	Tag	180	23,28	10,0	**44,0**	20,09	2,60	8,9	**26,3**
	PERS	Pkte	12	6,96	3,0		0,66	0,38	1,3	
	FRW	Pkte	12	32,52	14,0		0,51	1,39	4,8	
	KVLm	Klasse	0,22	2,28	1,0		0,03	0,27	0,9	
	VIW	Pkte	12	11,64	5,0		1,20	1,16	4,0	
	EGW	Pkte	12	23,28	10,0		0,86	1,66	5,7	
MBK	DMG	Pkte	12	2,28	1,0		1,01	0,19	0,7	
				232,12		**100,0**	**GZW =**	**29,11**	100,0	**100,0**

In Tabelle 10.5.2 sind die Ergebnisse für die Lebendmasse dargestellt, wenn diese über die genetischen Korrelationen im GZW berücksichtigt werden. Es wurde kein wirtschaftliches Gewicht unterstellt. Die Ergebnisse zeigen, dass ohne Änderung des Gesamtzuchtwertes bei Fleckvieh ein minimaler Rückgang der Lebendmasse von -1,65 kg pro Jahr zu erwarten ist.

Tabelle 10.5.2 Genetische Standardabweichung (s(a) und wirtschaftliches Gewicht pro s(a) (wG/s(a)) für das Fleckvieh und naturale und monetäre Zuchtfortschritte pro Jahr für die Merkmale im Gesamtzuchtwert 2016 inklusive Darstellung des naturalen Zuchtfortschrittes pro Jahr für die Lebendmasse

			GZW-2016-LM				GZW-2016-LM			
Merkmal		EH	s(a)	wG*s(a)	%	%	natZF/J/EH	monZF/J	%	%
Milch	Fkg	kg	21,9	43,14	18,6	**38,0**	4,06	8,01	27,5	**58,2**
	Ekg	kg	16,4	45,10	19,4		3,25	8,93	30,7	
	LM	kg	39,6				-1,65			
Fleisch	NTZ	g	30,5	9,24	4,0	**17,9**	4,73	1,43	4,9	**15,6**
	AUS	%	1,1	16,20	7,0		0,12	1,84	6,3	
	HKL	Klasse	0,25	16,20	7,0		0,02	1,26	4,3	
Fitness	ND	Tag	180	23,28	10,0	**44,0**	20,09	2,60	8,9	**26,3**
	PERS	Pkte	12	6,96	3,0		0,66	0,38	1,3	
	FRW	Pkte	12	32,52	14,0		0,51	1,39	4,8	
	KVLm	Klasse	0,22	2,28	1,0		0,03	0,27	0,9	
	VIW	Pkte	12	11,64	5,0		1,20	1,16	4,0	
	EGW	Pkte	12	23,28	10,0		0,86	1,66	5,7	
MBK	DMG	Pkte	12	2,28	1,0		1,01	0,19	0,7	
				232,12		**100,0**	**GZW =**	**29,11**	100,0	**100,0**

Tabelle 10.5.3 zeigt verschiedene Varianten aufbauend auf dem GZW-2016 mit Hereinnahme der Lebendmasse in den Gesamtzuchtwert. Wenn die Lebendmasse im GZW mit einem positiven wirtschaftlichen Gewicht aufbauend auf den Ergebnissen von Fürst-Waltl berücksichtigt wird, so reduziert sich die Gewichtung des Milchblocks zu 36,2%, des Fleischwerts zu 17,2% und des Fitnesswerts zu 42,0%. Variante GZW-2016-LM-GN, wo neben den genetischen Korrelationen auch der abgeleitete Grenznutzen für die Lebendmasse berücksichtigt wird, reduziert den Zuchtfortschritt für den Milchblock von 58,2% auf 57%. Der Zuchtfortschritt für den Fleischwert steigt geringfügig von relativ 15,6% auf 17,2% an. Der Zuchtfortschritt für die Fitnessmerkmale steigt ebenso leicht an. In naturalen Einheiten verringert sich der Zuchtfortschritt bei der Fettmenge von 4,06 kg auf 3,83 kg. Ein Rückgang der Lebendmasse von 1,25 kg ist pro Jahr zu erwarten.

Liegen von der Lebendmasse Informationen aus der Leistungsprüfung vor (GZW-2016-LM-GN-LP), so ist ein weiterer Rückgang bei der Fettmenge auf 3,73 Fett kg zu verzeichnen. Bei dieser Variante ist ein positiver Zuchtfortschritt für die Lebendmasse von 1,1 kg pro Jahr zu erzielen. Wird in Variante GZW-2016-LM-neg.GN-LP ein negatives wirtschaftliches Gewicht von -10,69 €/s(a) unterstellt, so steigt der Zuchtfortschritt für die Milchmenge an, bei der Fleischleistung ist ein deutlicher Rückgang zu verzeichnen, die Fitness verschlechtert sich etwas unter den Annahmen, dass zwischen Lebendmasse und Fitnessmerkmalen ein genetischer Zusammenhang nahe Null besteht. Die naturalen Zuchtfortschritte für die Fettmenge erhöhen sich im Vergleich zum aktuellen GZW-2016 von 4,06 kg / Jahr auf 4,24 kg / Jahr. Bei der Lebendmasse ist ein Rückgang von 4,79 kg pro Jahr zu erwarten.

Tabelle 10.5.3 Genetische Standardabweichung (s(a) und wirtschaftliches Gewicht pro s(a) (wG/s(a)) für das Fleckvieh und naturale und monetäre Zuchtfortschritte pro Jahr für unterschiedliche Zuchtplanungsvarianten aufbauend auf dem GZW-2016 bei Fleckvieh mit Berücksichtigung der Lebendmasse

			GZW-2016-LM				FV-2016-LM-GN				FV-2016-LM-GN-LP				FV-2016-LM-neg.GN-LP			
Merkmal		EH	s(a)	wG*s(a)	%	%	natZF/J/EH	monZF/J	%	%	natZF/J/EH	monZF/J	%	%	natZF/J/EH	monZF/J	%	%
Milch	Fkg	kg	21,9	41,16	17,7	**36,2**	3,84	7,22	26,5	**57,0**	3,78	7,11	25,8	**55,5**	4,24	7,98	27,6	**57,5**
	Ekg	kg	16,4	43,02	18,5		3,16	8,29	30,4		3,12	8,18	29,7		3,29	8,64	29,9	
	LM	kg	39,6	10,69	4,6	**4,6**	-1,25	-0,34	-1,2	**-1,2**	1,10	0,30	1,1	**1,1**	-4,79	1,29	4,5	**4,5**
Fleisch	NTZ	g	30,5	8,86	3,8	**17,2**	5,11	1,48	5,5	**17,2**	5,09	1,48	5,4	**16,9**	4,27	1,24	4,3	**13,7**
	AUS	%	1,1	15,51	6,7		0,13	1,81	6,6		0,13	1,79	6,5		0,12	1,71	5,9	
	HKL	Klasse	0,25	15,51	6,7		0,02	1,38	5,1		0,02	1,38	5,0		0,02	1,01	3,5	
Fitness	ND	Tag	180	22,15	9,5	**42,0**	20,32	2,50	9,2	**27,1**	20,07	2,47	9,0	**26,5**	19,40	2,39	8,3	**24,3**
	PERS	Pkte	12	6,65	2,9		0,68	0,38	1,4		0,67	0,37	1,4		0,63	0,35	1,2	
	FRW	Pkte	12	31,01	13,4		0,52	1,36	5,0		0,52	1,34	4,9		0,49	1,26	4,3	
	KVLm	Klasse	0,22	2,22	1,0		0,03	0,26	0,9		0,03	0,25	0,9		0,03	0,26	0,9	
	VIW	Pkte	12	11,08	4,8		1,11	1,03	3,8		1,06	0,98	3,6		1,30	1,20	4,2	
	EGW	Pkte	12	22,15	9,5		0,92	1,70	6,2		0,92	1,71	6,2		0,75	1,38	4,8	
MBK	DMG	Pkte	12	2,22	1,0		0,91	0,17	0,6		0,89	0,16	0,6		1,10	0,20	0,7	
						100,0	**GZW =**	**27,23**	100,0	**100,0**	**GZW =**	**27,53**	100,0	**100,0**	**GZW =**	**28,90**	100,0	**100,0**

10.5.4 Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der Zuchtplanungsrechnungen zeigen, dass unter den in Arbeitspaket 4 abgeleiteten genetischen Zusammenhängen zwischen Lebendmasse und Milch, Fleisch und Fitnessmerkmale bereits der aktuelle GZW-2016 ohne Berücksichtigung der Lebendmasse im Index einen minimalen Rückgang der Lebendmasse bewirken würde. Für Fleckvieh wurde für Lebendmasse ein positives wirtschaftliches Gewicht errechnet, das auf die höheren Erlöse durch die bessere Fleischleistung zurückzuführen ist. Wenn die Lebendmasse im GZW entsprechend dem positiven wirtschaftlichen Gewicht berücksichtigt wird, so ist im Vergleich zur Variante ohne Berücksichtigung der Lebendmasse ein geringerer Rückgang bei der Lebendmasse zu erzielen, der Fleischwert wird gestärkt, bei der Milchleistung sind jedoch auch Einbußen zu erwarten. Wenn Informationen aus der Leistungsprüfung für die Lebendmasse vorhanden sind, so verstärkt sich diese Entwicklung und es kann sogar ein positiver Zuchtfortschritt für die Lebendmasse erzielt werden. Dieser Zuchtfortschritt bei der Lebendmasse geht mit Verlust an Zuchtfortschritt beim Milchwert, Fitness- aber auch beim Fleischwert einher.

Eine Berücksichtigung der Lebendmasse mit negativem wirtschaftlichen Gewicht im GZW würde einen leichten Rückgang bei der Lebendmasse und eine Steigerung des Zuchtfortschrittes bei der Milchleistung bewirken. Beim Fleischwert und Fitnesswert ist eine Verschlechterung zu erwarten. Die Ergebnisse aus Arbeitspaket 3 zur optimalen Lebendmasse zeigen, dass Fleckvieh sich am Ende des Optimalbereichs bei der Lebendmasse befindet und diese auf keinen Fall gesteigert werden soll. Die Ergebnisse aus den Zuchtplanungsrechnungen zeigen, dass die Lebendmasse auf keinen Fall mit einem positiven Gewicht in den GZW-2016 aufgenommen werden soll. Das würde die Lebendmasse erhöhen und die Milchleistung und die Fitness schwächen. Ein Monitoring der Lebendmasse über die Bereitstellung von Zuchtwerten ohne direkte Berücksichtigung im GZW lässt einen leichten Rückgang der Lebendmasse erwarten. Soll ein stärkerer Rückgang der Lebendmasse erreicht werden, so ist eine Hereinnahme mit einer negativen Gewichtung im GZW zu empfehlen. Diese Maßnahme würde den Zuchtfortschritt bei den Milchleistungsmerkmalen steigern, die Fleischleistung schwächen und bei dem in den Analysen angenommen Zusammenhängen von Lebendmasse und Fitness (genetische Korrelationen um 0) auch die Fitness etwas schwächen. Die Ergebnisse aus Arbeitspaket 5 zeigen einen negativen Zusammenhang von Lebendmasse und Lahmheit. Sollten schwere Kühe mehr Gesundheitsprobleme haben, so könnte die Hereinnahme der Lebendmasse mit negativem Gewicht auch positive Effekte für die Fitness bewirken.

Es ist zu beachten, dass diese Analysen zur Berücksichtigung der Lebendmasse im Zuchtprogramm für die Rasse Fleckvieh, einer Zweinutzungsrasse, durchgeführt wurden. Die Ergebnisse für milchbetonte Rassen könnten abweichen. Da für die Rassen Braunvieh und Holstein aufgrund des geringeren Datenumfanges weniger Ausgangsparameter für diese Analysen aktuell zur Verfügung stehen, müssten teilweise die Auswirkungen von verschiedenen Annahmen analysiert werden.

10.6 Entscheidungsgrundlage für Einführung in die Routine

Aufgabe des Projektes „Efficient Cow“ war die Analyse und Optimierung der Produktionseffizienz und der Umweltwirkung in der österreichischen Rinderwirtschaft. Dazu wurden auf 167 Milchviehbetrieben aus Österreich mit unterschiedlichen Rassen und Produktionsbedingungen über ein Jahr verschiedene betriebs- und tierspezifische Daten erhoben. Diese Felddaten und Daten aus Versuchsstationen (Gruber et al. 2004) stellten die Grundlage für die wissenschaftlichen Analysen im vorliegenden Projekt dar.

10.6.1 Empfehlung für Zuchtziel

Aufbauend auf der Züchterumfrage (Steininger 2013), Auswertungen zum Gesundheitsstatus und internationalen Entwicklungen wird die Aufnahme von Stoffwechsel- und Klauengesundheitsmerkmalen bei Fleckvieh, Braunvieh und Holstein in das Zuchtziel empfohlen. Hinsichtlich Effizienz wird ein Effizienzindex empfohlen, der aber nicht im GZW berücksichtigt werden kann, da ein Großteil der Merkmale bereits im GZW vertreten ist.

Als Merkmal zur Abschätzung der Futtereffizienz kann derzeit aus Routineerhebungen nur die geschätzte Lebendmasse herangezogen werden. Ausgehend von den aktuell vorliegenden Ergebnissen (AP4), dass aktuell die Lebendmasse als solche nicht ansteigt und sich die Rassen noch im Optimalbereich der Lebendmasse (allerdings am Ende) befinden (AP3), erscheint bei der Lebendmasse für die Rasse Fleckvieh aktuell ein Monitoring über die Bereitstellung von Zuchtwerten für die Lebendmasse ausreichend. Das setzt voraus, dass keine Zunahme, aber auch keine deutliche Verringerung der Lebendmasse erzielt werden soll. Diese Annahme baut auch auf den aus AP4 geschätzten, leicht negativen Zusammenhängen zwischen Milchleistung und Lebendmasse auf. Wie aus AP3 hervorgeht, ist von einem nicht linearen Zusammenhang von Milchleistung und Lebendmasse auszugehen. Für die Etablierung eines Monitorings zur Entwicklung der Lebendmasse sind Zuchtwerte wesentlich, aber auch die Erhebung von Lebendmassedaten von Kühen aus verschiedenen Laktationen (z.B. Versteigerungsgewichte).

Für über Monitoringzwecke hinausgehende Empfehlungen zur züchterischen Berücksichtigung der Lebendmasse im GZW sind für die Rassen Braunvieh und Holstein weitere Analysen notwendig.

Wenn aus Routine-Erhebungen z.B. über Kuhlernstichproben Informationen zur Trockenmasse- bzw. Energieaufnahme oder andere Parameter zur Futtereffizienz auf Einzeltierebene gibt, so ist anzunehmen, dass diese auch im GZW berücksichtigt werden sollen.

10.6.2 Empfehlung für Leistungsprüfung

Bei der Beschreibung der Empfehlung zur Datenerfassung ist grundsätzlich zu unterscheiden, ob diese Daten in der Breite bei allen Betrieben erfasst werden sollen, oder einige Merkmale gezielt in Betrieben, wo die Kühe mit ihren Genotypen und Phänotypen für eine Kuhlernstichprobe (Kuhkalibrierung) herangezogen werden sollen. Vor der Entscheidung zur Einführung von neuen Merkmalen in der Leistungsprüfung sind weitere Analysen mit

Berücksichtigung der Kosten für die Erfassung und dem zu erwartenden Zuchtfortschritt und Züchtungsgewinn zu empfehlen.

Grundsätzlich sind körperkontaktlose Merkmale in der Praxis besser zu erheben (Gewicht, BCS, Lahmheiten) als Körpermaße. Viele Merkmale sind in erster Linie für das Management wertvoll. Wenn diese Daten aber standardisiert und in der zentralen Datenbank (Rinderdatenverbund) vorliegen, so können diese Information auch als Hilfsmerkmale in der Zucht verwendet werden. Für die Qualität der Datenerfassung speziell bei neuen Merkmalen sind Schulungsmaßnahmen und Motivationsprogramme wichtig. Damit der Landwirt Nutzen aus der Erfassung der verschiedenen neuen Merkmalen (Stoffwechsel, Klauen, BCS, Effizienz, ...) generieren kann, sind Auswertungen mit Benchmarks zum Betriebsvergleich wichtig.

Erfassung von Daten zur Verbesserung der Stoffwechselstabilität:

- *Diagnosen/Beobachtungen*: Die Erfassung von standardisierten tierärztlichen Diagnosen ist weiterhin von großer Bedeutung. Die direkte elektronische Übermittlung der Diagnosen ist zu bevorzugen, da die Informationen in der Regel vollständiger erfasst werden können. Zur Vervollständigung der Daten sind die geburtsnahen Beobachtungen zum Festliegen wertvoll. Es ist wichtig, dass diese Daten weiterhin erfasst werden.
- *Subklinische Ketosen:* Da subklinische Ketosen in der Praxis häufig auftreten, ist es wichtig, diese Erkrankung auch züchterisch berücksichtigen zu können. Die Erblichkeiten von 5-10%, die für den Ketotest im Projekt erzielt werden konnten, zeigen, dass diese Information durchaus wertvoll ist. Diese Tests wurden um den 7. und 14. Tag nach dem Abkalben durchgeführt. Studien zeigen genauere Ergebnisse beim Bluttest. Bei Kühen in einer Kuhkalibrierung ist ein Ketotest zu Beginn der Laktation wichtig.
- *Körperkondition:* Die Körperkondition und deren Veränderung ist ein Indikator für den Auf- und Abbau von Körpersubstanz. Im Projekt wurde BCS jeweils bei der Milchleistungskontrolle von geschulten Mitarbeitern erfasst. Um die Mobilisierung ausreichend zu beschreiben, wären kürzere Intervalle notwendig. Wenn BCS-Informationen zu Laktationsbeginn vorliegen, so könnten diese jedoch schon als Hilfsinformationen für die Zuchtwertschätzung genutzt werden. Da BCS-Informationen in erster Linie wertvoll für das Management sind, wird empfohlen, den Landwirten mobile Erfassungsmasken für die BCS-Erfassung bereit zu stellen und auch Schulungen in diesem Bereich anzubieten. Tierärzte erfassen teilweise auch Rückenfettdicke mit Ultraschallgeräten. Diese Informationen könnten ebenso als Hilfsmerkmale zur Beschreibung der Mobilisierung von Interesse sein. Für die Zukunft wären kontinuierliche Körperkonditionsdaten aus Automatisierungen speziell auch für Kühe in der Kuhkalibrierung von speziellem Interesse. Auswertungen aus Arbeitspaket 2 und 3 zeigen, dass BCS und Gewicht nicht ganz linear verlaufen. Für die Abschätzung der Mobilisierung wird der Wert von BCS höher eingeschätzt.
- *Fett-Eiweiß-Quotient*: Diese Informationen liegen vor und sollten in einem Stoffwechselindex berücksichtigt werden. Durch Kontrollintervalle von ca. 40 Tagen

ist die Aussagekraft hinsichtlich Stoffwechselstörungen begrenzt. Diese Merkmale sind bezogen auf Herdenebene aussagekräftiger.

- *Abgänge wegen Stoffwechselerkrankungen*: Es ist wichtig, dass diese Informationen auch in Zukunft zuverlässig korrekt erfasst werden.
- *Sonstiges:* Möglichkeiten aus MIR oder Merkmale, die aus Wiederkauaktivitäten etc. aus Sensoren abgeleitet werden können, sind zu beobachten und hinsichtlich möglicher zukünftiger Nutzung zu analysieren.

Erfassung von Daten zur Verbesserung der Klauengesundheit:

- *Diagnosen/Beobachtungen*: Die Erfassung von standardisierten tierärztlichen Diagnosen/Beobachtungen ist weiterhin von großer Bedeutung. Die direkte elektronische Übermittlung der Diagnosen direkt durch die Tierärzte ist zu bevorzugen, da die Informationen in der Regel vollständiger erfasst werden können. Die Erfassung zusätzlicher Beobachtungen durch die Landwirte ist wertvoll, insbesondere dann wenn die Informationen über die tierärztlichen Diagnosen nicht erfasst werden können.
- *Daten aus der Klauenpflege*: Die Daten aus der Klauenpflege sind die aussagekräftigsten und umfassendsten Daten für die Beschreibung der Klauengesundheit. Wichtig ist, dass die Daten standardisiert erfasst werden. Eine internationale Standardisierung nach ICAR (Egger-Danner et al. 2015; www.icar.org) ist gegeben. Wichtig für die Qualität der Klauenpflegedaten ist, dass diese Daten von geschulten Klauenpflegern dokumentiert werden und wenn möglich direkt elektronisch in den Rinderdatenverbund übermittelt werden.
- *Lahmheitsbeurteilung*: Die Lahmheitsbeurteilung nach Sprecher et al. 1997, wie sie im Projekt bei jeder MLP durchgeführt wurde, ist primär für das Management im Betrieb wertvoll als Früherkennung von Klauenerkrankungen. Die Ergebnisse aus der Parameterschätzung zeigen, dass es auch für die züchterische Verbesserung der Klauengesundheit ein wertvolles Merkmal ist. Zudem sind Lahmheitsnoten auch sehr gute Indikatoren für das Tierwohl. Die Einrichtung einer mobilen Erfassung für Lahmheitsnoten wird empfohlen. Wenn diese Daten dann vorhanden sind, so ist zu erwarten, dass diese dann auch als Hilfsmerkmal in einen Klauenindex eingehen können.
- *Abgänge wegen Lahmheiten/Klauen- und Gliedmaßenerkrankungen*: Wichtig ist, dass diese Informationen auch in Zukunft korrekt erfasst werden.
- *Sonstiges*: Daten aus Automatisierungen (Pedometer, ...) sind für die Zukunft auch für die züchterische Verbesserung von Interesse.

Gesundheitsdatenerfassung allgemein:

Die Ergebnisse zeigen, dass auch, wenn tierärztliche Diagnosen über die Arzneimittelbelege nicht erfasst werden konnten, es in den Efficient Cow-Betrieben möglich war, die

Gesundheitsstörungen über Beobachtungen nach der Standardisierung der tierärztlichen Diagnosen zu erfassen.

Erfassung von Daten zur Schätzung der Lebendmasse:

Wiegungen: Die über Wiegungen ermittelte Lebendmasse ist genauer als geschätzte bzw. hochgerechnete Daten. Die Wiegung im Rahmen von Efficient Cow hat sich einfacher erwiesen als erwartet. Mit entsprechenden Adaptierungen auf den Betrieben konnten die Wiegungen der ganzen Herde relativ gut bewältigt werden. Wenn nur Lebendmassen von einzelnen Tieren benötigt werden, so ist das Wiegen nicht zielführend. Beim Wiegen ist zu beachten, dass bekannt ist, ob die Tiere vor oder nach dem Melken gewogen werden. Die Erfassung des Zeitpunktes der Wiegung ist wertvoll. Lebendmassen (Gewichte) aus automatisierten Systemen, bei denen aus vielen Wiegungen genaue Durchschnittswerte abgeleitet werden können, sind wertvoll. Die Einführung von Wiegungen in der Praxis aus züchterischen Zwecken wird als nicht notwendig erachtet. Wiegedaten sind speziell für das Management wertvoll. Wenn Wiegedaten vorhanden sind, könnten diese für die Zuchtwertschätzung genutzt werden.

Lineare Nachzuchtbeschreibung: Für die Schätzung der Lebendmasse ist neben den Körpermaßen Bemuskelung und/oder BCS wichtig. Daher wird empfohlen, diese bei der linearen Nachzuchtbeschreibung auch zu erfassen. Zudem ist es wichtig, dass Tiere nicht nur in der ersten Laktation linear beschrieben werden, sondern auch in höheren Laktationen.

Gewicht aus Versteigerungen: Diese Daten sind wertvoll für die Schätzung der Lebendmasse. Es wird empfohlen, dass diese Daten von den Zuchtverbänden vollständig in den Rinderdatenverbund elektronisch übermittelt werden.

Körpermaße: Um die Lebendmasse genauer schätzen zu können, wird für das Management oder auch für Kühe in der Kuhkalibrierung die Erfassung des Brust- und Bauchumfanges empfohlen. Die Messung des Brust- und Bauchumfanges hat den großen Nachteil, dass sie nicht kontaktlos durchgeführt werden kann und ein Verletzungsrisiko birgt. Um die Bereitschaft der Erfassung von Wiegungen und/oder von Körpermaßen für das Management (z.B. Optimierung der Fütterung) zu erhöhen, wird empfohlen, RDV-nahe mobile Datenerfassungsmöglichkeiten für Landwirte bereitzustellen.

Erfassung von Daten zur Verbesserung der Futtereffizienz:

Die Erfassung der Daten zur Fütterung mit Trockenmasseaufnahme und Energieaufnahme in den Efficient Cow-Betrieben zeigte, dass es mit sehr hohem Aufwand möglich ist, sehr gute Daten zu generieren. Die Ergebnisse sind vergleichbar mit Stationsdaten (De Jong et al. 2016), die Korrelationen zwischen den Merkmalen vergleichbar, die Erblichkeiten etwas geringer. Grundsätzlich ist eine solche Datenerfassung zu aufwändig, wenn es jedoch möglich wäre, die verfütterten tierindividuellen Kraftfuttermengen, die Rationen und Ergebnisse von Futtermittelanalysen automatisiert elektronisch zentral erfassen zu können, so könnten diese Daten sehr wohl für die Abschätzung der Futtereffizienz genutzt werden. Wenn die Kuhkalibrierung auch zur Berücksichtigung von Futtereffizienzmerkmalen genützt

werden soll, so wäre diese Information wertvoll. Aktuell in der Praxis umsetzbar ist die Erfassung bzw. Schätzung der Lebendmasse und deren Berücksichtigung.

Erfassung von Daten zur züchterischen Berücksichtigung von Treibhausgasemissionen:

Aktuell können hier keine Empfehlungen für die Speicherung von speziellen Daten in der Routine gegeben werden. Verschiedene laufende internationale Projekte sind abzuwarten, ob sich für die Routine kostengünstige Möglichkeiten für die Datenerfassung in der Breite bieten. Für kleinere Rassen, bei denen es nicht möglich ist, auf Daten aus Forschungsstationen weltweit zurückzugreifen, kann nur mit indirekten Merkmalen gearbeitet werden. Für die Ableitung von indirekten Merkmalen sind Versuchsergebnisse von Forschungsstationen aus diesem Bereich wertvoll.

MIR-Spektren:

Weltweit wird intensiv an der Ausarbeitung von Indikatoren für Milchinhaltstoffe, zur Erkennung von Erkrankungen, Energiebilanzen oder auch Treibhausgasemissionen aus Mid-Infrared-Spektren gearbeitet. Daher ist es wichtig, dass in der Routine bei der Milchleistungsprüfung standardisierte Infrarot-Spektren gespeichert werden. Sobald entsprechende Gleichungen zur Schätzung von verschiedenen Merkmalen vorliegen, könnten diese Parameter dann abgeleitet werden.

Zudem ist zu empfehlen, dass auch bei Fragestellungen in den Versuchsbetrieben, die Möglichkeiten zur Entwicklung von Gleichungen für Indikatoren aus MIR-Daten bieten, die MIR-Spektren gespeichert werden (z.B. Stoffwechseluntersuchungen in den Respirations-kammern in Raumberg-Gumpenstein).

10.6.3 Empfehlung für Zuchtwertschätzung

Wie im Kapitel „Berücksichtigung im Gesamtzuchtwert“ beschrieben, werden Indexe für Stoffwechselstabilität, Klauengesundheit und Effizienz empfohlen. Für die Lebendmasse soll ein eigener Zuchtwert veröffentlich werden, der auch Teil des Effizienz-Zuchtwertes ist.

Index für Stoffwechselstabilität: siehe oben

Index für Klauengesundheit: siehe oben

Zuchtwert für Lebendmasse: siehe oben

Effizienzindex: siehe oben

10.6.4 Empfehlung Zuchtprogramm

Die für die Umsetzung des genomischen Zuchtprogrammes wesentlichen neuen Merkmale sind bereits oben beschrieben. An den verschiedenen Selektionsschritten im Zuchtprogramm ändert sich durch die neuen Merkmale nichts. Damit von den neuen Merkmalen jedoch auch genomische Zuchtwerte geschätzt werden können, ist es unerlässlich diese neuen Phänotypen in ausreichender Anzahl an zufällig ausgewählten Kühen, die auch genotypisiert werden, zu erfassen (Kuhkalibrierung). Boichard et al. (2015) errechnete für Merkmale mit einer Erblichkeit von 0,1, dass für eine Sicherheit der genomischen Zuchtwerte von 60 %, 13,5 mal so viele Kühe zur Verfügung stehen müssen als

Nachkommen geprüfte Stiere. Das heißt, um eine Sicherheit von 3.000 Stieren für ein Merkmal mit einer Erblichkeit von 0,1 zu erreichen, müssen ca. 40.000 Kühe mit diesen Phänotypen und Genotypen zur Verfügung stehen. Sind die Erblichkeiten der Merkmale geringer, so erhöht sich die Anzahl der notwendigen Kühe für die Kuhkalibrierung.

Tabelle 10.4.4 Multiplikationsfaktoren für die Anzahl Kühe je nach Erblichkeit, um eine bestimmte Sicherheit von Zuchtwerten basierend auf Stieren zu erzielen (Boichard et al. 2015)

Männliche			**Heritabilität**		
ZW-Sicherheit	**0,1**	**0,2**	**0,3**	**0,4**	**0,5**
40	6,0	2,7	1,6	1,0	0,7
50	9,0	4,0	2,3	1,5	1,0
60	13,5	6,0	3,5	2,3	1,5
70	21,0	9,3	5,4	3,5	2,3
80	36,0	16,0	9,3	6,0	4,0
90	81,0	36,0	21,0	13,5	9,0

10.6.5 Empfehlung hinsichtlich Umweltwirkung

Aus der statistischen Auswertung resultiert als wichtigster Einflussfaktor auf die Effizienz der Milcherzeugung eine günstige Futterverwertung, die vor allem mit der Laktationsleistung (bzw. Lebensleistung), mit der Rationsgestaltung (Anteile Silomais und Kraftfutter) sowie, untergeordnet, auch mit der Lebendmasse der Kühe in Verbindung stehen. Die Ökobilanz wird günstiger, wenn Laktations- und Lebensleistungen überdurchschnittlich ausfallen, d.h. ein geringerer Futterbedarf je kg ECM über den Lebenszyklus vorherrscht, wenn die Lebendmasse bei ähnlicher Leistung geringer ist und wenn Emissionen der Futterbereitstellung geringer sind.

10.7 Publikationen

Publikationen und Vorträge

Egger-Danner, C., 2016. EBSF (European Brown Swiss Federation) Genetic Workshop. New traits for Brown Swiss. Eurotier, 15. November 2016, Hannover.

Zottl K., A. Koeck, B. Fuerst-Waltl, C. Pfeiffer, F. Steininger, L. Gruber, M. Ledinek, C. Fuerst, C. Egger-Danner, (2016). On-farm recording of novel traits in dairy cattle – genetic parameters and recommendations. ICAR-Congress, Puerto Varas, Chile, October 24.-28.2016.

Weitere Publikationen siehe andere Arbeitspakete.

10.8 Meilensteine

- Wirtschaftliche Gewichte von Merkmalen, die für die Effizienz von Bedeutung sind, wurden abgeleitet

- Ein Vorschlag zur Berücksichtigung von Stoffwechsel, Klauengesundheit und von Effizienzmerkmalen wurde erarbeitet
- Die Berücksichtigung im Zuchtprogramm wurde mittels Zuchtplanungsrechnungen analysiert
- Eine Empfehlung für die Umsetzung in die Praxis wurde ausgearbeitet

10.9 Literatur

AGÖF (2014): Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Fleckviehzüchter, Zuchtprogramm Fleckvieh AUSTRIA 2012; http://www.fleckvieh.at/fleckvieh-austria-zuchtprogramm.html; abgerufen am 10. Februar 2014.

Amer, P.R., Kaufmann, A., Künzi, N., 1996. Breed choice and pricing system implications for farmers and political institutions from a Swiss cattle farm model. In: J.B. Dent, M.J. McGregor and A.R. Sibbald (eds.) Livestock farming systems. Research, development, socio-economics and the land manager. EAAP Publ. No. 79, Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands, pp 253-258.

Berry. D.P.,2014. Breeding the dairy cow of the future – what do we need? http://www.adssymposium.com.au/inewsfiles/2014proceedings/1BerryADSS2014.pdf. Abgerufen am 28.11.2016

Bongartz B., Cramer H., Eurich-Menden B., Flachowsky G., Gauly M., Heißenhuber A., Höppner D., Ingerwersen J., Marquardt O.-W., Menzel A., Osterburg B., Schwerin M., Taube F., Wittkowski G., 2011. Der Klimawandel und die Herausforderungen für die Nutztierhaltung von morgen in Deutschland. Positionspapier, DGfZ-Projektgruppe “Klimarelevanz in der Nutztierhaltung”,Deutsche Gesellschaft für Züchtungskunde e.V., Bonn.

Boichard, et al. 2015 (zitiert nach Reinhard, F. 2016).

Connor, E.E.,2014. Invited review: Improving feed efficiency in dairy production: challenges and possibilities. Animal (2015), 9:3, pp 395–408.

De Haas Y., Calus M.P.L., Veerkamp R.F., Wall E., Coffey M.P., Daetwyler H.D., Hayes B.J., Pryce J.E., 2012. Improved accuracy of genomic prediction for dry matter intake of dairy cattle from combined European and Australien data sets. J. Dairy Sci. 95, 6103-6112.

De Jong G., R. van der Linde, Y. de Haas, G.C.B. Schopen and R.F. Veerkamp, 2016. Genetic evaluation for feed intake in the Netherlands and Flanders, impact on efficiency and responses. Präsentation Interbull, 24-25. Oktober, 2016, Puerto Varas, Chile.

Dempfle, L., 1992. Berücksichtigung von Fruchtbarkeit und Eutergesundheit in der Rinderzüchtung. Züchtungskunde 64:447-457.

Egger-Danner C. und Willam A., 2012. Neues genomisches Zuchtprogramm Fleckvieh AUSTRIA 2012. Was wird anders, was bringt es? Fleckvieh Austria - Das österreichische Magazin für Fleckviehzucht, 6/2012, 6-10.

Egger-Danner C., Willam A., Fuerst C., Schwarzenbacher H., Fuerst-Waltl B., 2012. Effect of breeding strategies using genomic information on fitness and health. J. Dairy Sci. 95, 4600–4609.

Egger-Danner, C., Fürst, C., Fürst-Waltl, C., Pfeiffer, C., Schwarzenbacher, H., Steininger, F., Willam, A., 2015. Endbericht des Projektes Optimierung der langfristigen züchterischen Entwicklung der österreichischen Rinderrassen unter besonderer Berücksichtigung der Gesundheit und der genomischen Selektion. https://www.dafne.at/dafne_plus_homepage/download.php?t=ProjectReportAttachment&k=3703

Egger-Danner, C., Fürst, C., Fürst-Waltl, C., Pfeiffer, C., Schwarzenbacher, H., Steininger, F., Willam, A., 2015. Endbericht zum Projekt Optimierung der langfristigen züchterischen Entwicklung der österreichischen Rinderrassen unter besonderer Berücksichtigung der Gesundheit und der genomischen Selektion. https://www.dafne.at/dafne_plus_homepage/download.php?t=ProjectReportAttachment&k=3703

Fuerst-Waltl B., Fuerst C., Obritzhauser W., Egger-Danner C., 2016. Sustainable breeding objectives and possible selection response: finding the balance between economics and breeders' desires. J. Dairy Sci. 99 (12), 9796-9809.

Fuerst-Waltl, B., Baumung, R., Fuerst, C., Köck, A., Obritzhauser, W., Schwarzenbacher, H., Sölkner, J., Willam, A., Winter, P., Egger-Danner, C., 2010. Endbericht des Projektes Gesundheitsmonitoring Rind: Entwicklung einer Zuchtwertschätzung für Gesundheitsmerkmale. Report of the research project. http://www.dafne.at/dafne_plus_homepage/index.php?section=dafneplus&content=result&&come_from=homepage&project_id=2704.

Fuerst-Waltl, B., Fuerst, C., Obritzhauser, W., Egger-Danner, C., 2016. Sustainable breeding objectives and possible selection response: Finding the balance between economics and breeders' preferences. Journal of Dairy Science 99, 9796-9809.

Fürst-Waltl, B.; Fürst, C.; Obritzhauser, W.; Egger-Danner, C.,2015. Berücksichtigung direkter Gesundheitsmerkmale im Gesamtzuchtzuchtwert. In: Deutsche Gesellschaft für Züchtungskunde e.V., DGfZ Schriftenreihe Heft 66; 7. Rinder-Workshop Uelzen, 103-112,ISSN 0949-8842.

Gruber, L., Schwarz, F.J., Erdin, D., Fischer, B., Spiekers, H., Steingaß, H., Meyer, U. et al. (2004): Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen – Datenbasis von 10 Forschungs- und Universitätsinstituten Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. In Qualitätssicherung in landwirtschaftlichen Produktionssystemen. 116. VDLUFA-Kongress, Rostock, 13.-17. September 2004, Kongressband 2004, 484-504.

Hazel, L.N., Lush, J.L., 1943. The efficiency of three methods of selection. J. Hered. 33:393-399.

Hietala, P., Wolfová, M., Wolf, J., Kantanen, J., Juga, J., 2014. Economic values of production and functional traits, including residual feed intake, in Finnish milk production. Journal of Dairy Science 97, 1092–1106.

Koeck, A., Fuerst-Waltl, B., Steininger, F. and Egger-Danner, C. (2016a): Genetic parameters for body weight, body condition score and lameness in Austrian dairy cows. Interbull, Chile, 2016.

Koenen, E. P. C., Berentsen, P. B. M., Groen, A. F., 2000. Economic values of body weight and feed-intake capacity of dairy cattle under Dutch production circumstances. Livest. Prod. Sci. 66:235–250.

Ledinek, M., Gruber, L., Steininger, F., Fuerst-Waltl, B., Zottl, K., Royer, M., Krimberger, K., Mayerhofer, M. and Egger-Danner, C. (2016): Efficient Cow – estimation of feed intake for efficiency traits using on-farm recorded data. 24th Int. Symp. "Animal Science Days", Ptuj, Slovenia, 21–23 Sept. 2016, Acta Agriculturae Slovenica, Supplement 5, 71-75.

Lind, B., 2007. Ableitung der Wirtschaftlichkeitskoeffizienten und optimalen Indexgewichte des Gesamtzuchtwertes für die deutschen Milch- und Zweinutzungsrassen unter Berücksichtigung aktueller und erwarteter zukünftiger Rahmenbedingungen. Diss., Georg-August-Universität Göttingen, Deutschland.

Miesenberger, J., 1997. Zuchtzieldefinition und Indexselektion für die österreichische Rinderzucht. Diss., Universität für Bodenkultur, Wien, Österreich.

Pfeiffer, C, 2015. Optimization of the total merit index of Austrian dairy cattle – Validation and adaptation of an approximate multitrait two-step procedure. Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien.

Press, W.H., Flannery, B.P., Teukolsky, S.A., Vetterling, W.T., 1986. Numerical Recipies: The art of scientific computing. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Pryce, JE., Gonzalez-Recio O., Nieuwhof G, Wales WJ., Coffey MP., Hayes BJ, Goddard ME., 2015. Hot topic: Definition and implementation of a breeding value for feed efficiency in dairy cows. J Dairy Sci. 2015 98(10):7340-50.

Pryce, JE., Wales, WJ, de Haas, Y., Veerkamp, RF., Hayes, B., 2014. Genomic selection for feed efficiency in dairy cattle. Animal 2014, 8 (1): 1-10.

Reinhard, F., 2016. EBSF (Europaen Brown Swiss Federation) Genetic Workshop. KuhVision. Eurotier, 15.11.2016, Hannover.

Sprecher, D.J., Hostetler, D.E. and Kaneene, J.B. (1997): A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. Theriogenology 47, 1178-1187.

Steininger, F., Fuerst-Waltl, B., Pfeiffer, C., Fuerst, C., Schwarzenbacher, H., Egger-Danner, C. (2012): Participatory development of breeding goals in Austrian dairy cattle. Acta Agriculturae Slovenica, Supplement 3, 143-147.

Steverink, M.H.A., Groen, A.F., Berentsen, P.B.M., 1994. The influence of environmental policies for cattle breeding goals. Livest. Prod. Sci. 40, 251–261.

Willam A., Nitter G., Bartenschlager K., Karras K., Niebel E, Graser H.-U., 2008. ZPLAN – Manual for a PC-Program to Optimize Livestock Selection Schemes. Manual Version 2008 for Source Code "z10.for". Institut für Nutztierwissenschaften, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Universität für Bodenkultur Wien.

ZAR-Seminar 2016. Neue Zuchtziele in der Rinderzucht - Fit, vital und leistungsstark in die Zukunft. Seminar des Ausschusses für Genetik der ZAR am 10. März 2016 in Salzburg, in Kooperation mit dem Zuchtwertschätz-Team Deutschland – Österreich – Tschechien, Heffterhof, Salzburg.

Zehetmeier, M., Baudracco, J., Hoffmann, H., Heißenhuber, A., 2012. Does increasing milk yield per cow reduce greenhouse gas emissions? A system approach. Animal 6(1), 154-166. doi: 10.1017/S1751731111001467.

11 Arbeitspaket 7: Modellierung der Effekte der unterschiedlichen Produktionseffizienz auf der Ebene Einzeltier auf die Treibhausgas-Emissionen relevanter Milchproduktionssysteme

11.1 Ziele und geplante Maßnahmen

Im Zuge der Diskussionen innerhalb des Projektkonsortiums wurde Übereinstimmung erzielt, die ursprünglich beantragte Thematik (Treibhausgas-Emissionen) auf weitere Umweltwirkungen bzw. Indikatoren der Ökobilanz zu erweitern. Dementsprechend war ein erstes Ziel des vorliegenden Arbeitspakets die Identifikation wichtiger Indikatoren auf Basis von Literatur sowie im Projekt verfügbarer Daten und (zeitlicher sowie finanzieller) Möglichkeiten. Folgende Indikatoren einer Ökobilanz („Life cycle assessment", LCA) wurden für relevante Umweltwirkungen von Milchkühen innerhalb verschiedener, typischer Produktionssysteme auf Basis des „Efficient Cow" (EC)-Datensatzes mit Primärdaten und Sekundärdaten aus Statistiken und verfügbaren Algorithmen modelliert und analysiert:

1) Verbrauch nicht erneuerbarer (fossiler) Primärenergie (PEV-fossil; in MJ)
2) Versauerungspotenzial (VP; in kg SO_2-eq)
3) Eutrophierungspotenzial (EP; in kg Phosphat-eq)
4) Treibhauspotenzial (THP; in kg CO_2-eq)
5) Konzentratfutter-Ackerflächenbedarf (KAFB; m^2 je kg ECM)

Für diese Indikatoren wurden folgende Fragestellungen bearbeitet:

a) Um wieviel geringer sind Umweltwirkungen effizienterer Kühe (entsprechend den in Hinblick auf die Effizienz besten 20 % Kühe einer Herde) gegenüber den Herdendurchschnitten?
b) Wie unterscheiden sich Effekte der Effizienzsteigerung in 18 ausgewählten, tw. regionsspezifischen Produktionssystemen bzw. für die Rassen Fleckvieh, Braunvieh und Holstein-Friesian?
c) Welche Faktoren beeinflussen die Ökobilanzergebnisse?

Grundlegendes Ziel dieses Arbeitspaketes war neben der Erörterung der Potenziale für umweltfreundliche Milcherzeugung durch effizientere Kühe die Ableitung von Informationen zur Entscheidungsfindung bezüglich Maßnahmen für geringere Umweltwirkungen für die Praxis bzw. für züchterische Entscheidungen.

11.2 Zusammenfassung

Werden die Ökobilanzergebnisse auf die funktionale Einheit „1 kg Milch" mit Berücksichtigung von Umweltwirkungen auf das Koppelprodukt Fleisch (von Altkuh und Kälbern) bezogen, stellen sich effizientere Kühe, d.h. die besten 20 % Kühe hinsichtlich der Futterverwertung je kg Milch am 100. Laktationstag gegenüber ihren Herdendurchschnitten als günstiger dar. Die effizienteren Kühe zeigen die größten Vorteile in den Indikatoren *Konzentratfutter-Ackerflächenbedarf* mit einer Reduktion von 8,3 % im Mittel der 18 analysierten Produktionssysteme gegenüber den Herdendurchschnitten, gefolgt vom *Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie* mit -7,4 %. Das *Treibhauspotenzial*, das *Eutrophierungs-* und das *Versauerungspotenzial* weisen dagegen mit -4,3 %, -4,2 %

und -2,0 % im Durchschnitt deutlich geringere produktbezogene Einsparungen der effizienteren Kühe auf.

Bei der Betrachtung je Hektar bewirtschafteten Landes sind für manche Produktionssysteme bei einigen Umweltwirkungen Nachteile für die effizienteren 20 %-Kühe zu finden. Dies gilt v.a. für die drei Indikatoren *Treibhauspotenzial*, *Eutrophierungs*- und *Versauerungspotenzial.* Der Grund für geringeres Minderungspotenzial bei diesen Indikatoren liegt einerseits in der Überlagerung durch unvermeidliche bzw. relativ konstante Hintergrundemissionen, die sich nicht direkt proportional zum Futterbedarf oder zur Leistungsveränderung verhalten. Andererseits werden bei günstigerer Futterverwertung infolge höherer Leistung höhere Nährstoffmengen aufgenommen bzw. ausgeschieden und deren Emissionen verteilen sich bei effizienteren Tieren oft auf geringere Flächen, die durch energiedichtere Rationen bedingt sind. Bio-Produktionssysteme weisen laut vorliegenden Berechnungen – mit wenigen Ausnahmen wie z.B. des Heumilch-Produktionssystems beim Treibhauspotenzial – insgesamt eher günstige Umweltwirkungen auf.

Je geringer die Umweltwirkungen für den Herdendurchschnitt (beispielsweise im Vergleich zum Österreich-Durchschnitt) bereits liegen, desto schwieriger wird es, noch geringere Umweltwirkungen durch effizientere Kühe zu erreichen. Im nationalen und internationalen Vergleich liegen die Ergebnisse für die betrachteten Herdendurchschnitte und die effizienteren Kühe gut, soweit dies aus anderen Studien (mit teilweise anderen Berechnungsmethoden und Systemgrenzen) abgeleitet werden kann.

Aus der statistischen Auswertung resultiert als wichtigster Einflussfaktor auf die Effizienz der Milcherzeugung eine günstige Futterverwertung, die vor allem mit der Laktationsleistung (bzw. Lebensleistung), mit der Rationsgestaltung (Anteile Maissilage und Kraftfutter) sowie, untergeordnet, auch mit der Lebendmasse der Kühe in Verbindung stehen. Die Ökobilanz wird günstiger, wenn Laktations- und Lebensleistungen überdurchschnittlich ausfallen, d.h. ein geringerer Futterbedarf je kg ECM über den Lebenszyklus vorherrscht, wenn die Lebendmasse bei ähnlicher Leistung geringer ist und wenn Emissionen der Futterbereitstellung geringer sind.

11.3 Einleitung

Landwirtschaft und vorgelagerte Wirtschaftsbereiche zur Herstellung von Produktionsmitteln benötigen relevante Mengen an Primärenergie und (knappen) Landflächen und verursachen bedeutende Anteile an Umweltwirkungen. Nennenswert sind hier u.a. Emissionen von Treibhausgasen und Luftschadstoffen mit Beiträgen zum sauren Regen oder die Eutrophierung von Gewässern. In Österreich kommt der Sektor Landwirtschaft nach Ergebnissen des Nationalen Inventars für Klimaemissionen (Anderl et al. 2015) auf beispielsweise etwa 8 bis 9 % der nationalen Treibhausgasemissionen (in CO_2-Äquivalenten). Ein großer Teil davon ist den tierischen Emissionen und der Futtermittelbereitstellung der Nutztierhaltung zuzuschreiben. Innerhalb der Nutztierhaltung stellt die Milchviehhaltung global und in Österreich eine sehr wichtige Quelle vieler Umweltwirkungen dar. Ziel der vorliegenden Arbeit war es deshalb, wichtige Indikatoren der Ökobilanz zu identifizieren und deren Ergebnisse für Herdendurchschnitte jenen von

effizienteren Kühen gegenüberzustellen. Zusätzlich wurde analysiert, wie die in Efficient Cow (EC) repräsentierten Produktionssysteme im Vergleich zueinander abschneiden, und welche Faktoren die Ökobilanzergebnisse am maßgeblichsten beeinflussen.

11.4 Material und Methode

Bei einer Ökobilanz wird der Lebenszyklus eines Produkts innerhalb definierter Systemgrenzen betrachtet. Die Ergebnisse werden mit Wirkungsabschätzungen auf Basis von Inventaren und Modellen ermittelt. Die Ergebnisse für die ersten vier der oben unter „Ziele und geplante Maßnahmen“ genannten Umweltwirkungen wurden jeweils auf zwei funktionelle Einheiten bezogen, einerseits auf die Produkteinheit, d.h. je 1 kg energiekorrigierte Rohmilch (ECM), und andererseits auf die Fläche, d.h. je 1 Hektar (ha), die zur Produktion der Rohmilch beansprucht wird. Der Flächenbedarf von zur Milcherzeugung verwendeten, global knappen Ackerflächen zur Konzentratfutter-Erzeugung wird ebenso beschrieben.

Die Analyse erfolgte mit einer international etablierten Ökobilanz-Software nach der Charakterisierungsmethode „CML“ (siehe Guinée et al. 2002; mit aktualisierten Charakterisierungsfaktoren).

In Tabelle 1 werden jene Elemente entlang des betrachteten Lebenszyklus dargestellt, die relevante Umweltwirkungen und damit einen besonderen Einfluss auf analysierte Indikatoren zeigen. Umweltwirkungen mit geringen Effekten sind mit „(x)“ gekennzeichnet.

Tabelle 1: Darstellung von relevanten Elementen mit Umweltwirkungen bei der Erzeugung von Milch sowie von verwendeten Indikatoren

	THP	EP	VP	PEV-fossil	Landnutzung /KAFB
Bereitstellung Futtermittel (und Einstreu)[a]	x	x	x	x	x
Energiebereitstellung (Elektrizität, Kraftstoffe, Gas, etc.)	x	(x)	x	x	(x)
Biogene Emissionen der Nutztiere	x	x	x		
Biogene Emissionen der Wirtschaftsdüngersysteme	x	x	x		

[a] inkl. Vorleistungen bzw. damit in Verbindung stehenden Umweltwirkungen wie Emissionen N- und C- haltiger Verbindungen aus bewirtschafteten Böden, von Transporten, von der Bereitstellung neuer Landflächen, der Bereitstellung externer Produktionsmittel (Handelsdünger, Pflanzenschutzmittel,…), etc.

Die Ergebnisse der Indikatoren wurden auf Basis von Ecoinvent-Datensätzen und eigenen Berechnungen in Anlehnung an u.a. Anderl et al. (2014b) ermittelt. Die Systemgrenzen beinhalten alle Vorleistungen exklusive Infrastruktur-Errichtung und enden am Hoftor. Aufzucht und Koppelprodukt Fleisch wurden generell über den Lebenszyklus mitgerechnet und sind in den Ökobilanzergebnissen berücksichtigt. Die Einrechnung der Effekte erfolgte mittels Zu- und Abschlägen für die Aufzucht und die alternative Fleischerzeugung (mit gemästeten Kalbinnen) im Vergleich zu Futterbedarf bzw. biogenen Emissionen während der Laktationsphasen. Dies berücksichtigt eine auf Basis der Nutzungsdauer bzw. Lebensleistung im Herdenbestand abgeschätzte Nutzungsdauer bzw. Lebensleistung der Kühe am Lebensende.

Tabelle 2 listet die wichtigsten Parameter und ihre Datenquellen für die vorliegenden Berechnungen auf, welche die Ökobilanzergebnisse beeinflussen.

Tabelle 2: Wirkungspfade wichtiger Einflussgrößen der Ökobilanz auf andere Einflussgrößen und Umweltwirkungen

Wichtige Einflussgrößen	Datenquelle	Wirkung auf…
kg energiekorrigierte Milch (ECM) je Kuh und Jahr (Laktationsleistung) bzw. je Kuh und Lebenszeit (Nutzungsdauer und kg ECM Lebensleistung)	EC-Datensatz (Erhebung durch Leistungskontroll-verbände)	Ökobilanzergebnisse generell
kg Futteraufnahme je Kuh und Jahr bzw. je Einheit Milch	EC-Datensatz (Erhebung durch Leistungskontroll-verbände)	Futterbereitstellung; biogene Emissionen (z.B. enterogenes Methan, Ammoniak aus N in Ausscheidungen)
Rationszusammensetzung (Anteile Grundfutter inkl. Maissilage, Konzentratfutter), Nährstoffgehalte und Energiedichte		
kg Lebendmasse der Kühe	EC-Datensatz (Erhebung durch Leistungskontroll-verbände)	Ökobilanzergebnisse generell
Erstkalbealter und Zwischenkalbezeit		

PEV-fossil berücksichtigt nicht erneuerbare Energieträger, das EP potenzielle Verluste an Phosphat (PO_4) und Stickstoffverbindungen (Nitrat, NO_3; Ammoniak, NH_3; Stickoxide, NO_X),

die potenzielle Effekte auf aquatische und terrestrische Ökosysteme ausüben. Relevante Emissionen stammen v.a. von Weideflächen und dem Futterbau (primär NO_3) und von NH_3 und NO_X aus Stall und Güllelager. Die gasförmigen Stickstoffverbindungen NH_3 und NO_X sind ebenso für das Versauerungspotenzial relevant. Eingehende potenzielle Verluste nach Ecoinvent (2014) sind dabei nach der Methode SALCA-N so ermittelt, dass sie Verlustpfade nicht unterschätzen. Wichtige Emissionsquellen im System sind die Bereitstellung von Produktionsmitteln (Mineraldünger, Pflanzenschutzmittel), Treibstoffbedarf für Transporte und andere Aktivitäten sowie der Stromverbrauch am Betrieb. Das THP berücksichtigt zusätzlich zur Futterbereitstellung (Ecoinvent 2014) nach IPCC (2006), Anderl et al. (2014ab) und Kirchgeßner et al. (1995) errechnete THG-Emissionen aus der enterogenen Fermentation sowie der Wirtschaftsdüngerkette und aus Landnutzungsänderungen für importierte Futtermittel (v.a. für Sojaextraktionsschrot und in geringerem Umfang für Rapskuchen; Hörtenhuber et al. 2011). Der Indikator Konzentratfutter-Ackerflächenbedarf (KAFB je kg ECM) wurde aus dem EC-Datensatz für typische Konzentratfuttergemenge (siehe auch Hörtenhuber et al. 2010) abgeschätzt und beschreibt die tendenziell kritische Beanspruchung von Ackerflächen zur Konzentratfutter-Erzeugung. Dies inkludiert nach dem Lebenszyklusprinzip auch die aufgewendeten Konzentratfutter-Mengen in der Aufzucht, sowie jene, die mit dem Koppelprodukt Fleisch in Verbindung stehen.

Zum Zeitpunkt der Analyse der Umweltwirkungen lag noch kein kompletter Datensatz zu den Konzentratfuttermitteln vor. Daher und auch wegen der Notwendigkeit, Projektbetriebe zu regionaltypischen Produktionssystemen zu aggregieren, wurde die Zusammensetzung des eingesetzten Konzentratfutters auf der Basis von Ergebnissen aus der Befragung nationaler Experten sowie nach Hörtenhuber et al. (2010, 2011) wie folgt als Durchschnitt für Selbstmischer und Fertigfutter festgelegt (siehe Tabelle 3):

Tabelle 3: Durchschnittliche unterstellte Zusammensetzung der Konzentratfutter-Gemenge exkl. Mineralstoff- und Vitaminergänzungsfutter über einen gesamten Laktationszyklus (inkl. Trockenstehphase) in Prozent-Anteilen an BTM (88% Bezugstrockenmasse) für konventionell und biologisch wirtschaftende Betriebe

Bestandteil	Anteil (%)	
	Konventionelles Konzentratfutter	Biologisches Konzentratfutter
Gerste	40,0	60,0
Weizen	12,5	26,0
Körnermais	12,5	
Sojaextraktionsschrot	6,9	
Sojabohnen (thermisch behandelt)		0,4
Rapskuchen	5,0	4,2
Rapsextraktionsschrot	2,9	
Sonnenblumenkuchen		2,4
Trockenschlempe (DDGS)	3,6	
Luzerne-/Grünmehl (-pellets)		3,9
Erbse & Ackerbohne	1,5	3,2
Trockenschnitzel	7,5	
Weizenkleie	7,0	
Maiskleberfutter	0,6	

Ebenso wie für Konzentratfutter wurde für die Modellszenarien auch ein einheitliches Wirtschaftsdüngersystem, nämlich das auf den Betrieben des EC-Datensatzes vorherrschende Güllesystem, unterstellt.

Zahlreiche weitere Aktivitätsdaten zur Berechnung der Ökobilanz stammen aus im Rahmen des Projektes erhobenen Primärdaten (siehe folgendes Subkapitel „Der EC-Datensatz“).

Der EC-Datensatz:

Die Daten für die Berechnung der Ökobilanz stammen von insgesamt 209 Betrieben, davon 42 mit Braunvieh (BV), 113 mit Fleckvieh (FV), 54 mit Holstein-Friesian (HF) in wichtigen österreichischen Milchproduktionsgebieten. Der EC-Datensatz berücksichtigt insgesamt 6.123 Kühe (davon 1.293 BV-Kühe, 3.690 FV-Kühe, 1.140 HF-Kühe; siehe auch Tabelle 4) und über 28.200 Einzeltierkontrollen alleine für die FV-Kühe, 10.510 Einzeltierkontrollen für BV und 9.353 Einzeltierkontrollen für HF. Einige wenige Betriebe bzw. deren Kuhdaten konnten aufgrund der Faktorkombination von Lage, Leistungsniveau und v.a. Futtergrundlage nicht in eines der 18 ausgewählten Produktionssysteme inkludiert werden.

Die Erhebung der betrieblichen Primärdaten erfolgte über die Leistungskontrollverbände. Neben den routinemäßig erfassten Daten zu Milchmengen und Milchinhaltsstoffen wurden auch spezifische Informationen zur Rationszusammensetzung erhoben und daraus die Futteraufnahme geschätzt. Die Daten wurden von DI Franz Steininger, ZuchtData EDV-

Dienstleistungen GmbH gesammelt, für die Ökobilanzberechnungen aufbereitet und zur Verfügung gestellt. Informationen zur Aufbereitung der Daten sind in Ledinek et al. 2016 und Steininger et al. 2016 dargestellt.

Zusätzlich zu diesen, auf Basis betrieblicher Primärdaten ermittelten Ökobilanzergebnissen wurde das LCA auch für die österreichische Durchschnittsmilch auf Basis statistischer Daten nach Anderl et al. (2014a; nach Eckdaten wie im Österreichischen Nationalen Inventarbericht) berechnet.

Die Zuordnung ähnlicher Betriebe zu Produktionssystemen (PS), erfolgte unter Mitwirkung von DI Franz Steininger und in mehrfacher Rücksprache mit dem EC-Projektteam. Folgende Kriterien wurden dafür in Absprache mit dem EC-Projektteam herangezogen: Gliederung (1) nach Rassen (FV, BV, HF), (2) nach der Lage der Betriebe bzw. davon (mit-) beeinflusst (3) nach der Futtergrundlage und (4) der Wirtschaftsweise der Betriebe. Die Lage der Betriebe wurde in (a) *Ungunstlagen*, (b) *Hügellagen* und (c) *Gunstlagen* eingeteilt und Faktoren wie das Leistungsniveau der Tiere, der Maissilageanteil der Ration oder Anteile von Konzentratfutter wurden neben den Höhenstufen und der Lage in Klein- und Hauptproduktionsgebieten für die Differenzierung der Betriebe mit berücksichtigt.

Ungunstlagenbetriebe können insofern in geringem Umfang auch vergleichsweise benachteiligte Betriebe aus Hügellagen inkludieren, falls diese hinsichtlich Leistungsniveau und anderen Faktoren (v.a. Anteil Maissilage und Konzentratfutter) besser dazu passen. Umgekehrt können Betriebe der Hügellagen teilweise auch vergleichsweise begünstigte Betriebe aus Ungunstlagen enthalten, falls diese besser dorthin passen. Gleichermaßen gibt es auch keine klare Grenze zwischen Hügel- und Gunstlagen.

Die Fütterung von Heu, Grünfutter (inkl. teilweise Weide) und Konzentratfutter ist bei allen PS zu einem bestimmten Anteil enthalten, auch wenn Mais- und v.a. Grassilage die Futterbasis bilden. Die silierten Futtermittel dominieren viele der (Jahresdurchschnitts-) Rationen der PS. Lediglich bei PS 18 kommen keine Silage-Futtermittel vor: aufgrund von ausschließlich Dauergrünland auf hofeigenen Flächen der darin abgebildeten Betriebe (v.a. Biobetriebe) und vergleichsweise geringem Leistungsniveau wurde dieses PS, das silofreie Heumilch erzeugt, der Hügellage zugeordnet (Tabelle 4).

Tabelle 4: Aus den EC-Datensatz berücksichtigte Produktionssysteme (PS) mit den zugeordneten Betrieben, deren Lage, Wirtschaftsweise, wichtigste Futtergrundlage, Rassen und Kuhzahlen.

PS	Rasse	Lage der Betriebe	Futtergrundlage/Wirtschaftsweise	Betriebe	Kühe
1	BV	1 Ungunstlagen	Maissilage/KON	10	267
2	BV	1 Ungunstlagen	Grassilage/KON	5	174
3	BV	2 Hügellagen	nicht differenziert/BIO	8	151
4	BV	2 Hügellagen	Maissilage/KON	6	282
5	BV	3 Gunstlagen	Maissilage/KON	13	419
6	FV	1 Ungunstlagen	nicht differenziert/BIO	10	285
7	FV	1 Ungunstlagen	Grassilage/KON	5	97
8	FV	1 Ungunstlagen	Maissilage/KON	17	530
18	FV	2 Hügellagen	Silagefrei/v.a. BIO	4	112
9	FV	2 Hügellagen	Grassilage/BIO	5	136
10	FV	2 Hügellagen	Maissilage/BIO	6	160
11	FV	2 Hügellagen	Grassilage/KON	5	181
12	FV	2 Hügellagen	Maissilage/KON	31	1.123
13	FV	3 Gunstlagen	Gras- und tw. Maissilage/KON	30	1.066
14	HF	1 Ungunstlagen	Gras- und tw. Maissilage/KON	13	121
15	HF	2 Hügellagen	Gras- und tw. Maissilage/KON	19	419
16	HF	3 Gunstlagen	Maissilage/BIO	2	10
17	HF	3 Gunstlagen	Maissilage/KON	20	470
Summen				**209**	**6.123**

Die Ergebnisse für die 20 % effizientesten Kühe (betreffend kg ECM je aufgenommenem MJ Nettoenergie-Laktation, NEL, am 100. Laktationstag) wurden dem Herdendurchschnitt gegenübergestellt. Diese Gegenüberstellung hat den Zweck, die Effekte einer durch konsequente Selektion auf Effizienzkriterien realistischerweise zu erreichenden Verbesserung in der Produktionseffizienz auf die Umweltwirkung der Milchproduktion zu charakterisieren.

Die Abschätzung der Futteraufnahme für den 100. Laktationstag erfolgte in der Annahme, dass zu diesem Zeitpunkt die Phase der Mobilisierung von Körperfett schon weitgehend vorüber ist und noch kein Ansatz von Körpersubstanz erfolgt, d.h. die Energiebilanz der Kühe (nahezu) ausgeglichen ist. Die Ergebnisse beziehen sich auf einen Hektar beanspruchte landwirtschaftliche Nutzfläche (für Eutrophierungspotenzial) bzw. 1 kg ECM und sind um Koppelprodukte (Fleisch von der Altkuh und nicht für die Remonte benötigten Kälbern) bereinigt, wofür eine indirekte Systemerweiterung (alternative Fleischerzeugung mit Kalbinnen statt deren Aufzucht für die Milchproduktion; siehe auch Hörtenhuber et al. 2010) vorgenommen wurde.

Statistische Auswertung der Ökobilanzergebnisse:

Die statistische Auswertung erfolgte generell mittels SPSS, Versionen 21 und 24 (IBM 2012, 2015). Die Überprüfung von signifikanten Unterschieden zwischen den

Gruppenmittelwerten für den Herdendurchschnitt und die 20 % besten Kühe erfolgte mittels einfaktorieller Varianzanalyse (T-Test bei unabhängigen Stichproben).

Zur statistischen Analyse der wichtigen Einflussgrößen auf Ergebnisse der untersuchten Indikatoren wurde eine Regressionsanalyse (lineare Regression) herangezogen und verschiedene potenzielle Einflussfaktoren getestet. Die Lebensleistung sowie die Lebenstagsleistung zeigen für keinen der betrachteten Indikatoren einen signifikanten Einfluss bzw. nur teilweise tendenziellen Einfluss. In der Folge wurden drei Einflussfaktoren ausgewertet, die zumindest auf einen der Indikatoren einen signifikanten Effekt zeigen: (i) Anteil von Maissilage und Konzentratfutter an der gesamten Ration (in %), (ii) Lebendmasse (in kg), Laktationsleistung (in kg).

11.5 Ergebnisse und Diskussion

Die folgenden Abbildungen 2 bis 8 (ohne Abbildung 5) stellen die Ausprägung der analysierten Indikatoren für den jeweiligen Herdendurchschnitt und die 20 % effizientesten Kühe dar. Letztere wurden nach kg ECM je MJ NEL bei einer Standardisierung auf den 100. Laktationstag ausgewählt und werden im Folgenden als „top 20 %“ bezeichnet.

Dreiecke symbolisieren in jeder der Abbildungen 1, 2, 4, 5 und 6 PS in Ungunstlagen, Kreise solche in Hügellagen sowie in begünstigten alpinen Lagen und Rechtecke PS in Gunstlagen. Die Farben braun symbolisieren jeweils PS mit Braunvieh (BV), blau mit Fleckvieh (FV) und schwarz bzw. grau mit Holstein Friesian (HF). Die jeweils dunkleren Farben (dunkelbraun, dunkelblau, schwarz) geben Ergebnisse für den Durchschnitt aller Tiere in den PS an, die helleren Farben (hellbraun, hellblau, grau) jene für die top 20 % Kühe. Die durch den roten Punkt verlaufende grüne Linie kennzeichnet das Ergebnis einer mit gleicher Methode bewerteten „nationalen Durchschnittsmilch“. Einige Ergebnissymbole überlagern sich, weil die Ergebnisse sehr eng beisammen liegen.

Ergebnisse für den Verbrauch nicht erneuerbarer (fossiler) Primärenergie:

Abbildung 1 zeigt, dass die 20 % effizientesten Kühe generell geringeren Futterbedarf je kg ECM aufweisen. Bei einzelnen PS schaffen die top 20 %-Kühe – bei Bezug auf ihre Lebensleistung – allerdings nur eine geringfügig bessere Futterverwertung als die jeweiligen Herdendurchschnitte (< 8 %; bei den BV-PS in der Ungunstlage und der Hügellage; teilweise bei FV in der Hügellage; die HF-PS in der Gunstlage). Nachdem die Umweltwirkungen, z.B. das THP, in enger Beziehung zur Futterverwertung stehen, schmälern geringere Vorteile einzelner PS die in den folgenden Unterkapiteln dargestellten Vorteile aller top 20 %-Kühe.

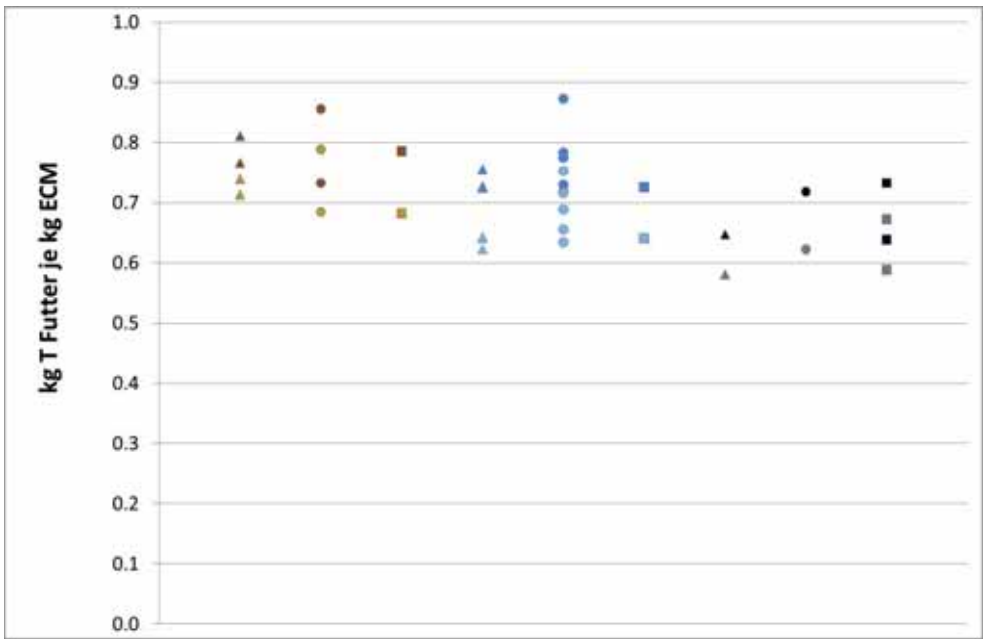


Abbildung 1: Ergebnisse für die Futterverwertung (in kg kg^{-1} ECM) für Herdendurchschnitte der 18 Produktionssysteme sowie deren top 20 %-Kühe. Dreiecke: PS in Ungunstlagen; Kreise: Hügellagen und begünstigte alpine Lagen; Rechtecke: Gunstlagen. Dunkelbraun/hellbraun: Braunvieh Herdendurchschnitt/top 20 %; dunkelblau/hellblau: Fleckvieh Herdendurchschnitt/top 20 %; schwarz/grau: Holstein Friesian Herdendurchschnitt/top 20 %.

Ergebnisse für den Verbrauch nicht erneuerbarer (fossiler) Primärenergie:

In Abbildung 2 zeigt sich, dass sich bestimmte BV- und FV-PS mit geringerem fossilen Primärenergiebedarf (PEV-fossil) von den anderen PS abheben (Betriebe in Ellipse). Es handelt sich dabei um Bio-PS, die – trotz höherem Futteraufwand je kg ECM – aufgrund anderer Futterrationen und der aufgrund der biologischen Wirtschaftsweise anderen Futterbereitstellungsketten deutlich günstiger liegen. Zusätzlich zu den Ergebnissen für die 18 PS wurde ein Österreich-Durchschnittswert auf Basis von statistischen Daten und unter Zuhilfenahme ausgesuchter Parameter aus den 18 PS (Herdendurchschnitte) ermittelt.

Während beim PEV-fossil die Herdendurchschnitte der 18 PS im Mittel nur 3,3 % unter dem Österreich-Durchschnitt zu liegen kommen, sind es für die effizienteren top 20 % der Kühe immerhin 10,5 %. Die top 20 % der Kühe weisen somit einen Vorteil von durchschnittlich 7,4 % beim PEV-fossil gegenüber ihren Herdendurchschnitten auf. Neben der besseren Futterverwertung der top 20 %-Kühen, die weniger Futter je kg Milch benötigen, spielt für den PEV-fossil sowie für die übrigen betrachteten Umweltwirkungsindikatoren auch die Veränderung der Rationszusammensetzung eine Rolle. Für den PEV-fossil und für andere Indikatoren zeigt sich, dass anlagengetrocknetes Heu und Konzentratfutter generell – mit der Ausnahme von Koppelprodukten der Müllerei und der Bioenergieerzeugung – zumeist mit höheren Umweltwirkungen in Verbindung stehen.

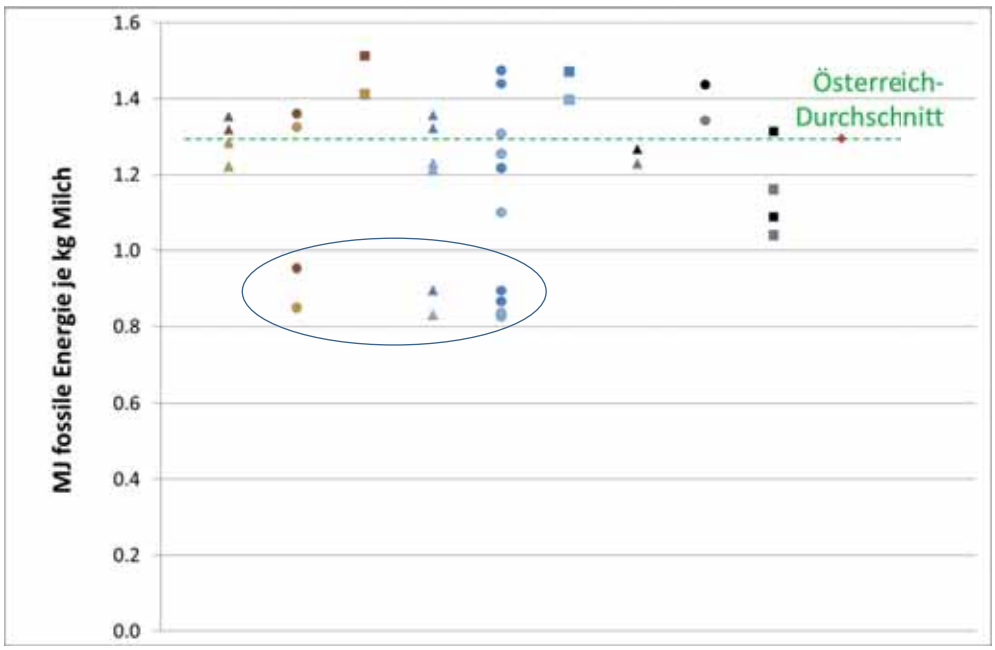


Abbildung 2: Ergebnisse zum Verbrauch nicht erneuerbarer (fossiler) Energie in MJ je kg Milch für Herdendurchschnitte der 18 Produktionssysteme sowie deren top 20 %-Kühe. Dreiecke: PS in Ungunstlagen; Kreise: Hügellagen und begünstigte alpine Lagen; Rechtecke: Gunstlagen. Dunkelbraun/hellbraun: Braunvieh Herdendurchschnitt/top 20 %; dunkelblau/hellblau: Fleckvieh Herdendurchschnitt/top 20 %; schwarz/grau: Holstein Friesian Herdendurchschnitt/top 20 %.

In der Praxis können die Konzentratfutter-Gemenge von den unterstellten Futtermischungen abweichen und auch Einzelfuttermittel mit anderer Verfahrenstechnik und damit anderen Umweltwirkungen als den hier unterstellten erzeugt werden. Würde bei einem Einzelbetriebsvergleich beispielsweise ein Biobetrieb einen großen Teil des Grundfutters mit anlagengetrocknetem Heu abdecken und der konventionelle Betrieb ausschließlich Silage als konserviertes Grundfutter verwenden, könnte der Unterschied zwischen den beiden sehr gering oder sogar gegenteilig ausfallen. Die hier dargestellten Ergebnisse sind daher als Erwartungswerte für die Umweltwirkungen von Milch, die typischerweise in den ausgewählten, für Österreich relevanten Produktionssystemen erzeugt wird, anzusehen. Sie besitzen solchermaßen grundsätzliche Gültigkeit. Bewertungsergebnisse können aber für den Einzelbetrieb in Abhängigkeit von den konkreten Bedingungen der Milchproduktion (einschließlich Vorketten) anders ausfallen.

Bei Bezug zur Fläche, d.h. dem MJ PEV-fossil je Hektar bewirtschaftetes Land, stellen sich effizientere Kühe prinzipiell als vorteilhaft dar, wobei gegenüber der produktbezogenen Betrachtung der Vorteil im Mittel aller 18 PS geringer ausfällt (Braunvieh: Ø 6,2 % Vorteil, Fleckvieh: Ø 1,0 % Vorteil, Holstein Friesian: Ø 5,0 % Vorteil). Durch höheren Flächenbedarf von biologisch bewirtschafteten Betrieben resultiert bei diesen ein noch geringerer PEV-fossil je ha, da ihr PEV-fossil auf eine größere Landfläche umgelegt wird.

Für einzelne PS werden beim PEV-fossil je Fläche sowie für die anderen flächenbezogenen Umweltwirkungen Nachteile der effizienteren top 20 %-Kühe ersichtlich. Dies liegt in der Änderung der Rationszusammensetzung bei effizienteren Kühen (höherer Konzentratfutter-

bzw. Maissilage-Anteil), dem geringeren Futterbedarf je kg ECM und, damit verbunden, geringeren Flächenbedarf für viele energiedichte Futtermittel (z.B. Maissilage) begründet.

Bei der statistischen Analyse der Ergebnisse ergab sich, dass bei einem Anstieg des Anteils von Maissilage und Konzentratfutter ein signifikant höherer PEV-fossil je kg ECM zu erwarten ist (Tabelle 5). Mit steigender Lebendmasse ist ebenso ein höherer PEV-fossil je kg ECM wahrscheinlich, allerdings ist dieser Zusammenhang nicht signifikant. In Verbindung mit steigender Laktationsleistung nimmt der PEV-fossil tendenziell ab. Generell lassen sich durch das überprüfte Modell mit den Einflussvariablen Anteil Maissilage und Konzentratfutter (% KF), Laktationsleistung (kg ECM) und Lebendmasse (kg) die Zusammenhänge für den PEV-fossil relativ gut erklären (Bestimmtheitsmaß R^2=0,556). Der Vergleich der Gruppenmittelwerte für den Herdendurchschnitt versus die top 20 % der Kühe zeigte (wie im Folgenden auch für die anderen Umweltwirkungskategorien) keinen signifikanten Unterschied, d.h. die effizienteren Kühe weisen für PEV-fossil und auch für andere Indikatoren nur tendenziell geringere Wirkungen auf.

Tabelle 5: Effekte wichtiger Einflussfaktoren auf den Primärenergieverbrauch (kJ PEV-fossil je kg ECM; y=a+b*x).

Regressionsvariable x	a	b	P	R^2
Anteil Mais & Konzentrat-Futter, %	511	18,714	<0,001	0,556
Laktationsleistung, kg ECM		-0,053	0,066	
Lebendmasse, kg		0,770	0,309	

Ergebnisse für das Treibhauspotenzial:

Abbildung 3 stellt das Treibhauspotenzial (THP) für die 18 PS dar. Es zeigt sich, dass die effizienteren 20 % der Kühe im Mittel aller PS um 4,3 % geringeres Treibhausgaspotenzial als die jeweiligen Herdendurchschnitte aufweisen. Vor allem wird eine große Spannbreite der Ergebnisse zwischen dem günstigsten THP für Milch von top 20 % HF-Kühen aus der Gunstlage und dem Herdendurchschnitt für Heumilch von FV aus der Hügellage (ersteres PS mit minus 40 %) sichtbar. Abgesehen vom Herdendurchschnitt des Heumilch-PS (FV in der Hügellage) liegen alle THG-Emissionen der PS des EC-Datensatzes unter jenen des modellierten Österreich-Durchschnitts. Für das Heumilch-PS ist jedoch ersichtlich, dass das THP der top 20 %-Kühe auch unter dem nationalen Erwartungswert rangiert. Der Vorteil des mittleren EC-Herdendurchschnitts gegenüber dem nationalen Durchschnitt beträgt 15,2 %, jener der top 20 % sogar 18,9 %.

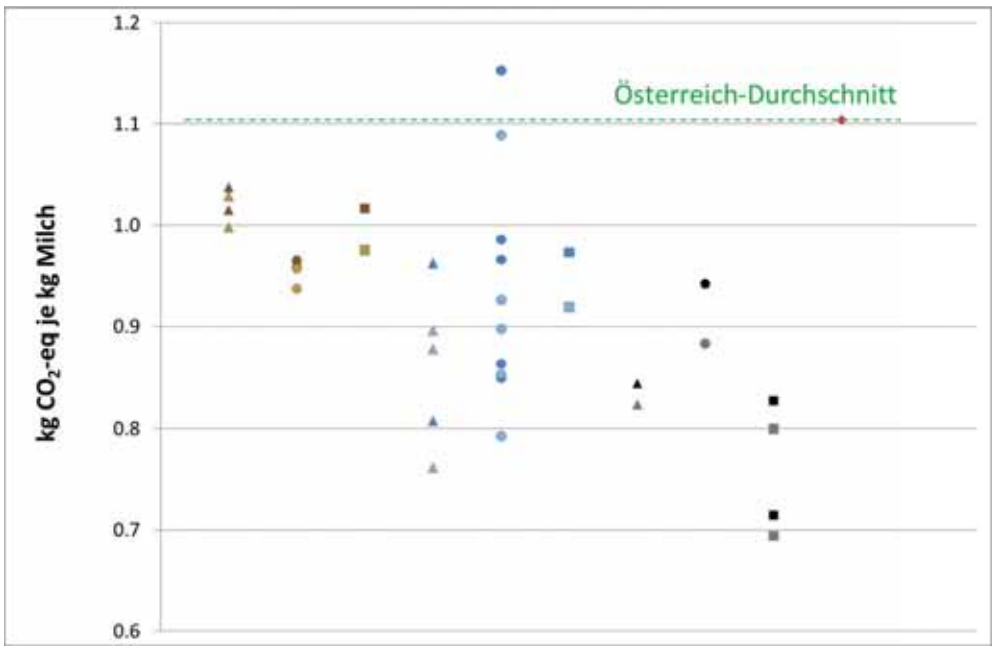


Abbildung 3: Ergebnisse für das Treibhauspotenzial (THP; in kg CO_2-eq kg^{-1} ECM; Methode CML) für Herdendurchschnitte der 18 Produktionssysteme sowie deren top 20 %-Kühe. Achtung: die Skala beginnt für eine stärker differenzierende Darstellung nicht bei 0, sondern bei 0,6 kg CO_2-eq. Dreiecke: PS in Ungunstlagen; Kreise: Hügellagen und begünstigte alpine Lagen; Rechtecke: Gunstlagen. Dunkelbraun/hellbraun: Braunvieh Herdendurchschnitt/top 20 %; dunkelblau/hellblau: Fleckvieh Herdendurchschnitt/top 20 %; schwarz/grau: Holstein Friesian Herdendurchschnitt/top 20 %.

In Abbildung 4 erfolgt eine detailliertere Darstellung des THP für 9 ausgewählte PS, in denen Fleckvieh-Kühe genutzt wurden.

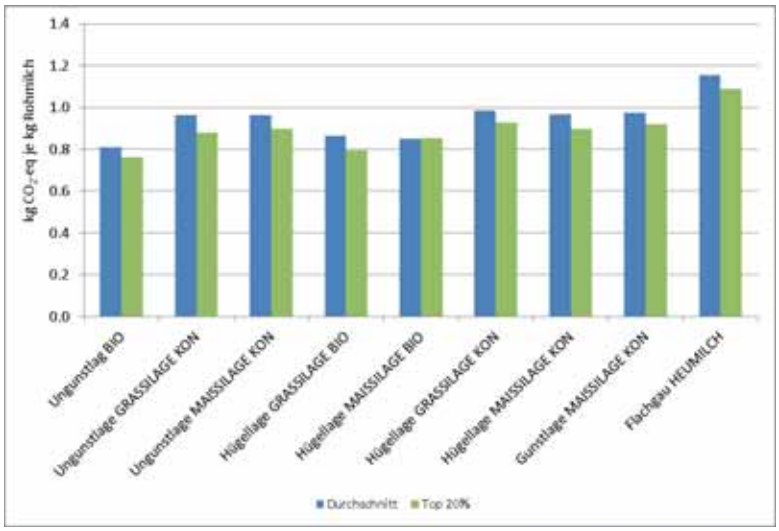


Abbildung 4: Detaillierte Ergebnisse für das Treibhausgaspotenzial je kg Milch (THP; in kg CO_2-eq kg^{-1} ECM; Methode CML) am Beispiel der neun Fleckvieh-Produktionssysteme.

Wie Abbildung 4 zeigt, sind die effizienteren „top 20 %“ der FV-Kühe beim THP um durchschnittlich 6 % besser als die jeweiligen Herdenmittelwerte. Bei einem PS („Hügellage Maissilage Bio“) bleiben die Lebens- und Laktationsleistungen der am 100. Laktationstag effizienteren top 20 % Kühe hinter jenen der Herdendurchschnitte zurück. Damit ergibt sich

auch das Fehlen eines Vorteils der effizienteren Kühe. Bei HF-Kühen beträgt der Vorteil der top 20 % gegenüber dem Herdendurchschnitt beim THP etwa 4 % und bei BV knapp 2 %.

Das signifikant höhere THP des Heumilch-PS (siehe Abbildung 3 und Abbildung 4) beruht auf einer Kombination ungünstiger Faktoren, v.a. der geringeren Leistungen der Kühe und der rohfaserreichen, energieärmeren Ration mit höheren enterogenen CH_4-Emissionen. Zudem macht sich auch die Heugewinnung im Vergleich zur Grassilage-Werbung bemerkbar.

Das günstige Abschneiden des analysierten Bio-PS in der Ungunstlage (Abbildung 4) gründet auf sehr hohen (Lebenstags-) Milchleistungen sowie u.a. vergleichsweise geringen Emissionen der Futterbereitstellung. Hohe Laktations- und Lebensleistungen vermögen die durch den Erhaltungsbedarf und die Aufzucht bedingten Umweltwirkungen wegen der Verteilung auf eine größere Produktmenge je kg Produkt zu vermindern; dies trifft neben den Emissionen der Futterbereitstellung besonders auf die Emissionen der enterogenen Fermentation zu, die 55 bis 70 % aller THG ausmachen.

Die statistische Analyse des Rassenunterschiedes brachte Folgendes zutage: Die Treibhausgasemissionen je kg ECM der BV- und FV-Kühe im analysierten Datensatz (für Herdendurchschnitte und top 20 %) unterscheiden sich signifikant von jenen der HF-Kühe(Abbildung 5). Andere Differenzierungen wie nach der Wirtschaftsweise („konventionell“ versus „Bio“) oder der Einsatz von Maissilage vs. kein Maissilage resultieren in keinen signifikanten Unterschieden.

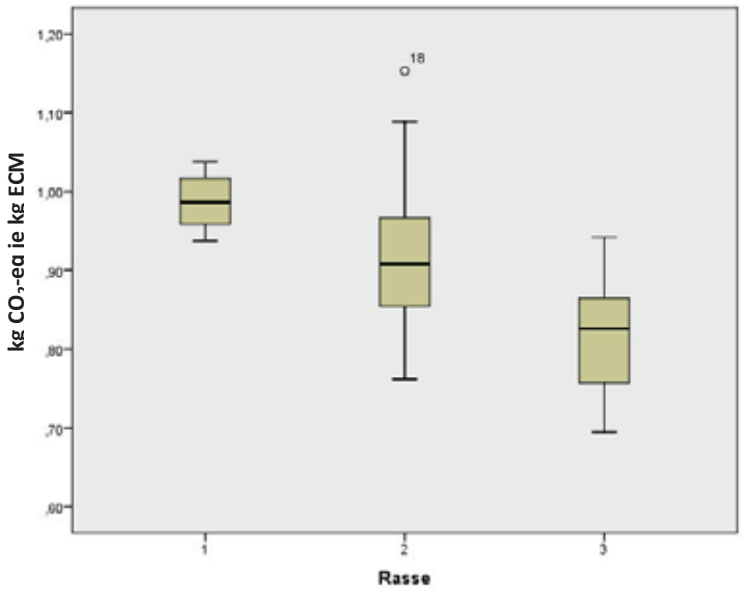


Abbildung 5: Vergleich von Treibhausgasemissionen (kg CO_2-eq kg^{-1} ECM) für die Rassen (1) Braunvieh, (2) Fleckvieh und (3) Holstein Friesian.

Je ha bewirtschafteter Nutzfläche ergeben sich mit effizienteren Kühen für einzelne PS wie auch für deren Durchschnitte nach Rassen nicht nur Vor- sondern auch Nachteile. Während sich bei BV und FV im Mittel etwa 2 % Vorteil ergeben, weisen effizientere Fleckviehkühe durchschnittlich 1,2 % Nachteil gegenüber den Herdendurchschnitten auf (einzelne PS mit 12,8 % Vorteil bis 16,4 % Nachteil).

Die statistische Analyse zeigt keinen signifikanten Unterschied des THPs zwischen dem Herdendurchschnitt und den top 20 % der Kühe. Signifikant höheres THP wurde für steigende Anteile von Maissilage und Konzentratfutter sowie – nicht signifikant – höheres THP bei einem Anstieg der Lebendmasse gefunden. Mit höherer Laktationsleistung gehen THG-Emissionen signifikant zurück.

Mit dem statistischen Modell mit den Einflussvariablen Anteil Maissilage und Konzentratfutter, Laktationsleistung und Lebendmasse lässt sich das THP relativ gut abschätzen (Bestimmtheitsmaß R^2=0,447). Der Anteil jener Ergebnisse, der durch das Modell nicht erklärt werden kann, liegt damit allerdings im Vergleich zum Modell für den Indikator FED etwas höher bei 55,3 %.

Tabelle 6: Effekte wichtiger Einflussfaktoren auf das Treibhauspotenzial (kg CO_2-eq je kg ECM; y=a+b*x).

Regressionsvariable x	a	b	P	R^2
Anteil Mais & Konzentrat-Futter, %	1,211	$5{,}71*10^{-3}$	0,005	0,447
Laktationsleistung, kg ECM		$-7{,}25*10^{-5}$	<0,001	
Lebendmasse, kg		$2{,}16*10^{-4}$	0,591	

Ergebnisse für das Eutrophierungspotenzial:

Beim Eutrophierungspotenzial (EP) je kg ECM ergibt sich ein Vorteil der effizienteren Kühe von durchschnittlich 4,2 %, der allerdings statistisch nicht signifikant ist. Wiederum wurde ein Österreich-Durchschnittswert auf Basis von statistischen Daten mit Zuhilfenahme ausgesuchter Parameter von den 18 PS (Herdendurchschnitte) ermittelt, der allerdings deutlich über allen EP-Ergebnissen der PS des EC-Datensatzes liegt. Der Grund für das günstige Abschneiden der EC-PS ist primär in deren überdurchschnittlichem Leistungsniveau zu finden. Die Herdendurchschnitte der EC-PS schneiden im Mittel 19,8 % besser, jene der top 20 %-Kühe um 23,2 % besser ab (Abbildung 6).

Höhere Auswaschungsverluste sind tendenziell auch durch hohe Ackerfutteranteile bedingt. Weil Kühe mit höherer Milchleistung mehr Ackerfuttermittel bekommen, ergibt sich bspw. kein so hoher Vorteil der top 20 %-Kühe wie für andere Indikatoren, z.B. dem PEV-fossil. Ein PS mit HF-Kühen in der Gunstlage weist entgegen dem Abnahme-Trend der Umweltwirkungen von Berg- zu Gunstlagen und von Braunvieh zu HF gar das höchste EP je kg Milch auf. Dieses PS hat aufgrund von (nur) mittel-hohen Laktationsleistungen, aber gleichzeitig hohen Konzentratfutter-Anteilen sowie mit vergleichsweise geringen Bio-Flächenerträgen je kg ECM den höchsten Ackerflächenbedarf. Für die produktbezogene Betrachtung aller 18 PS spannen die zwei HF-PS in der Gunstlage den Ergebnisbereich zwischen Minimum und Maximum auf.

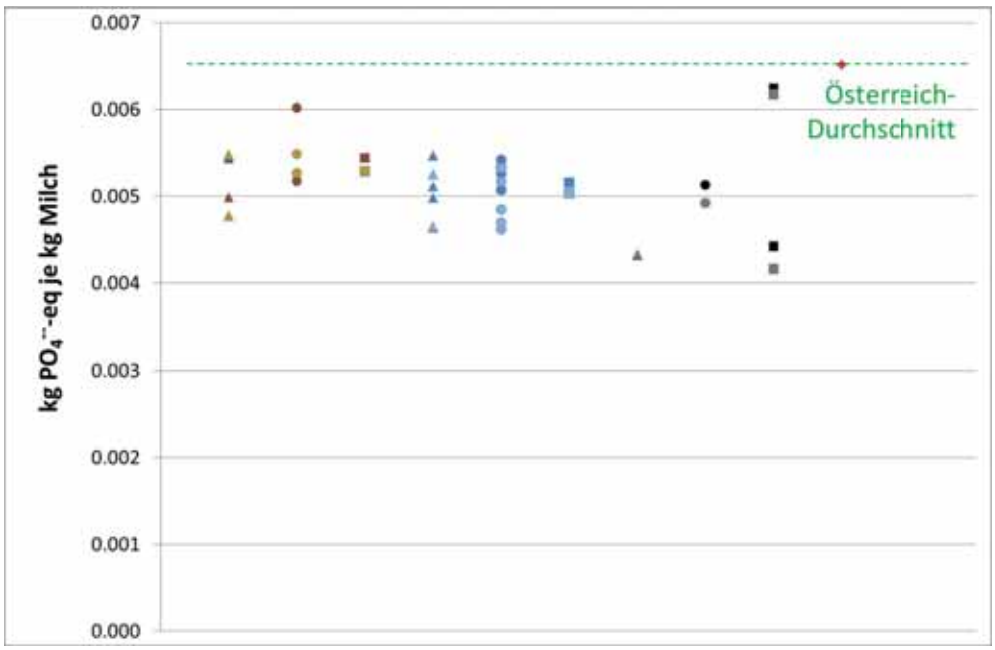


Abbildung 6: Ergebnisse für das Eutrophierungspotenzial (EP; kg $PO4^{3-}$-eq kg^{-1} ECM) für Herdendurchschnitte der 18 PS sowie deren top 20 %-Kühe. Dreiecke: PS in Ungunstlagen; Kreise: Hügellagen und begünstigteren alpinen Lagen; Rechtecke: Gunstlagen. Dunkelbraun/ hellbraun: Braunvieh Herdendurchschnitt/top 20 %; dunkelblau/hellblau: Fleckvieh Herdendurchschnitt/top 20 %; schwarz/grau: Holstein Friesian Herdendurchschnitt/top 20 %.

Je Hektar Nutzfläche sind die top 20 %-Kühe im Durchschnitt für BV und HF für EP im Vorteil (mit 2,5 % bzw. 1,2 %), für FV allerdings im Mittel wieder im Nachteil (-1,8 %). Höhere Emissionen beim EP je ha ergeben sich dadurch, weil bei einer Steigerung der Produktionseffizienz die Nährstoffausscheidungen je kg ECM nicht unbedingt zurückgehen und sie absolut gesehen ansteigen; mit geringerem Futtermittelbedarf und bei bestimmten energiedichten Futtermitteln sinkt aber der gesamte Flächenbedarf verhältnismäßig stärker. Damit steigen die potenziellen Emissionen von N und P je ha etwas an. Bio- und Heumilch-PS liegen beim EP je ha günstiger als konventionelle PS.

Die statistische Auswertung zum EP je kg ECM ergibt, dass dieses über alle Kühe des EC-Datensatzes hinweg nur von der Laktationsleistung signifikant beeinflusst wird (Tabelle 7). Die Lebendmasse der Kühe und der Anteil von Maissilage und Konzentratfutter haben keine statistisch abgesicherte Auswirkung auf das EP je kg ECM. Mit einem Bestimmtheitsmaß von ca. 0,28 kann das Modell mit den drei Parametern Anteil von Maissilage und Konzentratfutter, Laktationsleistung und Lebendmasse der Kühe die EP-Ergebnisse nicht sehr gut erklären. Die top 20 %-Kühe zeigen gegenüber den Herdendurchschnitten auch kein signifikant besseres EP.

Tabelle 7: Effekte wichtiger Einflussfaktoren auf das Eutrophierungspotenzial (mg PO_4^{3-}-eq je kg ECM; y=a+b*x).

Regressionsvariable x	a	b	P	R^2
Anteil Mais & Konzentrat-Futter, %	8762,8	4,911	0,636	0,279
Laktationsleistung, kg ECM		-0,174	0,035	
Lebendmasse, kg		-3,278	0,135	

Ergebnisse für das Versauerungspotenzial:

Beim Versauerungspotenzial je kg ECM lassen sich lediglich 2,0 % Vorteil der effizienteren top 20 %-Kühe finden, weil laut zugrundeliegenden Berechnungen die N-Ausscheidungen je kg Milch über den Lebenszyklus gerechnet mit höheren Leistungen nicht unbedingt zurückgehen und die daraus resultierenden NH_3- und NO_X-Emissionen dem positiven Effekt des effizienteren Futterverbrauchs entgegenwirken.

Primär durch das generell hohe Leistungspotenzial der Kühe im EC-Datensatz bedingt, liegen die VPe für die Herdendurchschnitte mit -31,8 % und für die top 20 %-Kühe mit -33,2 % weit unter jenem für den Durchschnitt Österreichs. Besonders für das VP, aber auch für andere Umweltwirkungen gilt, dass Vorteile für die top 20 %-Kühe geringer ausfallen, je geringer (besser) das allgemeine Niveau der Umweltwirkungen bereits ist (Abbildung 7).

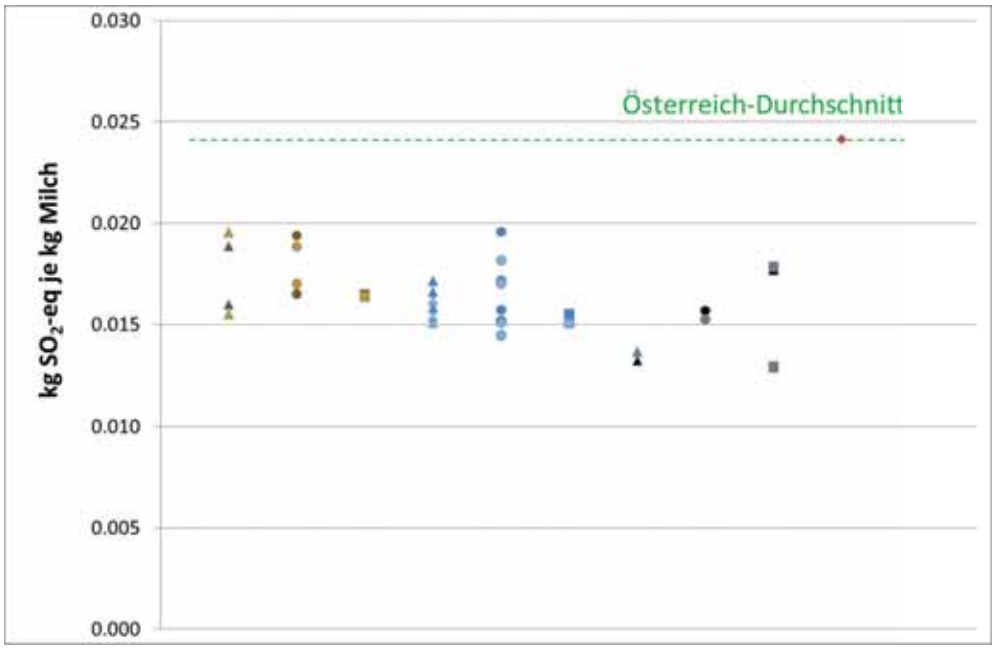


Abbildung 7: Ergebnisse für das Versauerungspotenzial (kg SO_2-eq kg^{-1} ECM) für Herdendurchschnitte der 18 PS und deren top 20 %-Kühe. Dreiecke: PS in Ungunstlagen; Kreise: Hügellagen und begünstigteren alpinen Lagen; Rechtecke: Gunstlagen. Dunkelbraun/hellbraun: Braunvieh Herdendurchschnitt/top 20 %; dunkelblau/hellblau: Fleckvieh Herdendurchschnitt/top 20 %; schwarz/grau: Holstein Friesian Herdendurchschnitt/top 20 %.

Die statistische Auswertung in Tabelle 8 gibt für das VP wieder, dass dieses mit dem aufgestellten Modell sehr gut (R^2=0,716) und vorrangig durch den Einflussfaktor Laktationsleistung erklärt werden kann. Eine (gerade noch) signifikante Auswirkung auf das

VP kommt auch der Lebendmasse der Kühe zu: wenn diese ansteigt, geht laut statistischem Modell das VP zurück. Dieser Effekt scheint indirekt zu wirken und dadurch begründet, dass schwerere Kühe auch tendenziell höhere Leistungen erzielen. Der Effekt einer Steigerung von Maissilage und Konzentratfutter auf das VP erscheint vergleichsweise groß, ist allerdings nicht signifikant.

Tabelle 8: Effekte wichtiger Einflussfaktoren auf das Versauerungspotenzial (mg SO_2-eq je kg ECM; y=a+b*x).

Regressionsvariable x	a	b	P	R^2
Anteil Mais & Konzentrat-Futter, %	31304,0	-30,465	0,211	0,716
Laktationsleistung, kg ECM		-0,791	<0,001	
Lebendmasse, kg		-10,113	0,050	

Ergebnisse für den Konzentratfutter-Ackerflächenbedarf:

Der Konzentratfutter-Ackerflächenbedarf (KAFB) je kg ECM (siehe Abbildung 8) wird – wie im Indikatornamen angesprochen – vorrangig durch die Menge an Konzentratfutter je kg ECM definiert. Die Zusammensetzung des Konzentratfutter-Gemenges und der jeweilige Flächenbedarf der spezifischen Futtermittel weisen auch eine Auswirkung auf. Diese wurde jedoch mit den unterstellten Konzentratfutter-Gemengen nur zwischen konventioneller und biologischer Wirtschaftsweise differenziert.

Dass sich trotz geringeren Flächenertrags und somit höheren Flächenbedarfs Bio-PS unter jenen mit dem geringsten KAFB liegen, unterstreicht, welchen geringen Konzentratfutter-Aufwand je kg ECM manche Bio-PS haben. Das Heumilch-PS weist mit Abstand den geringsten KAFB auf. Bei den „top 20 %"-Kühen mit im Mittel der 18 PS einem um 8,3 % geringeren KAFB gegenüber den Herdendurchschnitten reduzieren besonders die Bio-PS in der Hügellage ihren KAFB überdurchschnittlich und kommen annähernd an die Ergebnisse der Heumilchbetriebe heran.

Im Vergleich zu Ergebnissen für die durchschnittliche Milch aus Österreich liegt der KAFB der meisten PS des EC-Datensatzes deutlich höher (+23,8 % für den mittleren Herdendurchschnitt und +13,6 % für die top 20 % der Kühe). Dies ist damit zu erklären, dass die im EC-Datensatz abgebildeten Betriebe auch deutlich höhere Laktationsleistungen als der Österreich-Durchschnitt aufweisen. Die effizienteren Kühe schneiden günstiger ab, nicht aber weil deren Konzentratfutter-Mengen geringer sind, sondern weil die Laktationsleistungen der top 20 %-Kühe deutlich höher ausfallen.

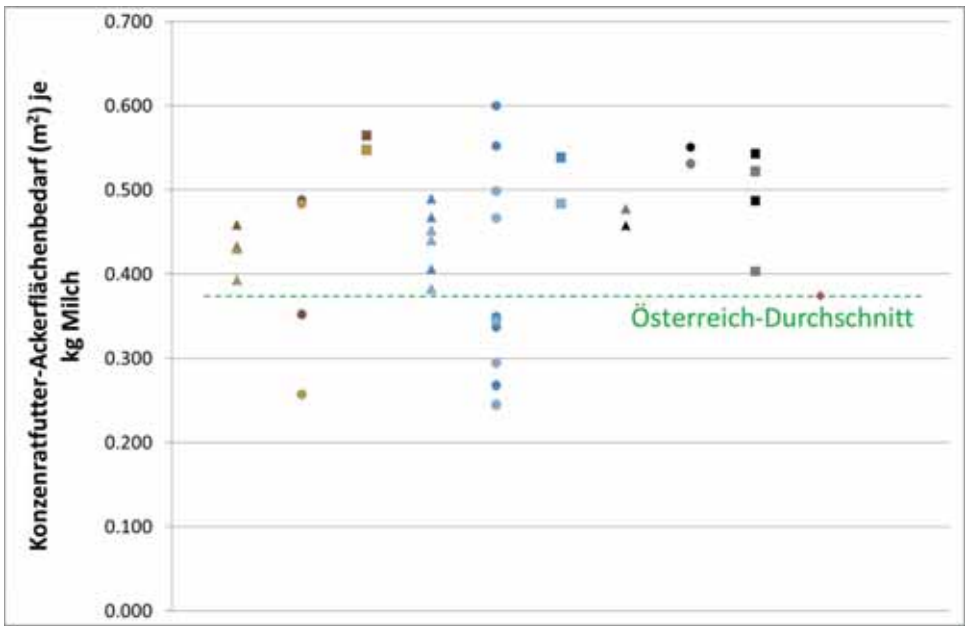


Abbildung 8: Ergebnisse für den Konzentratfutter-Flächenbedarf (m^2 kg^{-1} ECM) für Herdendurchschnitte der 18 PS und deren top 20 %-Kühe. Dreiecke: PS in Ungunstlagen; Kreise: Hügellagen und begünstigteren alpinen Lagen; Rechtecke: Gunstlagen. Dunkelbraun/hellbraun: Braunvieh Herdendurchschnitt/top 20 %; dunkelblau/hellblau: Fleckvieh Herdendurchschnitt/top 20 %; schwarz/grau: Holstein Friesian Herdendurchschnitt/top 20 %.

Die statistische Auswertung zum KAFB stellt dar, dass die die Effizienz dominierenden Einflussfaktoren Laktationsleistung und Lebendmasse kaum eine direkte Auswirkung auf den KAFB haben (Tabelle 9). Eine weitere, in Tabelle 9 nicht dargestellte Analyse des Zusammenhangs von Laktationsleistung und der abhängigen Variable Anteile von Maissilage und Konzentratfutter weist mit einem Bestimmheitsmaß von 0,59 darauf hin, dass ein Effekt der Laktationsleistung auf den KAFB über die von der Leistungshöhe determinierte Rationszusammensetzung besteht.

Tabelle 9: Effekte wichtiger Einflussfaktoren auf den Konzentratfutter-Ackerflächenbedarf (m2 je kg ECM; y=a+b*x)

Regressionsvariable x	a	b	P	R^2
Anteil Mais & Konzentrat-Futter, %	0,007	0,0061	<0,001	0,708
Laktationsleistung, kg ECM		0,000	0,393	
Lebendmasse, kg		$8,95*10^{-6}$	0,365	

<u>Ergebnisse für Herdendurchschnitte und effizientere Kühe im Vergleich mit internationalen und nationalen Studien</u>

Für einen Vergleich mit weiteren nationalen Ergebnissen wurde die Studie „Nachhaltige Milch“ (Hörtenhuber et al. 2013) verwendet. Die Ergebnisse der beiden Studien sind aufgrund anderer Berechnungsmethoden nur bedingt vergleichbar. Dennoch zeigt sich bei einigen Indikatoren eine gute Übereinstimmung.

Der PEV-fossil zeigt nach Hörtenhuber et al. (2013) eine Spannweite von ca. 1,4 bis 3,3 MJ je kg ECM. Die konventionellen EC-Betriebe weisen dagegen ca. 1 bis 1,5 MJ je kg ECM auf, die biologisch bewirtschafteten nur 0,8 bis knapp 1,0 MJ. Die geringen Verbrauchswerte der vorliegenden Studie lassen sich mit anderer Datenherkunft und dem Zugang zu deren Beschaffung erklären: In Hörtenhuber et al. (2013) wurde der PEV-fossil mittels Primärdaten von Betrieben abgeleitet und dabei eher höhere Anteile dem Betriebszweig Milcherzeugung zugerechnet, weil vom Gesamtbedarf über GVE und Flächen für andere Betriebszweige nur der jeweilige Bedarf abgezogen wurde, der Rest des PEV-fossils aber der Milcherzeugung zugerechnet wurde. Die vorliegende Arbeit verwendete einen Zugang der Modellierung, der je kg Milch einen typischen Energiebedarf unterstellt, der allerdings den praxisüblichen Bedarf der Milcherzeugung teilweise unterschätzen dürfte (siehe auch Hörtenhuber et al. 2013 im Vergleich zu Hörtenhuber et al. 2010). Im Ländervergleich weist durchschnittliche österreichische Milch allerdings auch den mit Abstand den geringsten Energieeinsatz auf (Leip et al. 2010).

Beim THP liegen die Ergebnisse dieser Arbeit in einem Bereich von ca. 0,7 bis 1,15 kg CO_2-eq je kg ECM. Hörtenhuber et al. (2013) fanden mit etwa 0,8 bis 1,4 kg CO_2-eq je kg ECM eine ähnliche Spannweite von Werten. Auch hierzu zeigen Leip et al. (2010) geringe THG-Emissionen der österreichischen Milcherzeugung im EU-Vergleich. Der Grund dafür liegt in hohen Anteilen der Futter-Eigenproduktion und hohen Rationsanteilen vom hofeigenen Grünland; dies bedingt zwar vergleichsweise hohe Emissionen aus der enterogenen Fermentation, aber sehr geringe THG-Emissionen der Futterbeschaffung (inkl. des Aspekts Landnutzungsänderungen; Leip et al. 2010).

Beim VP fanden sich in Hörtenhuber et al. (2013) zwischen 8 und 20 g SO_2-eq je kg ECM, in der vorliegenden Studie etwa 13 bis 20 g. Ein etwas höheres VP der EC-Betriebe ist aufgrund des unterstellten Güllesystems plausibel. Der Unterschied zwischen den Studien ist zudem nicht groß. Nach Danish Agriculture & Food Council (2015; auf Basis von Daten aus FAO (s.a.) und EEA (s.a.)) liegen die versauernden Emissionen für die Rohmilcherzeugung in Österreich im internationalen Mittelfeld.

Beim EP resultierten in der Studie „Nachhaltige Milch“ 4,5 bis 34,1 g N-eq je kg ECM, hierin 4,1 bis 6,3 g. Die Ergebnisse der beiden Studien sind aufgrund anderer Berechnungsmethoden zum Auswaschungspotenzial eigentlich nicht gut vergleichbar. Für Österreich (Leip et al. 2011, BMLFUW/UBA 2006) scheint Nitrat ein vergleichsweise geringeres Problem für Wasser darzustellen.

Beim KAFB wurden im Vergleich zu den Betrieben der Studie „Nachhaltige Milch“ (Hörtenhuber et al. 2013; 0,4 bis 0,9 m^2 je kg ECM) eher günstige Ergebnisse für die EC-Betriebe mit ca. 0,25 bis 0,6 gefunden. Ein Grund für den Unterschied scheint in den höheren Milchleistungsniveaus der EC-Betriebe mit effizienterer Milcherzeugung (auch für die Herdendurchschnitte) zu liegen. Für einen Ländervergleich liegen zum KAFB keine vergleichbaren Daten vor.

Wichtigste beeinflussende Parameter:

Der Futterbedarf je kg ECM, wie er für die Herdenmittel und die top 20 %-Kühe der 18 PS abgeschätzt wurde, stellt sich als bedeutendste Größe für die meisten der betrachteten Indikatoren heraus. Eine größere benötigte Futtermenge verursacht höheren PEV-fossil, höhere Emissionen aus enterogener Fermentation und der Futterbereitstellung (siehe THP) sowie höhere Emissionen an N- und C-Verbindungen im Wirtschaftsdünger (siehe EP und VP). Der Futterbedarf ist dabei u.a. von der Laktationsleistung abhängig.

Wenn bei gleicher Haltungsumwelt und ähnlich nährstoffdichten Rationen viele Stellgrößen schon in Richtung effizienter Milcherzeugung optimiert sind, kann in erster Linie noch der gesamte Erhaltungsbedarf je Produktmenge (Milch und Fleisch) und Lebenstag verändert werden. Dies kann einerseits durch hohe Laktationsleistungen und Lebensleistungen erreicht werden. Andererseits wirkt sich auch ein verminderter Nährstoffbedarf für die Aufzucht (d.h. geringeres Erstkalbealter) bei gleichzeitig nicht zu geringer Lebensleistung (d.h. ausreichend langer Nutzungsdauer) günstig aus. Des Weiteren führt eine hohe Lebendmasse der Tiere zu erhöhtem Erhaltungsbedarf, weshalb leichtere Kühe tendenziell günstigere Umweltwirkungen aufweisen. Allerdings zeigen – zumindest hinsichtlich des THPs – PS mit höheren Kuh-Lebendmassen signifikant höhere Differenzen von top 20 %-Kühen vs. Herdendurchschnittstieren. Wenn also das Leistungspotenzial stärker als die Lebendmasse der Tiere bzw. deren Erhaltungsbedarf ansteigt, können bei produktbezogener Bewertung größere und schwerere Kühe besser abschneiden. Umgekehrt gilt, dass die Umweltwirkungen ansteigen, wenn ein höheres Leistungspotenzial der Kühe mit überproportional hoher Lebendmasse einhergeht. Wie eine einfache Abschätzung auf Basis der Durchschnittskuh aller 18 PS (mit knapp 700 kg Lebendmasse und einer Laktationsleistung von knapp 8.600 kg Milch je 390 Tage) über den gesamten Lebenszyklus (d.h. inkl. Aufzucht und Koppelprodukt Fleisch) zeigt, braucht eine 100 kg schwerere Kuh eine um etwa 800 kg höhere Laktationsleistung, um den Futterenergie-Mehrbedarf je kg ECM für die Erhaltung zu kompensieren. (LT. Gruber: siehe Diskussion bei AP2 und AP3; 832 kg ECM/kg ECM, Gruber 2013).

In der Regel erhalten die top 20 % der Kühe für ihre effizientere Umwandlung von Futter in Milch und Fleisch deutlich energie- und nährstoffdichteres Futter. Allerdings steht zu vermuten, dass ein Teil des hier gefundenen Vorteils effizienterer Kühe bei gleichen Futterrationen nicht realisierbar wäre. Leistungsdifferenzen sind keine ausschließliche Funktion der Genetik, sondern stehen mit der Fütterung in engem Zusammenhang. So bekommen die Herdendurchschnittskühe der 18 PS im Mittel etwa 6 % weniger Konzentratfutter als die top 20 %-Kühe.

Effekte der Effizienzsteigerung in Abhängigkeit von Lage, Wirtschaftsweise, Grundfutter, Rasse und Lebendmasse

Die Vorteile der top 20 %-Kühe der 18 PS versus deren Herdendurchschnitte zeigen keine Unterschiede in den Umweltwirkungen nach wichtigen Kenngrößen der PS. Weder die Differenzierung nach Lage (Berg, Hügel- und Gunstlage), nach biologisch bzw. konventionell wirtschaftend, noch die Futtergrundlage nach Mais- und/oder Grassilage vs. silagefrei zeigt signifikante Unterschiede. Lediglich nach Rassen ergeben sich für das THP signifikante Unterschiede (Abbildung 3, Abbildung 5, Abbildung 9): Für die PS, in denen BV gehalten wird, werden die höchsten Emissionen bei gleichzeitig geringstem (absoluten) Minderungspotenzial (d.h. Differenz zwischen top 20 %-Kühe und ihrem Herdendurchschnitt) errechnet. Umgekehrt bestehen die höchsten Einsparungsmöglichkeiten in den PS mit FV, die ein mittleres Ausgangs-Niveau bezüglich THP aufweisen. Mittlere bis geringe Minderungspotenziale weisen auch HF-Kühe mit der geringsten THP-Ausgangsbasis auf (siehe Abbildung 3, Abbildung 5, Abbildung 9).

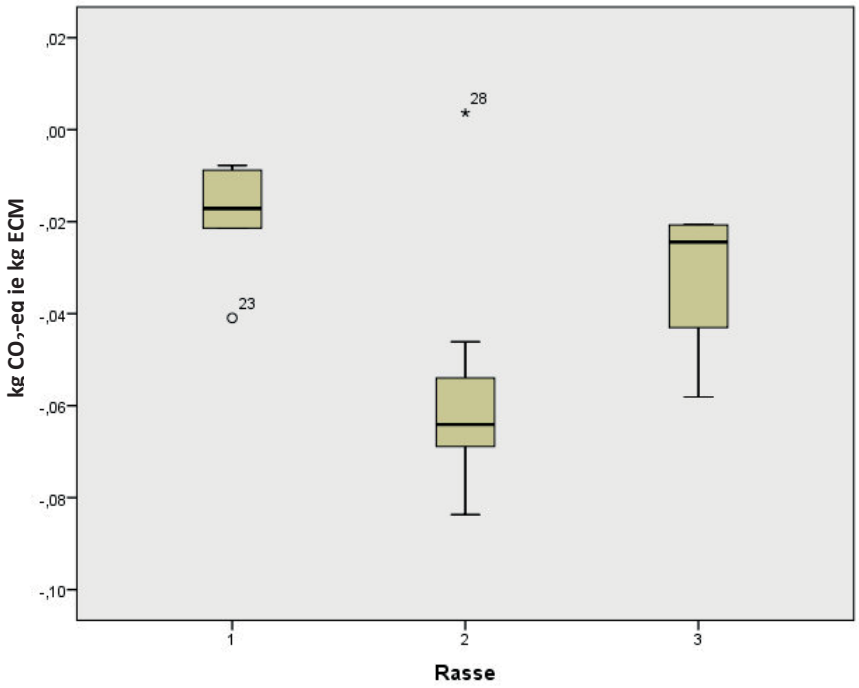


Abbildung 9: Absolute Differenzen des Treibhauspotenzials von top 20 %-Kühen versus Herdendurchschnitten, differenziert nach Rassen: (1) Braunvieh, (2) Fleckvieh, (3) Holstein Friesian; je stärker negativ die Differenz, desto höher ist der Vorteil der top 20 %-Kühe

Aufgrund der obigen Analysen ist festzuhalten, dass eine Steigerung der Laktationsleistung nur unter bestimmten Voraussetzungen zum Ziel der Zucht effizienterer Kühe und damit zur Reduktion produktbezogener Umweltwirkungen beiträgt: durch optimales Management muss sichergestellt werden, dass die Lebensleistung und die Nutzungsdauer der Kühe bei ansteigender Leistung nicht zurückgehen.

Limitationen der angewendeten Methodik und Daten sowie weiterer Forschungsbedarf

a) Die angewendete Ökobilanzmethode („attributional LCA“) mit Ergebnissen je kg Milch (ECM), die mittels Allokation um Umweltwirkungen des Koppelprodukts Fleisch (von Altkuh und Kälbern) bereinigt sind, bietet Vor- und Nachteile. Ein alternativer Zugang wäre die Methode „consequential LCA“, die ein zu analysierendes System um Koppelprodukte erweitert (siehe Zehetmair et al. 2012). Der Vorteil der einfacheren Berechnung aufgrund des deutlich geringeren Datenbedarfs des verwendeten attributional LCA-Ansatzes wird vom Nachteil begleitet, dass die Menge des zusätzlich bei der Milcherzeugung anfallenden Rindfleisches nur indirekt berücksichtigt ist. Damit ist zwar die Vergleichbarkeit zwischen durchschnittlichen und effizienteren Kühen gegeben, es erfolgt aber keine vollumfängliche und präzise Bewertung des Gesamtsystems „Milch und Rindfleisch“. Eine solche wurde zwar von verschiedenen Stakeholdern als wünschenswert erachtet, adressiert aber eine andere Problemstellung als die des vorliegenden Projektes und könnte in einer eigenständigen Untersuchung erfolgen. Würde diese zusätzlich zum hier gewählten Zugang auch die effiziente Rindfleischerzeugung im Focus haben, dann sollte ein consequential LCA-Ansatz mit Systemerweiterung gewählt werden (siehe Zehetmair et al. 2012). Ist das Ziel allerdings – wie in der vorliegenden Arbeit – die Auswirkungen unterschiedlicher Effizienzen der Milcherzeugung detailliert zu erfassen ohne die Systeme Mutterkuhhaltung, Stier- und Ochsenmast oder Mastkalbinnen mitzubewerten, ist der gewählte attributional LCA-Ansatz gerechtfertigt.

b) Konzentratfutter-Gemenge – Primärdaten versus Modellannahmen unter Verwendung von Sekundärdaten: Abgesehen von der zum Zeitpunkt der Durchführung der Bewertung fehlenden Verfügbarkeit von Primärdaten erlauben vereinheitlichte Konzentratfutter-Gemenge eine bessere Vergleichbarkeit der betrachteten PS. Betriebsspezifika könnten in der Stichprobe der Projektbetriebe zu einer systematischen Verzerrung führen, was durch die gewählte Vorgangsweise vermieden wurde. Im Fokus der Analyse der vorliegenden Arbeit steht die Variation von Parametern, die die Effizienz direkt beeinflussen, z.B. Milchleistungen oder Lebendmassen, nicht die Variation des eingesetzten Konzentratfutters. Insofern macht es Sinn, jene Faktoren, welche die Effizienz wenig beeinflussen, konstant zu belassen. Dies gilt besonders, wenn diese einen großen Impact auf Umweltwirkungen haben, wie das bspw. für Emissionen von Landnutzungsänderungen gilt, die u.a. mit dem Rationsanteil von Sojaextraktionsschrot und dessen Herkunft stark variieren können. Ebenso wurden auch bei der Abschätzung der Konzentratfutter-Aufnahme alle PS entsprechend gleich behandelt und nicht unterschiedliche Konzentratfutter-Energiedichten unterstellt. Nachdem keine Kühe von Einzelbetrieben, sondern Kühe von PS, d.h. ähnlichen Betriebsgruppen, bewertet wurden, ist die Abkehr von Primärdaten auch aus dieser Perspektive zu rechtfertigen.

Für eine Bewertung konkreter Einzelbetriebe wären jedoch Primärdaten zu erheben, da konkrete Faktorkombinationen (bspw. Art, Anteil und Herkunft von Futtermitteln mit potenziell hohen Umweltwirkungen, Leistungsniveau der Herde und Grad der Optimierung des Fütterungsmanagements, etc.) für den Einzelbetrieb zu substanziellen Abweichungen von den Ergebnissen für regionaltypische Produktionssysteme (die letztlich aggregierte Werte von einer größeren Anzahl an Einzelbetrieben darstellen) führen können.

c) In ähnlicher Weise wurde auch die Ausgestaltung der Wirtschaftsdüngersysteme nicht betriebsspezifisch bewertet, sondern für alle Betriebe ein Güllesystem unterstellt. Dies herrscht zwar auf den meisten Betrieben des EC-Datensatzes vor und dient der Bewertung der Milcherzeugung mit unterschiedlich effizienten Kühen auf Modellbetrieben, für eine Bewertung von konkreten Einzelbetrieben sollte diese Vereinheitlichung allerdings nicht erfolgen.

d) Es ist zu diskutieren, inwiefern die Selektion der top 20 %-Kühe auf Basis der je MJ NEL erzeugten Menge an ECM am 100. Laktationstag die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit beeinträchtigt. In einer Folgestudie könnten weitere Parameter überprüft werden, um die effizienteren Kühe auszuwählen. Eventuell würde sich dann auch eine höhere Differenz zwischen den Ökobilanzen der Herdendurchschnitte und der top 20 %-Kühe feststellen lassen. Bei manchen Parametern wie der Laktationsleistung und manchen PS waren die als effizienter definierten Kühe jedenfalls nicht überlegen, wie es zu erwarten gewesen wäre.

e) Die im Rahmen des Projektes „Efficient Cow“ erfolgte Analyse von Umweltwirkungen konzentrierte sich auf ausgewählte Indikatoren der ökologischen Dimension von Nachhaltigkeit. In Folgeprojekten könnten auch die Auswirkungen unterschiedlich effizienter Kühe auf weitere ökologische sowie ökonomische, soziale und ethische Aspekte (einschließlich „Guter Betriebsführung“, siehe SAFA-Richtlinien, FAO 2013) ausgeweitet werden.

11.6 Schlussfolgerungen

Wenn die beurteilten Umweltwirkungen auf die produzierte Menge Milch bezogen werden, weisen effizientere Kühe (gemessen an der Milchproduktion relativ zur aufgenommenen Futterenergie) durchwegs Vorteile auf. Am stärksten ausgeprägt sind diese Vorteile für die Indikatoren *Konzentratfutter-Ackerflächenbedarf* (durchschnittlich -8,3 %) und den *Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie* (-7,4 %). Für das *Treibhausgaspotenzial*, das *Eutrophierungs-* und das *Versauerungspotenzial* weisen die effizienteren Kühe dagegen geringere Vorteile (-4,3 %, -4,2 % bzw. -2,0 %) auf.

Bei Bezug der Umweltfolgen je Hektar bewirtschaftetes Land können die effizienteren Kühe für einige Umweltwirkungen nachteilig sein. Diese Ergebnisse sind allerdings von relativ konstanten Hintergrundemissionen überlagert, die sich nicht proportional zu den Änderungen in Leistung bzw. Futterbedarf verhalten.

Biologisch bewirtschaftete Produktionssysteme weisen mit wenigen Ausnahmen beim Treibhausgaspotenzial insgesamt eher günstige Umweltwirkungen auf.

Je geringer die Umweltwirkungen der Milchproduktion mit durchschnittlichen Kühen liegen, desto schwieriger sind Verbesserungen durch Einsatz effizienterer Kühe zu erreichen. Im Vergleich zu anderen nationalen bzw. internationalen Untersuchungen schneiden die hier untersuchten Produktionssysteme insgesamt gut ab.

Die wichtigsten Einflussfaktoren für abnehmende Umweltwirkungen sind die Laktations- und Lebensleistungen, die Rationsanteile an Maissilage und Kraftfutter, sowie – untergeordnet – die Lebendmasse der Kühe: Die Ökobilanz wird günstiger, wenn Laktations- und

Lebensleistungen überdurchschnittlich ausfallen, d.h. ein geringerer Futterbedarf je kg ECM über den Lebenszyklus besteht, wenn die Lebendmasse bei ähnlicher Leistung geringer ist und wenn Emissionen der Futterbereitstellung geringer sind.

Aus Sicht der Umweltwirkung der Milcherzeugung ist eine Zucht auf Produktionseffizienz daher zu begrüßen, solange nicht Lebensleistung und Nutzungsdauer dadurch beeinträchtigt werden.

11.7 Meilensteine

Aus diesem Arbeitspaket liegen Ergebnisse zur Abschätzung der Potentiale von Einsparungen durch Zucht auf Effizienz-Merkmale unter österreichischen Produktionsbedingungen zu folgenden Fragestellungen vor:

- Ergebnisse für den Verbrauch nicht erneuerbarer (fossiler) Primärenergie
- Ergebnisse für das Treibhauspotenzial
- Ergebnisse für das Eutrophierungspotenzial
- Ergebnisse für das Versauerungspotenzial
- Ergebnisse für den Konzentratfutter-Ackerflächenbedarf
- Ergebnisse für die Herdendurchschnitte und effizientere Kühe im Vergleich mit internationalen und nationalen Studien
- Wichtigste beeinflussende Parameter
- Effekte der Effizienzsteigerung in Abhängigkeit von Lage, Wirtschaftsweise, Grundfutter, Rasse und Lebendmasse
- Limitationen der angewendeten Methodik und Daten sowie weiterer Forschungsbedarf

11.8 Literatur

Anderl M., Freudenschuß A., Haider S., et al., 2014. Austria´s National Inventory Report 2014. Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and under the Kyoto Protocol. Wien. ISBN: 978-3-99004-280-9, 840 S.

Anderl M., Haider S., Jobstmann H., et al., 2014. Austria´s Informative Inventory Report (IIR) 2014. Submission under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Wien. ISBN: 978-3-99004-279-3, 367 S.

Anderl M., Lampert C., Moosmann L., et al., 2015. AUSTRIA'S ANNUAL AIR EMISSION INVENTORY 1990-2013. Submission under National Emission Ceilings Directive 2001/81/EC. Wien. ISBN: 978-3-99004-312-7, 42 S.

BMLFUW/UBA (Bundesministerium für Land-, Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft / Umweltbundesamt, Hrsgb), 2006. Wassergüte in Österreich – Jahresbericht 2006.

Danish Agriculture & Food Council, 2015. Danish dairy farmers have top performance with regards to ammonia emissions. http://www.agricultureandfood.dk/Prices_Statistics/Environment/Danish_dairy_farmers_have_top_performance_with_regards_to_ammonia_emissions.aspx (zuletzt verwendet am 2015-08-15)

Ecoinvent, 2014. Ecoinvent data v 3.1. Dübendorf, Switzerland.

FAO, 2014. The Sustainability Assessment of Food and Agriculture systems (SAFA) Guidelines - Version 3.0. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy.

Guinée, J.B., Gorrée, M., Heijungs, R., Huppes, G., Kleijn, R., de Koning, A., van Oers, L., Wegener Sleeswijk, A., Suh, S., Udo de Haes, H.A., de Bruijn, H., van Duin, R., Huijbregts, M.A.J., 2002. Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards. I: LCA in perspective. IIa: Guide. IIb: Operational annex. III: Scientific background. Kluwer Academic Publishers, ISBN 1-4020-0228-9, Dordrecht, 2002, 692 pp.

Hörtenhuber, S., Lindenthal, T., Amon, B., Markut, T., Kirner, L., Zollitsch, W., 2010. Greenhouse gas emissions from selected Austrian dairy production systems: model calculations considering the effects of land use change. Renewable Agriculture and Food Systems 25 (4), 316-329.

Hörtenhuber, S., Lindenthal, T., Zollitsch, W., 2011. Reduction of greenhouse gas emissions from feed supply chains by utilizing regionally produced protein sources - the case of Austrian dairy production. Journal of the Science of Food and Agriculture 91, 1118-1127.

Hörtenhuber, S., Kirner, L., Neumayr, C., Quendler, E., Strauss, A., Drapela, T., Zollitsch, W. (2013): Integrative Bewertung von Merkmalen der ökologischen, ökonomischen und sozial-ethischen Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Produktionssysteme am Beispiel von Milchproduktionssystemen. (Integrative evaluation of ecological, economical and social sustainability aspects in agricultural production systems - the case of dairy production.) Endbericht ans BMLFUW. 230 S. https://www.dafne.at/prod/dafne_plus_common/attachment_download/81713ab42185809ab7dded240e0c4278/Endbericht_Nachhaltige_Milch_final.pdf (zuletzt verwendet am 2016-11-16)

IBM Corp., 2012. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY.

IBM Corp., 2015. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 24.0. Armonk, NY.

IPCC (International Panel on Climate Change). 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/ Accessed 25 May 2016.

Kirchgeßner, M., Windisch, W., Müller, H.L., 1995. Nutritional factors for the quantification of methane production. In W.V. Engelhardt, S. Leonhard-Marek, G. Breves, and D. Giesecke (Hrsg): Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction. Proceedings of the VIII International Symposium on Ruminant Physiology. p. 333–348.

Ledinek M., Gruber L., Steininger F., Fürst-Waltl B., Zottl K., Royer M., Krimberger K., Mayerhofer M., Egger-Danner C., 2016. Efficient Cow – Estimation of feed intake for

efficiency traits using on-farm recorded data. 24th International Symposium Animal Science Days, Sept. 21-23, Ptuj, Acta Agriculturae Slovenica, Supplement 5, 71–75.

Leip, A., Weiss, F., Wassenaar, T., Perez, I., Fellmann, T., Loudjani, P., Tubiello, F., Grandgirard, D., Monni, S., Biala, K., 2010. Evaluation of the livestock sector's contribution to the EU greenhouse gas emissions (GGELS) – final report. European Commission, Joint Research Centre. http://ec.europa.eu/agriculture/analysis/external/livestockgas/full_text_en.pdf (2015-08-17)

Leip, A., Britz, W., Weis, F., de Vries, W., 2011. Farm, land, and soil nitrogen budgets for agriculture in Europe calculated with CAPRI. Environmental Pollution 159, 3243-3253

Steininger F., Ledinek M., Gruber L., Fuerst-Waltl B., Zottl K., Egger-Danner C., 2016. Recording of feed efficiency under on-farm conditions. [EAAP 2016 - 67th Annual Meeting of the Federation of Animal Science, Belfast, AUG 29 - SEP 2, 2016] In: Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, Book of Abstracts of the 67th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science, 648; ISBN: 978-90-8686-284-9.

Zehetmeier, M., Baudracco, J., Hoffmann, H., Heißenhuber, A., 2012. Does increasing milk yield per cow reduce greenhouse gas emissions? A system approach. Animal 6(1), 154-166. doi: 10.1017/S1751731111001467.

11.9 Publikationen

Hörtenhuber, S., Steiniger, F., Zollitsch, W., 2016. Umweltwirkungen der Milcherzeugung mit unterschiedlich effizienten Kühen. In: Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel-, Veterinär- und Agrarwesen (ALVA), Eiweißpflanzen - Strategien und Chancen für Landwirtschaft und Industrie - ALVA Jahrestagung 2016; ISBN: 1606-612X. [Jahrestagung 2016 der ALVA (Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel-, Veterinär- und Agrarwesen), Klagenfurt, Mai 30-31].

Hörtenhuber S., Steiniger F., Zollitsch W.,2016. "Antworten der Rinderproduktion auf Herausforderungen in Umwelt- und Klimaschutz." [Lange Nacht der Forschung, 22.04.2016. Oö. Besamungsstation GmbH, Hohenzell.]

Hörtenhuber S., Zollitsch W., 2016. Der Beitrag von Wiederkäuern zur Ernährung und zu Nachhaltiger Entwicklung. [Poster] Lange Nacht der Forschung, APR 22, 2016, Hohenzell, AUSTRIA.

Hörtenhuber S., Zollitsch W., 2016. Die Kuh als „Klimakiller“? - Effekte der Produktionseffizienz der Kühe auf die Treibhausgasemissionen der Milcherzeugung. [Poster] Lange Nacht der Forschung, APR 22, 2016, Hohenzell, AUSTRIA.

Hörtenhuber S., Zollitsch W., (2016): Grundlagen zur globalen Klimaerwärmung und zu Klimawandelfolgen für die Tierhaltung. [Poster] Lange Nacht der Forschung, APR 22, 2016, Hohenzell, AUSTRIA.

12 Arbeitspaket 8: Projektmanagement und partizipative Entwicklung

Durch die Komplexität des Projektes, seitens der beteiligten Partner aber auch der zu erfassenden Daten, war speziell bei der Vorbereitung als auch während der Datenerfassung auf den Betrieben eine sehr enge Zusammenarbeit mit großem Abstimmungsbedarf notwendig. Zu Beginn der Datenerhebung wurde wöchentlich am Dienstag um 8:30 eine Online-Konferenz mit den Verantwortlichen aus den Bundesländern zur Umsetzung des Projektes durchgeführt. Das war wichtig, damit Fragen, die sich bei der praktischen Umsetzung stellten, besprochen und eine einheitliche Vorgangsweise festgelegt werden konnte. Im Laufe des Erhebungsjahres vergrößerte sich das Intervall der Abstimmungssitzungen dann auf 2 Wochen bzw. 3-4 Wochen im Herbst 2014.

Um die Motivation der Landwirte trotz des sehr großen Aufwandes zu erhalten, war und ist es wichtig, dass die Landwirte auch einen direkten Nutzen aus dem Projekt ziehen können. Sie hatten die Chance neue Managementwerkzeuge wie Lahmheitsscoring, BCS-Erhebung, Ketotests kennenlernen zu können oder auch eine Fütterungsberatung seitens der Landwirtschaftskammer in Anspruch zu nehmen. Die Landwirtschaftskammern waren ursprünglich nicht direkte Projektpartner. Das wurde aber im laufenden Projektjahr geändert. Es zeigte sich, dass eine sehr enge Zusammenarbeit mit Beratern der Landwirtschaftskammern nicht nur für die Fütterungsberatung der EC-Betriebe, sondern auch für die Konzeption und Entwicklung von Managementwerkzeugen für die Betriebe sehr wertvoll war. Des Weiteren konnten so auch besser Fragen der Beratung im Projekt berücksichtigt werden. Ein Beispiel ist das Anfüttern, das auf Anregung von Vertretern der Landwirtschaftskammern miterfasst wurde.

In Zusammenarbeit mit Experten der Landwirtschaftskammern, der Landeskontrollverbände und der Projektpartner wurden Benchmarks für das Herdenmanagement ausgearbeitet (AP1). Von den teilnehmenden Landwirten wurden mittels Fragebogenumfrage ihre Erwartungen an Fragestellungen und erwarteten Antworten aus dem Projekt erhoben.

Synergien der Erhebung auf diesen Betrieben wurden auch im Bereich Besaugen genutzt. Ein Großteil der Efficient Cow-Betriebe war auch bereit, zusätzliche Fragen zum Besaugen zu beantworten.

Regelmäßige Projekttreffen mit den Arbeitspaketleitern und wissenschaftlichen Mitarbeitern am Projekt wurden durchgeführt. Verschiedene Annahmen und Ergebnisse wurden weiters mit Vertretern der Projektpartner diskutiert. In den verschiedenen Gremien der Rinderzucht AUSTRIA wurde regelmäßig über das Projekt berichtet.

Ergebnisse aus dem Projekt wurden auch regelmäßig auf internationalen Konferenzen vorgestellt und mit Wissenschaftlern aus anderen Ländern diskutiert (siehe Kapitel Publikationen).

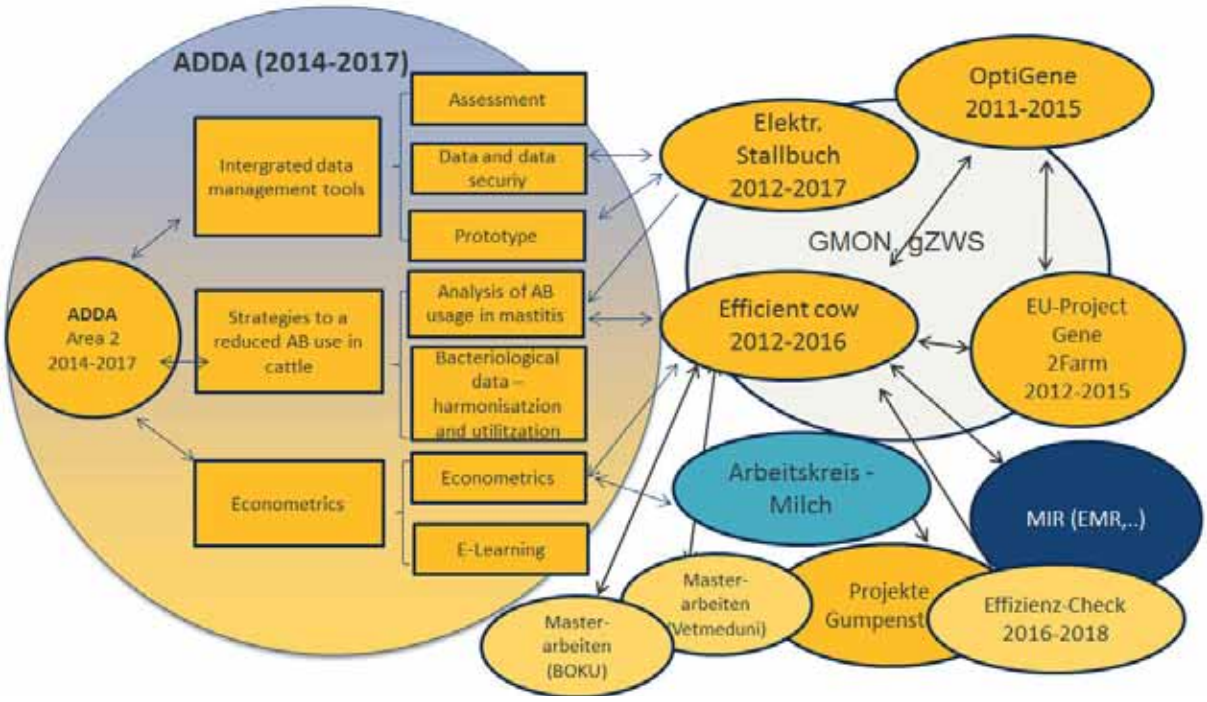
Die Zusammenarbeit mit nationalen und internationale Projekten und Aktivitäten wurde gesucht. Die sehr umfangreichen Daten bieten die Basis für die wissenschaftliche Analyse von weiteren Fragestellungen.

12.1 Nationale und internationale Vernetzung von Projekten und Aktivitäten

12.1.1 Nationale Zusammenarbeit

Synergien mit aktuellen Projekten der Rinderzucht AUSTRIA bzw. der ZuchtData werden gesucht. Wie bereits angeführt, ist ein Projekt das EU-Projekt „Gene2Farm“, in dem im Bereich der Genomforschung eine Kooperation durchgeführt wurde. Synergien mit den Projekten OptiGene, ADDA (Advancement of Dairying in AUSTRIA) und StartClim wurden genutzt.

Abbildung 1.1.1: Übersicht über Projekte mit Beteiligung der Rinderzucht AUSTRIA/ZuchtData und die Verknüpfung mit „Efficient Cow“



ADDA (ADvancement of Dairying in Austria) (Kurzbeschreibung): https://www.vetmeduni.ac.at/de/milchhygiene/forschung/adda/

Das Projekt ADDA läuft von 1.9.2014-31.8.2017 und ist ein Verbundprojekt von Wissenschaft und Wirtschaft, das im Rahmen des Forschungsprogrammes COMET unterstützt wird und hochqualitative Forschung in Zusammenarbeit von Wissenschaft und Wirtschaft fördern soll. Das Projekt soll die Vernetzung und Zusammenarbeit entlang der Wertschöpfungskette Milch stärken und Synergien schaffen. Das Arbeitspaket 1, das sich mit den Grundlagen einer sicheren Milchproduktion beschäftigt, wird von Prof. Martin Wagner von der VetMedUni

Wien geleitet, bei dem auch die Gesamtkoordination des Projektes erfolgt. Das Arbeitspaket 2, mit dem Titel „Bestandteile einer wettbewerbsfähigen Milchproduktion“, wird von Dr. Christa Egger-Danner geleitet. Ziel ist es, die zahlreichen Datenflüsse entlang der Milchproduktion darzustellen, zusammenzuführen und gezielt für die Nutzer aufzubereiten. Dazu müssen zunächst die Bedürfnisse bezüglich der Daten der einzelnen Stufen in der Produktionskette erhoben, die technischen Voraussetzungen für eine Vernetzung dieser Daten erstellt und ein Prototyp einer optimalen Datenstruktur in einem Datenpool aufgebaut werden. In einem weiteren Schritt werden darauf aufbauend Strategien entwickelt, wie mit dem so geschaffenen Wissen die Antibiotikaanwendung in der Rinderwirtschaft reduziert werden kann. Das bedarf einer Harmonisierung der Untersuchungsergebnisse in den heimischen Labors ebenso wie eine genaue Betrachtung der Antibiotikaanwendung im Zuge von Eutererkrankungen. Die daraus erarbeiteten Erkenntnisse werden für den Milchviehhalter in wirtschaftliche Zahlen abgebildet und das generierte Wissen mittels moderner Technologien (E-learning) für Rinderhalter, Tierärzte und Lehrer in der Tierzucht und Lebensmitteltechnologie aufbereitet.

Abbildung 8: Projektübersicht über ADDA (ADvancement in Dairying in Austria)

Zwischen Efficient Cow und ADDA wurde versucht möglichst viele Synergien zu nutzen. Einerseits besteht Interesse daran, dass aus „Efficient Cow“ gewonnene Daten möglichst umfassend ausgewertet werden können. Für das Pilotprojekt in Area 2 Projekt 2 wurden Erkenntnisse aus der Datenerfassung aus Efficient Cow genutzt.

Universität für Bodenkultur

Masterarbeiten:

- DI Thomas Tüchler

https://zidapps.boku.ac.at/abstracts/download.php?dataset_id=12823&property_id=107

- DI Lukas Huber

https://zidapps.boku.ac.at/abstracts/download.php?dataset_id=12951&property_id=107

- Maria Ledinek

https://zidapps.boku.ac.at/abstracts/download.php?dataset_id=10888&property_id=107

- Martin Stegfellner:

https://zidapps.boku.ac.at/abstracts/download.php?dataset_id=11550&property_id=107

- Simon Ederer:

https://zidapps.boku.ac.at/abstracts/download.php?dataset_id=11897&property_id=107

- Verena Auer

https://zidapps.boku.ac.at/abstracts/download.php?dataset_id=14172&property_id=107

Veterinärmedizinische Universität Wien:

Diplomarbeiten

- Feiersinger, David: Die Auswirkung der Haltungsform auf Lahmheit und Klauenerkrankungen in österreichischen Milchviehherden. Eine Kurzfassung siehe Anlage.
- Matthias Dourakas: Auswirkung von Lahmheit und Klauenläsionen auf die Milchleistung von Rindern in Österreich. Eine Kurzfassung siehe Anlage. http://www.vetmeduni.ac.at/hochschulschriften/diplomarbeiten/AC13292657.pdf
- Stefan Guggenbichler: Auswirkung von Lahmheit und Klauenläsionen auf die Fruchtbarkeit von Milchrindern in Österreich. Eine Kurzfassung siehe Anlage.

Weitere laufende Forschungsarbeiten:

- Qendrim Zebeli: Effects of feeding management on the incidence of hypocalcemia as well as reproductive performance in Austrian dairy cows. Forschungsarbeit im Laufen.
- Arbeitsgruppe um Johannes Lorenz Khol (Veterinärmädizinische Universität Wien, Universität für Bodenkultur Wien, Landwirtschaftskammer NÖ, LKV NÖ, NÖ Genetik): Ursachen und Prophylaxe für das Festliegen beim Rind. Forschungsarbeit im Laufen.

EIP-Projekt "Effizienz-Check":

Herdenmanagementtool zur Optimierung der Effizienz und Tiergesundheit im Milchviehbetrieb. Genauere Informationen unter (http://zar.at/Projekte/Effizienz-Check.html)

Ziel dieses von EIP-AGRI unterstützten Projektes ist die Entwicklung einer modernen und praxisgerechten Web-Applikation, die Milchbauern dabei unterstützt, gezielt Maßnahmen zur Verbesserung der ökonomischen und nährstoffbezogenen Effizienz in der Milchproduktion zu setzen. Durch die Visualisierung der Zusammenhänge von Managementmaßnahmen, Haltungsbedingungen, Tiergesundheit und Krankheiten sowie deren ökonomischen Auswirkungen soll das Bewusstsein der Betriebsleiter für Tierwohl und -gesundheit gestärkt werden. Nur mit gesunden Tieren, die sich in ihren Stallungen wohl fühlen, ist es möglich auch langfristig ökonomisch erfolgreich zu wirtschaften.

Tierärzten, Beratern und Lehrern soll ebenso der Zugang zu diesem Online-Tool ermöglicht werden und so neue Möglichkeiten der Beratung und Zusammenarbeit geschaffen werden. Speziell die Gelegenheit, Auswirkungen von Management-Entscheidungen bereits im Vorfeld zu analysieren, ist eine wichtige Erweiterung der bereits jetzt zur Verfügung stehenden Hilfsmittel. Durch die Einbindung der Web-Applikation in den Rinderdatenverbund (RDV) werden zahlreiche Synergien in der Datenhaltung und Auswertung genutzt sowie eine bereits gewohnte und etablierte Arbeitsumgebung angeboten und die züchterische Nutzung der erfassten Daten ermöglicht. Das RDV-Portal ist allen Rinderbetrieben mit Leistungskontrolle sowie den registrierten Tierärzten und Beratern frei zugänglich. Letztendlich wird dadurch die Wirtschaftlichkeit der Betriebe gesteigert und die Nährstoff- sowie die Energieverwertung in der Milchproduktion effizienter gemacht. Eine effizientere Produktion wirkt sich wiederum positiv auf die Umwelt aus.

StartClim:

Die sehr umfangreiche Datenbasis aus „Efficient Cow“ bietet auch die Möglichkeit weitere wissenschaftliche Fragestellungen abzuarbeiten. Unter der Leitung von PD Dr. Birgit Fürst-Waltl wurde ein StartClim - Projekt zur Analyse der „Einflüsse von Außentemperatur auf die Leistung und Gesundheit von Milchkühen unter Berücksichtigung verschiedener Haltungsfaktoren“ (www.startclim.at) durchgeführt. Die Ergebnisse sind unter https://zidapps.boku.ac.at/abstracts/download.php?dataset_id=14172&property_id=107

abrufbar. Bei der EAAP 2016 wurde folgender Beitrag als Poster publiziert:

Ambient temperature and its effect on performance and udder health

V. Auer[1], C. Egger-Danner[2], H. Formayer[3], D. Leidinger[3], E. Ofner-Schroeck[4], F. Steininger[2], E. Zentner[4], K. Zottl[5], B. Fuerst-Waltl[1]

[1]Univ. Nat. Res. Life Sci. Vienna (BOKU), Gregor Mendel-Str. 33, A-1180 Vienna, Austria, [2]ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH, Dresdner Str. 89, A-1200 Vienna, Austria, [3]Univ. Nat. Res. Life Sci. Vienna (BOKU), Peter-Jordan-Str. 82, A-1190 Vienna, Austria, [4]HBFL Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal, Austria, [5]LKV Austria, Dresdner Str. 89, A-1200, Austria; karl.zottl@lkv-austria.at

ARBEITSKREIS MILCH:

Mit Vertretern des Arbeitskreises Milch wurden im Projekt über DI Michael Wöckinger eng zusammengearbeitet. Erfahrungen und Synergien aus den Arbeitskreis Milch-Tätigkeiten wurden bei der Konzeption der Datenerfassung berücksichtigt. Aus den im Projekt erhobenen Daten wurden Auswertungen und Kennzahlen für das Management ausgearbeitet und den teilnehmenden Landwirten zur Verfügung gestellt (Beispielsbericht siehe Anlage). Dazu wurden auch seitens des Arbeitskreis Milch Ideen und Erfahrungen eingebracht. 62 der 167 EC- Betriebe sind auch Mitglied beim Arbeitskreis Milch. DI Michael Wöckinger vom AK-Milch ist auch Projektleiter im K-Projekt ADDA. Erfahrungen aus Efficient Cow werden über ihn auch bei ADDA genutzt bzw. kommen auch wieder dem Arbeitskreis Milch zugute.

FARMLIFE:

Mit FARMLIFE wurde zu Projektbeginn Kontakt aufgenommen. Da die Auswahl und Motivation der Betriebe ohnehin schwierig war, war es nicht möglich auf die Teilnahme der Betriebe am Projekt FARMLIFE zu achten. Da es einerseits diffizil ist, dass Betriebe sich bei mehreren Projekten, die mit beträchtlichem Arbeitsaufwand verbunden sind, beteiligen und zudem der Datenerfassungszeitraum unterschiedlich ist, war eine enge Zusammenarbeit nicht realistisch. In einer Projektsitzung am 8. Juli 2016 wurden Ergebnisse und Erfahrungen aus Efficient Cow in einer gemeinsamen Sitzung mit Projektpartner aus Efficient Cow, Vertretern von Farmlife und von HBLFA Raumberg-Gumpenstein besprochen. (W. Zollitsch ist Mitglied der wissenschaftlichen Begleitgruppe von FarmLife).

12.1.2 Internationale Zusammenarbeit

Gene2farm:

Die ZuchtData war Wirtschaftspartner im EU-Projekt „Gene2Farm - Next generation European system for cattle improvement and management“, das von 2012-2015 durchgeführt wurde. Im Projektkonsortium waren führende Wissenschaftler, wie Prof. Theo Meuwissen (NOR) oder Prof. Woolliams von Roslin (UK), vertreten. Ein Aspekt waren auch neue Merkmale. Die ZuchtData war Projektpartner bei Gene2Farm. Obwohl die Genotypisierung von Kühen von Fleckvieh und Braunvieh vorab im Projekt nicht vorgesehen war, ist eine Kooperation für neue Merkmale gelungen. Die Gesundheitsdaten aus dem Projekt Efficient Cow und die Genotypen von 2.000 Fleckvieh und 1.000 Braunvieh-Kühen sollen genutzt werden um genomische Studien (GWAS) durchzuführen. GWAS (genome-wide association study) ist eine Analyse von gemeinsamen genetischen Varianten von verschiedenen Tieren, um zu sehen, ob es Assoziationen mit einem speziellem Merkmal gibt. Dazu sollen SNP (single-nucleotide-polymorphismen) –Daten und zuverlässige Gesundheitsdaten aus EC-Kühen genutzt werden. Durch Verzögerungen bei der Genotypisierung konnten im Rahmen von Gene2Farm keine Forschungsarbeiten im Zusammenhang mit den EC-Genotypen und Phänotypen abgeschlossen werden. Die Zusammenarbeit mit Prof. Joanna Syzda ist im Laufen.

Wroclaw University of Environmental and Life Sciences, Wroclaw, Polen: Im Rahmen von Gene2Farm wurde mit Prof. Joanna Syzda eine Kooperation aufbauend auf den Genotypen (

finanziert mit Mitteln aus Gene2Farm) und Klauenpflege- und Lahmheitsdaten aus dem Projekt Efficient Cow vereinbart. Folgende Forschungsfragen werden bearbeitet:

- Analysis of epistasis by model dimensionality reduction
- SNP validation

Posterbeitrag bei "5th International Conference on Quantitative Genetics", Juni 2016, Madison (USA).

The estimation of additive, dominance and epistatic effects underlying lameness in Fleckvieh and Braunvieh cows
Suchocki, T., Egger-Danner, C., Schwarzenbacher, H., Szyda, J.

http://theta.edu.pl/wp-content/uploads/2008/11/ICQGposter_TS.pdf

ICAR Working Group on Functional Traits (ICAR WGFT):

Dr. Egger-Danner ist die Vorsitzende der ICAR–Arbeitsgruppe für funktionale Merkmale. Mitglieder in dieser Arbeitsgruppe sind Dr. Jennie Pryce und Prof. Dr. Nicolas Gengler, die im Bereich Effizienz/Klima tätig sind.

Auf Anfrage vom Journal ANIMAL verfasste Dr. Egger-Danner in Zusammenarbeit mit den Mitgliedern der ICAR WGFT, einen Review-Artikel zu „Neuen Merkmalen in der Leistungsprüfung und Phänotypisierungstrategien". Das Paper wurde im Februar 2015 publiziert und von ANIMAL als „Paper of the Month" ausgezeichnet. In Kooperation mit den Kolleginnen und Kollegen aus der ICAR WGFT wurde 2015 ein Review-Paper zu Möglichkeiten der genetischen Verbesserungen von Stoffwechselerkrankungen publiziert, aktuell wird an einem Review-Paper zur züchterischen Möglichkeiten der Verbesserung der Klauengesundheit gearbeitet.

Ein Arbeitsschwerpunkt der Arbeitsgruppe im Projektzeitraum war die Harmonisierung der Klauenbefunde, die mit der Publikation des ICAR Claw Health Atlas (Egger-Danner et al. 2015) abgeschlossen wurde. Der ICAR Atlas ist mittlerweile in 18 Sprachen übersetzt und entwickelt sich zum internationalen Standard. Gemeinsam mit den Experten aus dem Bereich Klauengesundheit wird aktuell an einem Review-Paper zur Genetik der Klauenerkrankungen und der Ausarbeitung von Richtlinien zur Datenvalidierung und Berechnung von Kennzahlen gearbeitet. Die Erkenntnisse aus dieser Kooperation konnte auch bei der Validierung der Klauendaten aus dem Projekt Efficient Cow genutzt werden.

In der ICAR-Arbeitsgruppe besteht die Möglichkeit mit Experten aus anderen Ländern Ansätze des Projektes zu diskutieren und weiter zu entwickeln. Dr. Jennie Pryce ist Expertin im Bereich Zucht auf Klima/Fütterungseffizienz. Sie ist auch in der ICAR Arbeitsgruppe „Feed and Gas" vertreten.

Prof. Dr. Nicolas Gengler ist ein anerkannter Experte im Bereich Infrarot-Spektren. Eine Zusammenarbeit mit Daten aus „Efficient Cow" wurde gemeinsam mit Prof. Sölkner von der Universität für Bodenkultur im Rahmen einer Masterarbeit zu MIR und Lahmheitserkennung vereinbart.

EMR (European Milk Recording): *http://www.milkrecording.eu/*

Die LKV-Austria Qualitätsmangement GmbH ist Mitglied der EMR. Ziele der EMR sind die Standardisierung der MIR (Mid-Infrared-Spektraldaten) sowie die Entwicklung von Innovationen im Bereich der Milchleistungsprüfung. Dazu gehören neue Management-Indikatoren für das Herdenmanagement. In Kooperation mit den Partnern aus EMR ist

geplant, die Daten aus Efficient Cow für die Entwicklung von neuen Management-Indikatoren zu nutzen. Welche konkreten Fragen auf Basis von Efficient Cow-Daten beareitet werden, ist in Ausarbeitung.

ETH-Zürich

Mit Prof. Kreuzer wurde eine Kooperationsvereinbarung basierend auf MIR und Efficient Cow – Daten geschlossen. Von besonderem Interesse sind Fragen im Zusammenhang mit direkten und indirekten Parametern zur Reduktion der Treibhausgase.

BOKU, Wien und Universität von Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Belgien

Von Prof. Sölkner (BOKU) und Prof. N. Gengler (University of Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Belgium) wird eine Masterarbeit basierend auf Efficient Cow-Daten zu Lahmheiten und MIR-Spektren vereinbart. Die Masterarbeit ist für die erste Jahreshälfte 2017 vorgesehen.

COST-Action

Univ.-Doz. Dr. Gruber nahm im Rahmen der COST-Action Methagene (FA 1302) an fünf Meetings teil. Ende Dezember 2013 erfolgte die erste Sitzung des Management Committees (in Brüssel), in der neben allgemeinen Informationen zu COST vor allem das Budget des Jahres 2014 beschlossen wurde und die Leiter der Working Groups festgelegt wurden. Folgende Working Groups (WG) wurden eingerichtet: (1) Methane-determining factors, (2) Comparison and calibration of measurements, (3) Proxis for methane emission, (4) Benefit for producers, (5) Knowledge and management exchange. Im Start-up Meeting (Amsterdam, Mai 2014) wurde die Möglichkeit zu sogenannten Short-Term Scientific Missions (STSM) und zu einer Training School vereinbart und ein fachlicher Workshop der Working Groups 1, 2 und 3 vorbesprochen. Im Rahmen der COST-Action werden diese Short-Term Scientific Missions (STSM) finanziert, um die Beziehungen und die wissenschaftliche Zusammenarbeit zwischen den teilnehmenden Ländern zu ermöglichen bzw. zu intensivieren. Auch eine Training School zum Thema „Methane Physiology and Modelling“ im Leibniz Institut für Nutztierbiologie in Dummerstorf-Rostock wurde Ende September 2014 abgehalten. Der Workshop „Animal variation in methane emissions and harmonization of protocols“ fand im November 2014 in Granada statt. Nach einleitenden Keynote-Vorträgen wurden die Themen in kleinen Arbeitsgruppen diskutiert und anschließend im Plenum präsentiert.

Weiters nahm Dr. Gruber auch an einem Meeting von Eurostat (Europäische Kommission) im März 2014 in Luxemburg teil, in welchem im Rahmen der Working Group „Agriculture and Environment“ die Nährstoffausscheidung der landwirtschaftlichen Nutztiere diskutiert und eine harmonisierte Berechnungsmethodik dieser Ausscheidungen in Angriff genommen wurde. Weitere Workshops fanden in Wageningen (NL) im Jahr 2015 und in Padua (Italien) im Jahr (2016) statt.

Im Frühjahr 2016 war EGGER-DANNER zu einem Vernetzungstreffen von METHAGENE in Gembloux (Belgium) eingeladen, Ergebnisse aus dem Projekte Efficient Cow zu präsentieren. Durch den Anschlag am Flughafen in Brüssel, wurde das Treffen abgesagt. Der neue Termin

für dieses Treffen mit Vertretern aus verschiedenen internationalen Projekten ist für 31.1.-1.2.2017 geplant.

Projekt "Sustainable organic and low input dairying" (SOLID; http://www.solidairy.eu/). W. Zollitsch koordinierte in diesem Projekt das work package 2, "Adapted breeds for productivity, quality, health and welfare in organic and low input dairy systems". Erfahrungen aus dem Projekt SOLID wurden in das Projekt „Efficient Cow" eingebracht. Dies bezog sich v.a. auf Diskussionen zu den Merkmalen, die die besondere Eignung von Kühen für "Low-Input"- Milchproduktionssysteme bzw. die Biologische Wirtschaftsweise determinieren sollen. Dabei kommt Effizienzkriterien und insbesondere der Grundfuttereffizienz besondere Bedeutung zu.

Die Ergebnisse aus dem SOLID-Projekt weisen darauf hin, dass angepasste Kuhtypen bei sehr gutem Management nicht notwendigerweise eindeutige Vorteile gegenüber konventionellen Kuhtypen haben müssen. Die im Rahmen von SOLID untersuchten angepassten Kuhtypen wiesen allerdings einige spezifische Stärken auf, die in geeigneten Zuchtprogrammen weiter entwickelt werden sollten.

Die internationale Vernetzung ist auch über die HBLFA Raumberg-Gumpenstein gegeben. Die Daten, die zur Ableitung der Formel für Lebendmasse herangezogen werden, stammen aus 10 Forschungsinstituten in Deutschland und der Schweiz. Doz. Dr. Leonhard Gruber ist Sachverständiger in der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (Deutschland). Daher ist auch in diesem Bereich eine Vernetzung gegeben.

ERA-Net CORE Organic Plus - Improving animal health and welfare in organic cattle milk production through breeding and management

Das Projekt OrganicDairyHealth legt das Hauptaugenmerk auf Gesundheitsaspekte in der biologischen Milchkuhhaltung, sowohl die Verbesserung durch züchterische als auch durch Managementmaßnahmen. Übergeordnetes Projektziel ist die verbesserte Eutergesundheit und Stoffwechselstabilität in biologisch wirtschaftenden Milchkuhbetrieben durch Züchtung und Management. In WP2 wurden unterschiedliche Betriebstypen von den teilnehmenden Ländern auf Basis eines gemeinsamen Protokolls definiert, die Anzahl der Betriebstypen in Österreich ist 5 in Abhängigkeit von Haltungssystem, Größe des Betriebs und Produktionsgebiet. Ein Fragebogen mit detaillierten Fragen in den Bereichen Lage des Betriebs, Struktur und Größe, Haltungs- und Melksystem, Produktionsniveau, Tiergesundheit und Management, Fütterungsstrategie sowie Zucht und Reproduktion wurde entwickelt und in die Landessprache übersetzt. Soferne eine Zustimmung der Landeskontrollverbände bzw. der Betriebe vorlag, wurden bevorzugt Efficient Cow Betriebe kontaktiert, da ein wesentlicher Teil des Fragebogens, der sich auf das Jahr 2014 bezog, über die bereits vorliegenden Informationen von Efficient Cow abgedeckt wurde. Die Auswertung der Fragebögen erfolgt im Winter 2016/17.

Sonstiges:

EGGER-DANNER hat am ASGGN (Animal Selection, Genetics and Genomics Network)-Workshop, welcher in Kooperation mit dem World Congress of Genetics Applied to Livestock Production in Vancouver am 17.8.2014 stattgefunden hat, teilgenommen. Informationen zu ASGGN unter http://www.asggn.org/. Der Workshop gab einen sehr guten Überblick über

den aktuellen Stand der Forschung in diesem Bereich und Kontakte konnten geknüpft bzw. vertieft werden.

Ausblick:

Die Datengrundlage aus Efficient Cow und die daraus gewonnen Erkenntnisse bilden eine wertvolle Basis für zukünftige Kooperation auf nationaler und internationaler Ebene. Im Bereich der genomischen Zuchtwertschätzung wird international am Aufbau einer Kuhkalibrierung gearbeitet. Im Fokus stehen neue Merkmale. Die Erkenntnisse aus der Datenerhebung aus Efficient Cow bieten auch hier wertvolle Erkenntnisse. Die Datengrundlage mit den detaillierten Informationen zu Fütterung und Erkrankungen bietet auch für die Ableitung von Managementempfehlungen für die Praxis eine wertvolle Grundlage. Im Rahmen des EIP-Projektes Effizienz-Check werden u.a. solche Aspekte näher analysiert.

13 Publikationen – Gesamtübersicht

13.1 Paper und publizierte Vorträge bei wissenschaftlichen Tagungen

Auer V., Egger-Danner C., Formayer H., Leidinger D., Ofner-Schröck E., Steininger F., Zentner E., Zottl K., Fürst-Waltl B., 2015. Einflüsse von Außentemperatur auf die Leistung und Gesundheit von Milchkühen unter Berücksichtigung verschiedener Haltungsfaktoren. Endbericht von StartClim2014.C in StartClim2014: Anpassung an den Klimawandel in Österreich - Beiträge zur Umsetzung der österreichischen Anpassungsstrategie. http://www.startclim.at/fileadmin/user_upload/StartClim2014_reports/StCl2014C_lang.pdf.

Burgstaller J., Feiersinger D., Fuerst-Waltl B., Steininger F., Kofler J., Egger-Danner C., 2016. The impact of husbandry conditions on claw health in Austrian dairy herds. [EAAP 2016 - 67th Annual Meeting of the Federation of Animal Science, Belfast, AUG 29 - SEP 2, 2016] In: Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, Book of Abstracts of the 67th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science, 396; ISBN: 978-90-8686-284-9.

Burgstaller J., Guggenbichler S., Fuerst-Waltl B., Steininger F., Kofler J., Egger-Danner C., 2016. The impact of claw health and lameness on fertility in Austrian dairy herds. [EAAP 2016 - 67th Annual Meeting of the Federation of Animal Science, Belfast, AUG 29 - SEP 2, 2016] In: Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, Book of Abstracts of the 67th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science, 347; ISBN: 978-90-8686-284-9.

Burgstaller J., Egger-Danner C., Fürst-Waltl B., Steininger F., Guggenbichler S., Dourakas M., Feiersinger D., Kofler J., 2016. Nutzung der Efficient Cow Daten zur Verbesserung der Klauengesundheit . [22. Wintertagung Billig gibt's nicht, irgendwer zahlt immer (drauf)!, Aigen im Ennstal, FEB 11-12, 2016] In: HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 22. Wintertagung 2016 Billig gibt's nicht, irgendwer zahlt immer (drauf)!, 49-50 http://www.raumberg-gumpenstein.at/cm4/de/forschung/publikationen/downloadsveranstaltungen/viewdownload/3136-wintertagung-2016/28704-22-wintertagung-2016-tagungsband-gesamt.html; ISBN: 978-3-902849-34-2.

Egger-Danner C, Cole J.B., Pryce J.E., Gengler N., Heringstad B., Bradley A., Stock K.F., 2013.

Which phenotypes will be available in the near future? Invited paper at the Joint Session EAAP and Interbull in Nantes, August, 2013.

Egger-Danner C. und Steininger F., 2014. Efficient Cow: Auf der Suche nach der idealen Kuh. Analyse und Optimierung der Produktionseffizienz und der Umweltwirkung in der österreichischen Rinderwirtschaft. 27. Baumgartenberger Fachgespräche, Grein, am 9. Mai 2014.

Egger-Danner C., Cole J.B. Pryce J.E., Gengler N., Heringstad B., Bradley A. Stock K.F., 2014. Invited review: overview of new traits and phenotyping strategies in dairy cattle with a focus on functional traits. Animal. 2014 Nov 12, 1-17.

Egger-Danner C., 2015. Züchterische Verbesserung der Klauengesundheit – Internationale Entwicklungen und Situation in Österreich. In: Seminar des Ausschusses für Genetik der ZAR: Gesunde Klauen und gute Fundamente. Tagungsband, Salzburg,12. März 2015, 35-45.

Egger-Danner C., Steininger F., Gruber L., Ledinek M., Zottl K., Zollitsch W., Fürst C., Obritzhauser W., Burgstaller J., Kofler J., Fürst-Waltl B., 2016. Das „Efficient Cow" - Projekt. [6. Kremesberger Tagung, Bestandsbetreuung Wiederkäuer, Pottenstein, FEB 16, 2016] In: Veterinärmedizinische Universität Wien, Kllinik für Wiederkäuer, Abteilung Bestandsbetreuung, 6. Kremesberger Tagung, Bestandsbetreuung Wiederkäuer, 29-39.

Egger-Danner, C., Steininger, F., Koeck, A., Pfeiffer, C., Burgstaller, J., Kofler, J., Gruber, L.,. Ledinek, M.,. Zottl, K., Zollitsch, W., Fürst, C., Obritzhauser, W., Fürst-Waltl, B.,2016. Das „Efficient Cow" – Projekt. Drei-Länder-Seminar Rinderzucht, 19/20. April 2016 Säntis – das Hotel, Schwägalp, Appenzell Ausserrhoden, Schweiz

Egger-Danner C., 2016. EBSF (European Brown Swiss Federation) Genetic Workshop. New traits for Brown Swiss. Eurotier, 15. November 2016, Hannover.

Fuerst-Waltl B., Steininger F., Gruber L., Zottl K., Ledinek M., Zollitsch W., Fuerst C., Egger-Danner C., 2014. Optimization of production efficiency and environmental impact within the Austrian cattle production In: Wageningen Academic Publishers (Hrsg.), Book of Abstracts of the 65th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science 191.

Fürst-Waltl B., Fürst C., Obritzhauser W., Egger-Danner C.,2015. Berücksichtigung direkter Gesundheitsmerkmale im Gesamtzuchtzuchtwert. In: Deutsche Gesellschaft für Züchtungskunde e.V., DGfZ Schriftenreihe Heft 66; 7. Rinder-Workshop Uelzen, 103-112,ISSN 0949-8842.

Fürst-Waltl B., Fürst Chr., Egger-Danner Ch., 2015. Gutes Fundament und gesunde Klauen – wie viel sagt die lineare Nachzuchtbeschreibung über Klauengesundheit aus? In: Seminar des Ausschusses für Genetik der ZAR: Gesunde Klauen und gute Fundamente. Tagungsband, Salzburg, 12. März 2015, 47-56.

Fuerst-Waltl B., Fuerst C., Obritzhauser W., Egger-Danner C., 2016. Sustainable breeding objectives and possible selection response: finding the balance between economics and breeders' desires. J. Dairy Sci. 99 (12), 9796-9809.

Fuerst-Waltl B., Fuerst C., Egger-Danner C., 2016. Linear type traits show pronounced phenotypic relationships to foot and claw health. [EAAP 2016 - 67th Annual Meeting of the Federation of Animal Science, Belfast, AUG 29 - SEP 2, 2016] In: Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, Book of Abstracts of the 67th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science, 348; ISBN: 978-90-8686-284-9.

Fuerst-Waltl B., Steininger F., Fuerst C., Gruber L., Mayerhofer M., Ledinek M., Zollitsch W., Zottl K., Egger-Danner C., 2016. First results of the Austrian Efficient Cow project. [Brune 2016 - Braunvieh Weltkongress, Mende, APR 6-8] In: BGS - Brune & Jersiaise, Mondial Brune 2016 Presentations of the Congress, 32-37 (Konferenzbände in Französisch, Deutsch, Englisch, Spanisch).

Gruber L. und Stegfellner M., 2015. Effizienz bei Milchkühen – Einfluss von Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium. In: 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.-26. März 2015, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2015, 23–40.

Hörtenhuber S., Steiniger F., Zollitsch W., 2016. Umweltwirkungen der Milcherzeugung mit unterschiedlich effizienten Kühen. In: Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel-, Veterinär- und Agrarwesen (ALVA), Eiweißpflanzen - Strategien und Chancen für Landwirtschaft und Industrie - ALVA Jahrestagung 2016; ISBN: 1606-612X. [Jahrestagung 2016 der ALVA (Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel-, Veterinär- und Agrarwesen), Klagenfurt, Mai 30-31].

Hörtenhuber S., Steiniger F., Zollitsch W.,2016. "Antworten der Rinderproduktion auf Herausforderungen in Umwelt- und Klimaschutz." [Lange Nacht der Forschung, 22.04.2016. Oö. Besamungsstation GmbH, Hohenzell].

Köck A., Fuerst-Waltl B., Steininger F., Egger-Danner C., 2016. Genetic parameters for body weight, body condition score and lameness in Austrian dairy cows. Interbull bulletin Vol. (in Druck).

Ledinek M. und Gruber L., 2014. Erhebungen von Körpermaßen und BCS im Laktationsverlauf und ihre Beziehungen zu Lebendmasse und Energiebilanz. In: 41. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2014, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, 31–44.

Ledinek M. und Gruber L., 2014. Interrelationships between body weight, body measurements, BCS and energy balance of dairy cows. In: Proceedings of the 65th Annual Meeting of the European Association for Animal Production: 25.-29.08.2014, Copenhagen, Denmark, 128.

Ledinek M. und Gruber L., 2015. Körpermaße und BCS im Laufe der Laktation und ihre Beziehungen zu Lebendmasse und Energiebilanz. Züchtungskunde 87, 181–200.

Ledinek M., Gruber L., Steininger F., Fürst-Waltl B., Zottl K., Royer M., Krimberger K., Mayerhofer M., Egger-Danner C., 2016. Efficient Cow – Estimation of feed intake for efficiency traits using on-farm recorded data. 24th International Symposium Animal Science Days, Sept. 21-23, Ptuj, Acta Agriculturae Slovenica, Supplement 5, 71–75.

Pfeiffer C., Fuerst-Waltl B., Steininger F., Egger-Danner C., 2016. Genetic parameters of body weight and body measurements of Austrian dairy cattle. [EAAP 2016 - 67th Annual Meeting of the Federation of Animal Science, Belfast, AUG 29 - SEP 2, 2016] In: Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, Book of Abstracts of the 67th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science, 628; ISBN: 978-90-8686-284-9.

Steininger F., Fuerst C., Fuerst-Waltl B., Gruber L., Mayerhofer M., Ledinek M., Weissensteiner R., Zollitsch W., Zottl K. und Egger-Danner C., 2015. Efficient Cow-Strategies for on-farm collecting of phenotypes for efficiency traits. [ICAR-Technischer Workshop 2015, Krakau, Polen, JUN 10 - JUN 12, 2015]

Steininger F, 2015. Projektvorstellung “Efficient Cow” – der effizienten Kuh auf der Spur. Wintertagung 2015.

Steininger F., Ledinek M., Gruber L., Fuerst-Waltl B., Zottl K., Egger-Danner C., 2016. Recording of feed efficiency under on-farm conditions. [EAAP 2016 - 67th Annual Meeting of the Federation of Animal Science, Belfast, AUG 29 - SEP 2, 2016] In: Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, Book of Abstracts of the 67th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science, 648; ISBN: 978-90-8686-284-9.

Steininger F., Fuerst C., Fuerst-Waltl B., Gruber L., Mayerhofer M., Ledinek M., Weissensteiner R., Zollitsch W., Zottl K. und Egger-Danner C., 2015. Efficient Cow-Strategies for on-farm collecting of phenotypes for efficiency traits. [ICAR-Technischer Workshop 2015, Krakau, Polen, JUN 10 - JUN 12, 2015]

Zottl K., Koeck A., Fuerst-Waltl B., Pfeiffer C., Steininger F., Gruber L., Ledinek M., Fuerst C., Egger-Danner C., 2016. On-farm recording of novel traits in dairy cattle – genetic parameters and recommendations. [ICAR-Congress 2016, Puerto Varas, Chile, OKT 24 - OKT 28, 2016].

Mitautorenschaft:

Charfeddine N., Alsaaod M., Burgstaller J., Christen A.M., de Jong G., Egger-Danner C., Fiedle A., Heringstad B., Kofler J., Holzhauer M., Malchiodi F., Muellet K. E, Nielsen P., Ruottu H., Sogstad Å. M., Stock F. K., Thomas G., 2016. Guidelines for the validation and use of claw health data. CAR-Congress, Puerto Varas, Chile, October 24.-28.2016.

Heringstad B., Pryce J.E., Perker-Gaddis K.L., Koeck A., Bastin C.,Abdelsayed M., Gengler N., Miglior F., Egger-Danner C., Stock K.F., BradleyA., Cole J., 2016. Selection against metabolic diseases. ICAR-Congress, Puerto Varas, Chile, October 24.-28.2016.

Pryce J.E., Parker-Gaddis K.L., Koeck A., Bastin C., Abdelsayed M., Gengler N., Miglior F., Heringstad B., Egger-Danner C., Stock K.F., Bradley A.J., Cole J.B., 2016. Invited review: Opportunities for genetic improvement of metabolic diseases. J. Dairy Science. 99, 1-19

Fachartikel

Burgstaller J., 2016. Mehr Kälber durch Klauenpflege. Der fortschrittliche Landwirt 12/2016, 22-23.

EGGER C. und WILLAM A., 2012. Neues genomisches Zuchtprogramm Fleckvieh AUSTRIA 2012. Was wird anders, was bringt es? Fleckvieh Austria - Das österreichische Magazin für Fleckviehzucht, 6/2012, 6-10.

Egger-Danner C. und Steininger F., 2013. Die effiziente Kuh für Ihren Betrieb. Fleckvieh Austria – das österreichische Magazin für Fleckviehzucht, Ausgabe 3/2013, 16-17.

Egger-Danner C. und Steininger F., 2014. Efficient Cow – aktueller Stand der Umsetzung des Projektes. Fleckvieh Austria – das österreichische Magazin für Fleckviehzucht, Ausgabe 5/2014, 14-15.

Egger-Danner C., 2015. Woran wird in Österreich derzeit geforscht? Fleckvieh Austria – das österreichische Magazin für Fleckviehzucht, Ausgabe 1/2015, 8-10.

Egger-Danner C., 2016. Gesund, leistungsstark, robust: die Genetik von heute und morgen. Fleckvieh Austria – das österreichische Magazin für Fleckviehzucht, Ausgabe 3/2016, 8-11.

Egger-Danner C., 2016: Ketose: Früherkennung und Vorbeuge. Der fortschrittliche Landwirt (in Druck).

Egger-Danner C. und Steininger F., 2014. Efficient Cow – Aktueller Stand der Umsetzung des Projektes. AGÖF-Mitteilung 10/2014; Mitteilungen der ARGE-BV und der ARGE Holstein.

Egger-Danner C., 2016. Projekt Efficient Cow – Effizienz und Umweltwirkung der Rinderwirtschaft im Fokus. Der fortschrittliche Landwirt 10/2016, 20–21.

Gruber L., Ledinek M., Steininger F., 2014. "Efficient Cow" Auf der Suche nach der idealen Kuh. Der fortschrittliche Landwirt 8/2014, 18–20.

Huber L., 2016. Der effizienten Kuh auf der Spur. Der fortschrittliche Landwirt 13/2016, 24-25.

Pein S., 2016. Österreich sucht die effiziente Kuh. top agrar 1/2016, 14-16.

Steininger F., 2016. 167 x Milchproduktion live. Der fortschrittliche Landwirt 11/2016, 26-27.

Steininger F., Egger-Danner C., Zottl K., 2013. Wie finde ich die richtige Kuh für meinen Betrieb? Fleckvieh Austria – das österreichische Magazin für Fleckviehzucht, Ausgabe 4/2013, 7-9.

Steininger F., Egger-Danner C., Zottl K., 2013. Auf der Suche nach der idealen Kuh. Braunvieh, Ausgabe 4/2013.

Steininger F., Zottl K., Egger-Danner C., 2013. „Efficient Cow“ – ein Projekt zur Optimierung der Milchproduktion. BauernZeitung, Nr. 38, 7.

Steininger F., Egger-Danner C., Zottl K., 2013. Wie finde ich die richtige Kuh für meinen Betrieb? vet journal 12/2013, 2-7.

Tüchler Th., 2016. Rund ist ungesund. Der fortschrittliche Landwirt 14/2016, 18-19.

ZAR (Zentrale Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Rinderzüchter) (Hrsg.) 2013. Efficient Cow. Die richtige Kuh für meinen Bericht. (Informationsfolder) http://zar.at/Projekte/Efficient-Cow.html. Abgerufen am 28.November 2016

Poster

Auer V., Egger-Danner C., Formayer H., Leidinger D., Ofner-Schroeck E., Steininger F., Zentner E., Zottl K., Fuerst-Waltl, B., 2016. Ambient temperature and its effect on performance and udder health. [Poster] [EAAP 2016 - 67th Annual Meeting of the Federation of Animal Science, Belfast, AUG 29 - SEP 2, 2016] In: Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, Book of Abstracts of the 67th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science, 330; ISBN: 978-90-8686-284-9.

Hörtenhuber S., Zollitsch W., 2016. Der Beitrag von Wiederkäuern zur Ernährung und zu Nachhaltiger Entwicklung. [Poster] Lange Nacht der Forschung, APR 22, 2016, Hohenzell, AUSTRIA.

Hörtenhuber S., Zollitsch W., 2016. Die Kuh als „Klimakiller“? - Effekte der Produktionseffizienz der Kühe auf die Treibhausgasemissionen der Milcherzeugung. [Poster] Lange Nacht der Forschung, APR 22, 2016, Hohenzell, AUSTRIA.

Hörtenhuber S., Zollitsch W., (2016): Grundlagen zur globalen Klimaerwärmung und zu Klimawandelfolgen für die Tierhaltung. [Poster] Lange Nacht der Forschung, APR 22, 2016, Hohenzell, AUSTRIA.

Hochschulschriften

Dourakas M., 2016. Auswirkung von Lahmheit und Klauenläsionen auf die Fruchtbarkeit von Milchrindern in Österreich. Diplomarbeit, Veterinärmedizinische Universität Wien.

Feiersinger D., 2016. Die Auswirkung der Haltungsform auf Lahmheit und Klauenerkrankungen in österreichischen Milchviehherden. Diplomarbeit, Veterinärmedizinische Universität Wien.

Guggenbichler S., 2016. Auswirkung von Lahmheit und Klauenläsionen auf die Milchleistung von Rindern in Österreich. Diplomarbeit, Veterinärmedizinische Universität Wien.

Huber L., 2016. Untersuchungen zur Effizienz bei Milchkühen in Österreich. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

Auer V., 2015. Einflüsse von Außentemperatur auf die Leistung und Gesundheit von Milchkühen unter Berücksichtigung verschiedener Haltungsfaktoren. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

Tüchler Th., 2015. Analyse der Häufigkeiten von Stoffwechselstörungen und Mastitis bei Milchkühen. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

Ederer S., 2014. Beziehungen von Stoffwechselerkrankungen und Merkmalen aus der Milchleistungskontrolle in der Rasse Fleckvieh. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

Ledinek M, 2014. Futteraufnahme, Milchleistung, Energiebilanz, Lebendmasse und Körpermaße von Milchkühen im Laufe der Laktation sowie Zusammenhänge zwischen diesen Parametern. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

Stegfellner M., 2014. Zusammenhänge zwischen Körpermaßen, Körperkondition, Lebendmasse und Milchleistung bei Milchkühen verschiedener Rassen und Laktationsstadien. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

Film über Projekt: youtube

unten der Link zum Imagefilm Projekt „Efficient Cow“

http://youtu.be/9J8WUFQL-40

Publikationen in Bearbeitung

Ledinek et al.:

Efficient Cow: Estimated feed and nutrient intake of dual purpose Simmental, Holstein and Brown Swiss cows using on-farm collected data

Efficient Cow: Nutrient supply and energy balance and their connection to milk yield, feed intake, body weight, body measurements and BCS

Efficient Cow: The effect of breed, parity and stage of lactation on the efficiency of dual purpose Simmental, Holstein and Brown Swiss cows

Efficient Cow: Prediction of body weight using body measurements of lactating and dry cows

Gruber et al.: Feed conversion efficiency of Simmental and Holstein dairy cows depending on body weight

Kofler et al.: Study on relationship between claw disorders, lameness and fertility

Egger-Danner et al.: Assessment of the potential use of different direct and indirect traits for genetic improvement of claw health based on data from Efficient Cow

Fürst-Waltl et al.: Metabolic disorders – evaluation of various data sources for genetic improvement of metabolic disorders

Koeck et al. : Genetic relationship between efficiency and health traits

Egger-Danner et al.: Recommendations for on-farm recording of novel traits for cow calibration for genomic evaluation

Invited review: Genetics and claw health: Opportunities to enhance claw health by genetic selection (ICAR WGFT gemeinsam mit internationalen Klauenexperten). J. Dairy Science

Auszeichnungen

<u>Featured articles of the month of Animal:</u>

Egger-Danner C., Cole J.B., Pryce J.E., Gengler N., Heringstad B., Bradley A. und Stock, K.F. (2014): Invited review: overview of new traits and phenotyping strategies in dairy cattle with a focus on functional traits. Animal 12:1-17. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25387784.

14 Fortbildung, Kurse, Seminare, Sitzungen

2016

European Brown Swiss Federation (EBSF) Genetic Workshop, 15.10.2016 Hannover (Egger-Danner)

ICAR-Konferenz, 24-28.Oktober 2015, Puerto Varas, Chile.

24th International Symposium Animal Science Days, Sept. 21-23, Ptuj (Ledinek)

Genetic analysis of on-farm recorded efficiency related traits (results of the project "Efficient Cow") Vorlesung im Rahmen des Tierwissenschaftlichen Seminars der Univ. Hohenheim, 1.12.2016 (Fürst-Waltl)

Besprechung der Wissenschaftspartner, 16.11.2016 im Haus der Tierzucht, Wien

Österreichische Fachtagung Biologische Landwirtschaft – Low-Input Grünlandwirtschaft und Rinderhaltung, 10.11.2016, HBLFA Raumberg-Gumpenstein (Zollitsch)

Interbull-Tagung, 24-25.10.2016, Puerto Varas, Chile (Egger-Danner)

ICAR-Tagung, 24-28.10.2016, Puerto Varas, Chile (Egger-Danner, Zottl)

ASD-Conference (Fürst-Waltl, Ledinek)

67th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science (EAAP), 29.8.-2.9.2016 in Belfast, Nordirland (Fürst-Waltl, Steininger, Burgstaller)

Online-Besprechung bzgl. genetischer Analysen, 04.08.2016

Treffen der Efficient Cow – Partner mit Vorstellung von Zwischenergebnissen aus dem Projekt und Diskussion mit Vertretern der Zuchtorganisationen und Kontrollverbände, 08.07.2016 an der LK Oberösterreich, Linz

Besprechung der Wissenschaftspartner zur Koordination der Datenauswertung, 10.05.2016 im Haus der Tierzucht, Wien

Besprechung bzgl. Kooperation mit der Vetmeduni Wien zur weiteren Auswertung der Daten, 10.05.2016 im Haus der Tierzucht, Wien

Lange Nacht der Forschung, 22.4.2016, Hohenzell, Österreich (Hörtenhuber, Egger-Danner)

Besprechung der Wissenschaftspartner zur Koordination der Datenauswertung, 20.01.2016 im Haus der Tierzucht, Wien

Projektberichte im Zuge von Sitzungen von Partnerorganisationen.

2015

42. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2015, 25.-26. März 2015, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, (Egger-Danner, Stegfellner, Gruber)

Abschlussveranstaltung mit Übergabe der Auswertungsberichte für teilnehmende Landwirte in NÖ, 10.12.2015 in der Berglandhalle (Steininger)

Abschlussveranstaltung mit Übergabe der Auswertungsberichte für teilnehmende

Landwirte in Vorarlberg, 03.12.2015 in Hohenems (Steininger)

Abschlussveranstaltung mit Übergabe der Auswertungsberichte für teilnehmende Landwirte in Tirol, 02.12.2015 in Telfs (Steininger)

Abschlussveranstaltung mit Übergabe der Auswertungsberichte für teilnehmende Landwirte in der Steiermark, 30.11.2015 in Kammern im Liesingtal (Egger-Danner)

Abschlussveranstaltung mit Übergabe der Auswertungsberichte für teilnehmende Landwirte in Oberösterreich, 26.11.2015 an der BBK Wels (Egger-Danner)

Abschlussveranstaltung mit Übergabe der Auswertungsberichte für teilnehmende Landwirte in Salzburg, 24.11.2015 an der LFS Kleßheim, Wals (Egger-Danner)

Mitarbeiterschulung und Feedback-Gespräch Österreich West, 12.11.2015 in Innsbruck

Mitarbeiterschulung und Feedback-Gespräch Österreich Ost, 11.11.2015 in Linz

Besprechung EC-Kernteam, 20.10.2015 im Haus der Tierzucht, Wien

Betriebsbesuche für topagrar-Bericht, 01.10.2015 im Raum Hainfeld (NÖ)

Besprechung der Efficient Cow – Partner bzgl. Koordination der Übergabe der Auswertungen für Landwirte und Schulung der Mitarbeiter, 28.09.2015 im Haus der Tierzucht, Wien

16. Jahrestagung der WGM (Wissenschaftliche Gesellschaft der Milcherzeugerberater e.V.), 29.9.-1.10.2015, Echem, Deutschland (Zollitsch)

66th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science (EAAP), 31.8.-4.9.2015 in Warschau, Polen (Fürst-Waltl, Egger-Danner)

Vortrag im Rahmen der Vorstandssitzung von HF-AUSTRIA, 02.07.2015 in Schardorf/Gai

Besprechung bzgl. Stand der Schätzung der TM-Aufnahme und Vorstellung von Auswertungen im Rahmen von Masterarbeiten, 30.06.2015 im Haus der Tierzucht, Wien

Vortrag im Rahmen der Vorstandssitzung von BV-AUSTRIA, 23.06.2015 in der Bergland-Halle

Zuchtwertschätzteam Visionary Meeting, 23.-24.06.2015 in Niederaltaich, Deutschland. Themen: Zuchtziel, GZW-Berechnung (Egger-Danner, Fürst)

14. BOKU-Symposium Tierernährung, 9.4.2015, Wien (Zollitsch)

ICAR-Technischer Workshop, 10-12. Juni 2015, Krakau, Polen (Egger-Danner, Steininger)

Vortrag im Rahmen der Generalversammlung der Braunviehzüchter Vorarlberg, 28.03.2015 in Hohenems (Steininger)

Besprechung bzgl. Erstellung des Zwischenberichts, 02.03.2015 im Haus der Tierzucht, Wien

Seminar des Ausschusses für Genetik der ZAR, 12.3.2015 in Salzburg. Gesunde Klauen und gute Fundamente. Einflussfaktoren und Verbesserungsmaßnahmen (Egger-Danner, Fürst, Fürst-Waltl, Schwarzenbacher, Steininger)

7. Rinder-Workshop, 17.-18.02.2015 in Uelzen, Deutschland (Fürst-Waltl)

Vortrag bei der Wintertagung des Ökosozialen Forums, 30.1.2015 in Aigen im Ennstal

(Steininger)

Online-Besprechung zur Koordination des Abschlusses der Datenerfassung am 08.01.2016

Projektberichte im Zuge von Sitzungen von Partnerorganisationen.

2014

Besprechung bzgl. Auswertungen zum Herdenmanagement für teilnehmende Landwirte, 18.12.2014 im Haus der Tierzucht, Wien

Besprechung bzgl. Auswertungen zum Herdenmanagement für teilnehmende Landwirte, 09.09.2014 im Haus der Tierzucht, Wien

65th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science (EAAP), 25.-29.8.2014 in Kopenhagen, Dänemark (Fürst-Waltl, Pfeiffer)

65th Annual Meeting of the European Association for Animal Production, 25.-29.08.2014, Copenhagen, Denmark (Ledinek, Gruber)

41. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2014, LFZ Raumberg-Gumpenstein (Ledinek, Gruber)

Besprechung bzgl. Auswertungen zum Herdenmanagement für teilnehmende Landwirte, 29.07.2014 im Haus der Tierzucht, Wien

39th ICAR Session- Interbull Meeting, 19.-23.5.2014 in Berlin, Deutschland (Egger-Danner, Fürst-Waltl)

27. Baumgartenberger Fachgespräche, Grein, 9. Mai 2014 (Egger-Danner)

Besprechung bzgl. Auswertungen zum Herdenmanagement für teilnehmende Landwirte, 27.03.2014 im Haus der Tierzucht, Wien

Vorstellung des aktuellen Projektstandes im Ausschuss für Genetik, 05.03.2014 in Salzburg

Infoveranstaltungen für Tirol, 30.01.2014 in Rotholz und Imst

Mitarbeiterschulung für Tirol und Vorarlberg, 17.01.2014 in Oetz

Online-Besprechung zur Koordination der Datenerfassung und -auswertung an folgenden Tagen: 14.01., 21.01., 27.01, 04.02., 11.02., 17.02., 25.02., 11.03., 08.04., 28.04., 28.05., 12.06., 26.06., 01.07., 15.07., 23.07., 14.10., 04.11.

Projektberichte im Zuge von Sitzungen von Partnerorganisationen.

2013

Online-Konferenz bzgl. Betriebsauswahl, Datenerfassung und Futtermittelanalysen, 18.12.2013

Infoveranstaltung für Vorarlberg, 03.12.2013 in Hohenems

Besprechung mit GF der LKVs, 28.11.2013 im Haus der Tierzucht, Wien

Infoveranstaltung für Salzburg, 19.11.2013 in Dorfwerfen/Pfarrwerfen

Mitarbeiterschulung, 12.11.2013 im LFZ Raumberg-Gumpenstein

Probe-Datenerhebung für Efficient Cow, 30.10.2013 am Lehr- und Forschungsgut Kremesberg

Infoveranstaltung für Stmk., 24.10.2013 in Leoben und Gleisdorf

Vorstellung des Projektes Efficient Cow im Rahmen einer Besprechung der AKM-Verantwortlichen, 23.10.2013

Infoveranstaltung für OÖ II, 22.10.2013 in Engerwitzdorf

Vorstellung des Projekts im Rahmen eines Workshops mit Multiplikatoren von Holstein Austria, 21.10.2013 in Wals-Siezenheim

Infoveranstaltung für OÖ I, 21.10.2013 in den Verbandsgebäuden des FIH, Ried im Innkreis

Koordinations-Sitzung für Efficient Cow, 14.10.2013 an der LK Oberösterreich, Linz

Besprechung bzgl. Datenerfassung, 17.09.2013 im Haus der Tierzucht, Wien

64th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science (EAAP), 26.-30.08.2013 in Nantes, Frankreich (Egger-Danner, Fürst-Waltl, Pfeiffer, Steininger)

Interbull Open Meeting, 24.-25.08.2013 in Nantes, Frankreich (Egger-Danner, Fürst-Waltl)

Besprechung bzgl. Datenerfassung und Auswertungen, 17.07.2013 im Büro des LKV NÖ, Zwettl

Besprechung zur Entwicklung von Auswertungen für Landwirte, 15.07.2013 an der LK Oberösterreich, Linz

Gemeinsame Sitzung der Ausschüsse LKV und Zuchtverbände, 14.06.2013 im Festsaal des BMLFUW, Wien

Vorbesprechung für die gemeinsame Sitzung der Ausschüsse LKV und Zuchtverbände, 14.06.2013 im Haus der Tierzucht, Wien

Seminar des Ausschusses für Genetik der ZAR, 21.03.2013 in Salzburg. Die beste Kuh für's Gras (Egger-Danner, Fürst, Fürst-Waltl, Schwarzenbacher, Steininger)

Projektberichte im Zuge von Sitzungen von Partnerorganisationen.

15 Literaturverzeichnis

AGÖF, 2014. Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Fleckviehzüchter, Zuchtprogramm Fleckvieh AUSTRIA 2012. http.//www.fleckvieh.at/fleckvieh-austria-zuchtprogramm.html. Abgerufen am 10.Februar 2014.

Amer, P.R., Kaufmann, A., Künzi, N., 1996. Breed choice and pricing system implications for farmers and political institutions from a Swiss cattle farm model. In: J.B. Dent, M.J. McGregor and A.R. Sibbald (eds.) Livestock farming systems. Research, development, socio-economics and the land manager. EAAP Publ. No. 79, Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands, pp 253-258.

Anderl M., Freudenschuß A., Haider S., et al., 2014. Austria´s National Inventory Report 2014. Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and under the Kyoto Protocol. Wien. ISBN: 978-3-99004-280-9, 840 S.

Anderl M., Haider S., Jobstmann H., et al., 2014. Austria´s Informative Inventory Report (IIR) 2014. Submission under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Wien. ISBN: 978-3-99004-279-3, 367 S.

Anderl M., Lampert C., Moosmann L., et al., 2015. AUSTRIA'S ANNUAL AIR EMISSION INVENTORY 1990-2013. Submission under National Emission Ceilings Directive 2001/81/EC. Wien. ISBN: 978-3-99004-312-7, 42 S.

Andrew S.M., Waldo D.R., Erdman R.A., 1994. Direct analysis of body composition of dairy cows at three physiological stages. J. Dairy Sci. 77, 3022–3033.

Banos G. und Coffey M.P., 2012. Technical note: Prediction of liveweight from linear conformation traits in dairy cattle. J. Dairy Sci. 95, 2170–2175.

Bauman D.E. und Currie W.B., 1980. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: A review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. J. Dairy Sci. 63, 1514–1529.

Berry. D.P.,2014. Breeding the dairy cow of the future – what do we need? http://www.adssymposium.com.au/inewsfiles/2014proceedings/1BerryADSS2014.pdf. Abgerufen am 28.11.2016

Berry D.P. und Pryce J.E., 2014. Feed efficiency in growing and mature animals. Proceedings of 10th Word Congress of Genetics Applied to Livestock Production, Vancouver 2014.

Berry D.P., Coffey M.P., Pryce J.E., de Haas Y., Løvendahl P., Krattenmacher N., Crowley J.J., Wang Z., Spurlock D., Weigel K., Macdonald K., Veerkamp R.F., 2014. International genetic evaluations for feed intake in dairy cattle through the collation of data from multiple sources. J. Dairy Sci. 97, 3894–3905.

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

Berry D.P., Buckley F., Dillon P., Evans R.D., Rath M., Veerkamp R.F., 2002. Genetic parameters for level and change of body condition score and body weight in dairy cows. J. Dairy Sci. 85, 2030–3039.

Berry D.P., Veerkamp R.F., Dillon P., 2006. Phenotypic profiles for body weight, body condition score, energy intake, and energy balance across different parities and concentrate feeding levels. Livest. Prod. Sci. 104, 1–12.

Bertoni G., Trevisi E., Lombardelli R., 2009. Some new aspects of nutrition, health conditions and fertility of intensively reared dairy cows. Ital. J. Anim. Sci. 8, 491-518.

Bibby J. und Toutenburg H., 1977. Prediction and improved estimation in linear models, Wiley, New York.

Bielak A.,.Derno M., Tuchscherer A., Hammon H.M., Susenbeth A., Kuhla B., 2016. Body fat mobilization in early lactation influences methane production of dairy cows. www.nature.com/scientificreports/. Doi:10.1038/srep28135, 1-13.

Blöttner S., Heins B.J., Wensch-Dorendorf M., Hansen L.B., Swalve H.H., 2011. Brown Swiss × Holstein crossbreds compared with pure Holsteins for calving traits, body weight, back fat thickness, fertility and body measurements. J. Dairy Sci. 94, 1058–1068.

BMLFUW/UBA (Bundesministerium für Land-, Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft / Umweltbundesamt, Hrsgb), 2006. Wassergüte in Österreich – Jahresbericht 2006.

Boelling D., Laursen V.M., Mark T., 2008. Claw Trimming Records and Locomotion Can Improve Selection for Feet and Legs. 59rd Annual Meeting of the Association of European Animal Production, August 2008, Vilnius, Lithuania.

Bongartz B., Cramer H., Eurich-Menden B., Flachowsky G., Gauly M., Heißenhuber A., Höppner D., Ingerwersen J., Marquardt O.-W., Menzel A., Osterburg B., Schwerin M., Taube F., Wittkowski G., 2011. Der Klimawandel und die Herausforderungen für die Nutztierhaltung von morgen in Deutschland. Positionspapier, DGfZ-Projektgruppe “Klimarelevanz in der Nutztierhaltung”,Deutsche Gesellschaft für Züchtungskunde e.V., Bonn.

Buchereit, N., Stammer, E., Junge, W., Thaller, G.,2011. Short Communication: Genetic relationship among daily energy balance, feed intake, body condition score, and fat to protein ratio of milk in dairy cows. J. Dairy Sci. 94:1586-1591.

Buckley F., Dillon P., Crosse S., Flynn F., Rath M., 2000. The performance of Holstein Friesian dairy cows of high and medium genetic merit for milk production on grass-based feeding systems. Livest. Prod. Sci. 64, 107–119.

Chapinal N., Koeck A., Sewalem A., Kelton D.F., Mason S., Cramer G., Miglior F., 2013. Genetic parameters for hoof lesions and their relationship with feet and leg traits in Canadian Holstein cows. Journal Dairy Sci., 96, 2596–2604.

Connor E.E.,2014. Invited review: Improving feed efficiency in dairy production: challenges and possibilities. Animal 2015, 9:3, pp 395–408.

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

Danish Agriculture & Food Council, 2015. Danish dairy farmers have top performance with regards to ammonia emissions. http://www.agricultureandfood.dk/Prices_Statistics/Environment/Danish_dairy_farmers_have_top_performance_with_regards_to_ammonia_emissions.aspx (zuletzt verwendet am 2015-08-15)

De Haas Y., Pryce J.E., Berry D.P., Veerkamp R.F., 2014. Genetic and genomic solutions to improve feed efficiency and reduce environmental impact of dairy cattle. Proceedings of the 10th Word Congress of Genetics Applied to Livestock Production, Vancouver 2014. https://asas.org/docs/default-source/wcgalp-proceedings-oral/286_paper_10254_manuscript_1264_0.pdf?sfvrsn=2

De Haas Y., Calus M.P.L., Veerkamp R.F., Wall E., Coffey M.P., Daetwyler H.D., Hayes B.J., Pryce J.E., 2012. Improved accuracy of genomic prediction for dry matter intake of dairy cattle from combined European and Australien data sets. J. Dairy Sci. 95, 6103-6112.

De Kruif, Mansfeld R., Hoedemaker M., 2007. Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind.2., vollständig überarbeitete und erweiterte Aufl., Stuttgart: Enke Verlag.

Dempfle L., 1992. Berücksichtigung von Fruchtbarkeit und Eutergesundheit in der Rinderzüchtung. Züchtungskunde 64:447-457.

Deutscher Holstein Verband (Hrsg.) 2016. Exterieurburteilung. Lineare Beschreibung. http://www.holstein-dhv.de/seiteninhalte/exterieur.html. Abgerufen am 28.November 2016

Dickinson F.N., McDaniel B.T., McDowell, 1969. Comparative efficiency of feed utilisation during first lactation of Ayrshire, Brown Swiss, and Holstein Cows. J. Dairy Sci. 52, 489–497.

Dillon P., Buckley F., Connor P.O., Hegarty D., Rath M., 2003. A comparison of different dairy cow breeds on a seasonal grass-based system of milk production. 1. Milk production, body weight, body condition score and DM intake. Livest. Prod. Sci. 83, 21–33.

DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 1997. DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer, 7. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 212 S.

Egger-Danner C., Willam A., Fuerst C., Schwarzenbacher H., Fuerst-Waltl B., 2012. Effect of breeding strategies using genomic information on fitness and health. J. Dairy Sci. 95, 4600–4609.

Elanco (Hrsg.) 2012. Keto-Test. Healthy Start. (Produktbroschüre)

Ecoinvent, 2014. Ecoinvent data v 3.1. Dübendorf, Switzerland.

Ederer S., 2014. Beziehungen von Stoffwechselerkrankungen und Merkmalen aus der Milchleistungskontrolle in der Rasse Fleckvieh. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur.

Egger-Danner C., Cole J., Pryce J., Gengler N., Heringstad B., Bradley A., Stock K., 2015. Invited review: overview of new traits and phenotyping strategies in dairy cattle with a focus on functional traits. Animal 9, 191-207.

Egger-Danner, C., Fürst, C., Fürst-Waltl, C., Pfeiffer, C., Schwarzenbacher, H., Steininger, F., Willam, A., 2015. Endbericht zum Projekt Optimierung der langfristigen züchterischen Entwicklung der österreichischen Rinderrassen unter besonderer Berücksichtigung der Gesundheit und der genomischen Selektion. https://www.dafne.at/dafne_plus_homepage/download.php?t=ProjectReportAttachment&k=3703.

Egger-Danner C. und Willam A., 2012. Neues genomisches Zuchtprogramm Fleckvieh AUSTRIA 2012. Was wird anders, was bringt es? Fleckvieh Austria – das österreichische Magazin für Fleckviehzucht, Ausgabe 6/2012, 6-10.

Egger-Danner, C., A Willam, C. Fuerst, H. Schwarzenbacher und B. Fuerst-Waltl, 2012. Effect of breeding strategies using genomis information on fitness and health. J. Dairy Sci. 95, 4600-4609.

Egger-Danner C., Fuerst-Waltl B., Obritzhauser W., Fuerst C., SchwarzenbacherH., Grassauer B., Mayerhofer M., Koeck A., 2012. Recording of direct health traits in Austria--experience report with emphasis on aspects of availability for breeding purposes. J Dairy Sci. 95,2765–2777, doi:10.3168/jds.2011-4876.

Elanco (Hrsg.) 2012. Keto-Test. Healthy Start. (Produktbroschüre).

Enevoldsen C. und Kristensen T., 1997. Estimation of body weight from body size measurements and body condition scores in dairy cows. J. Dairy Sci. 80, 1988–1995.

Enjalbert, F., M.C. Nicot, C. Bayourthe und R. Moncoulon 2001. Ketone Bodies in Milk and Blood of Dairy Cows: Relationship between Concentrations and Utilization for Detection of Subclinical Ketosis. J. Dairy Sci. 84, 583–589.

FAO, 2014. The Sustainability Assessment of Food and Agriculture systems (SAFA) Guidelines - Version 3.0. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy.

FAO, 2009. Declaration of the world food summit on food security. ftp://ftp.fao.orf/docrep/fao/Meeting/018/k6050e.pdf

Friggens N.C., Berg P., Theilgaard P., Korsgaard I.R., Ingvartsen K.L., Løvendahl P., Jensen J., 2007. Breed and parity effects on energy balance of genetically driven body energy change. J. Dairy Sci. 90, 5291–5305.

Fuerst-Waltl B., Fuerst C., Obritzhauser W., Egger-Danner C., 2016. Sustainable breeding objectives and possible selection response: finding the balance between economics and breeders' desires. J. Dairy Sci. 99 (12), 9796-9809.

Fuerst-Waltl B., Baumung R., Fuerst C., Köck A., Obritzhauser W., Schwarzenbacher H., Sölkner J., Willam A., Winter P., Egger-Danner C., 2010. Endbericht des Projektes Gesundheitsmonitoring Rind: Entwicklung einer Zuchtwertschätzung für Gesundheitsmerkmale. Report of the research project.

http://www.dafne.at/dafne_plus_homepage/index.php?section=dafneplus&content=result&&come_from=homepage&project_id=2704.

Fuerst-Waltl B., Fuerst C., Obritzhauser W., Egger-Danner C., 2016. Sustainable breeding objectives and possible selection response: Finding the balance between economics and breeders' preferences. Journal of Dairy Science 99, 9796-9809.

Fuerst-Waltl B., Fürst C., Obritzhauser W., Egger-Danner C.,2015. Berücksichtigung direkter Gesundheitsmerkmale im Gesamtzuchtzuchtwert. In: Deutsche Gesellschaft für Züchtungskunde e.V., DGfZ Schriftenreihe Heft 66; 7. Rinder-Workshop Uelzen, 103-112,ISSN 0949-8842.

Gasteiner J. 2004. Ketose - die bedeutendste Stoffwechselerkrankung der Milchkuh. ÖAG (Hrsg.).

Geishauser T., Leslie K., Kelton D., Duffield T., 1998. Evaluation of Five Cowside Tests for Use with Milk to Detect Subclinical Ketosis in Dairy Cows. J. Dairy Sci. 81, 438–443.

Geishauser T., Leslie K., Tenhag J. und Bashiri A., 2000. Evaluation of Eight Cow-Side Ketone Tests in Milk for Detection of Subclinical Ketosis in Dairy Cows. J. Dairy Sci. 83, 296–299.

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 2001. Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 8: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 135 S.

Grelet C., Bastin C., Gelé M., Davière J.-B., Johan M., Werner A., Reding R., Fernandez Pierna J.A., Colinet F.G., Dardenne P., Gengler N., Soyeurt H., Dehareng F., 2016. Development of Fourier transform mid-infrared calibrations to predict acetone, β-hydroxybutyrate and citrate contents in bovine milk through a European dairy network. J. Dairy Sci. (submitted).

Groeneveld E., Kovač M., Mielenz N., 2008. VCE Users's Guide and Reference Manual. Version 6.0. Institute of Farm Animal Genetics, Neustadt, Germany.

Gruber L., 2013. Grundfutterqualität, Kraftfutterniveau und genetisches Potenzial als Schlüsselfaktoren für die Höhe der Milchleistung. Tagungsband ZAR-Seminar, 21.03.2013, Salzburg, 21–40.

Gruber L. und Stegfellner M., 2015. Effizienz bei Milchkühen – Einfluss von Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium. In: 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.-26. März 2015, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2015, 23–40.

Gruber L., Schwarz F.J., Erdin D., Fischer B., Spiekers H., Steingass H., Meyer U., Chassot A., Jilg T., Obermaier A., Guggenberger T., 2004. Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen – Datenbasis von 10 Forschungs- und Universitätsinstituten Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. 116. VDLUFA-Kongress, Rostock, 13.-17. September 2004, Kongressband 2004, VDLUFA-Schriftenreihreihe 60, 484–504.

Gruber L., Steinwender R., Baumgartner W., 1995. Einfluß von Grundfutterqualität und Kraftfutterniveau auf Leistung, Stoffwechsel und Wirtschaftlichkeit von Kühen der Rasse

Fleckvieh und Holstein Friesian. In: 22. Tierzuchttagung 1995, Bericht BAL Gumpenstein, 1–49.

Gruber L., Steinwidder A., Guggenberger T., Wiedner G., 1997. Interpolation der Verdauungskoeffizienten von Grundfuttermitteln der DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer. Aktualisiertes Arbeitspapier der ÖAG-Fachgruppe Fütterung über die Grundlagen zur Berechnung der Verdaulichkeit und des UDP-Gehaltes auf der Basis der DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer (2. Auflage 1997).

Gruber L., Susenbeth A., Schwarz F.J., Fischer B., Spiekers H., Steingass H., Meyer U., Chassot A., Jilg T., Obermaier A., 2007. Bewertung des NEL-Systems und Schätzung des Energiebedarfs von Milchkühen auf der Basis von umfangreichen Fütterungsversuchen in Deutschland, Österreich und der Schweiz. In: 119. VDLUFA-Kongress 2007, Kongressband, Göttingen, 479–502.

Guinée J.B., Gorrée M., Heijungs R., Huppes G., Kleijn R., de Koning A., van Oers L., Wegener Sleeswijk A., Suh S., Udo de Haes H.A., de Bruijn H., van Duin R., Huijbregts M.A.J., 2002. Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards. I: LCA in perspective. IIa: Guide. IIb: Operational annex. III: Scientific background. Kluwer Academic Publishers, ISBN 1-4020-0228-9, Dordrecht, 2002, 692 pp.

Gunsett F.C., 1984. Linear index selection to improve traits defined as ratios. Journal of Animal Science 59, 1185–1193.

Häggman J. and Juga J., 2013. Genetic parameters for hoof disorders and feet and leg conformation traits in Finnish Holstein cows. J. Dairy Sci. 96, 3319–3325.

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

Haile-Marian M., Gonzalez-Recio O., Pryce J.E. 2014. Prediction of liveweight of cows from type traits and its relationship with production and fitness traits. J. Dairy Sci. 97, 1–17.

Hamann J. and Krömker V., 1997. Potential of specific milk composition variables for cow health management Livest. Prod. Sci. 48, 201-208.

Hansen L.B., Cole J.B., Marx G.D., Seykora A.J., 1999. Productive life and reasons for disposal of Holstein cows selected for large versus small body size. J. Dairy Sci. 82, 795–801.

Hart I.C., 1983. Endocrine control of nutrient partition in lactating ruminants. Proc. Nutr. Soc. 42, 181–194.

Hart I.C., Bines J.A., Morant S.V., 1979. Endocrine control of energy metabolism in the cow: Correlations of hormones and metabolites in high and low yielding cows for stages of lactation. J. Dairy Sci. 62, 270–277.

Hart I.C., Bines J.A., Morant S.V., Ridley J.L., 1978. Endocrine control of energy metabolism in the cow: Comparison of the levels of hormones (prolactin, growth hormone, insulin and thyroxine) and metabolites in the plasma of high- and low-yielding cattle at various stages of lactation. J. Endocrinology 77, 333–345.

Häusler, J., 2006. Körperkonditionsbeurteilung von Milchkühen. ÖAG (Hrsg.)

Hazel L.N. and Lush J.L., 1943. The efficiency of three methods of selection. J. Hered. 33, 393-399.

Hietala P., Wolfová M., Wolf J., Kantanen J., Juga J., 2014. Economic values of production and functional traits, including residual feed intake, in Finnish milk production. Journal of Dairy Science 97, 1092–1106.

Hörtenhuber S., Lindenthal T., Amon B., Markut T., Kirner L., Zollitsch W., 2010. Greenhouse gas emissions from selected Austrian dairy production systems: model calculations considering the effects of land use change. Renewable Agriculture and Food Systems 25 (4), 316-329.

Hörtenhuber S., Lindenthal T., Zollitsch W., 2011. Reduction of greenhouse gas emissions from feed supply chains by utilizing regionally produced protein sources - the case of Austrian dairy production. Journal of the Science of Food and Agriculture 91, 1118-1127.

Hörtenhuber S., Kirner L., Neumayr C., Quendler E., Strauss A., Drapela T., Zollitsch W., 2013. Integrative Bewertung von Merkmalen der ökologischen, ökonomischen und sozial-ethischen Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Produktionssysteme am Beispiel von Milchproduktionssystemen. (Integrative evaluation of ecological, economical and social sustainability aspects in agricultural production systems - the case of dairy production.) Endbericht ans BMLFUW. 230 S. https://www.dafne.at/prod/dafne_plus_common/attachment_download/81713ab42185809ab7dded240e0c4278/Endbericht_Nachhaltige_Milch_final.pdf (zuletzt verwendet am 2016-11-16)

Huber L., 2016. Untersuchungen zur Effizienz bei Milchkühen in Österreich. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

Huhtanen P., Rinne M., Mäntysaari P., Nousiainen J., 2011. Integration of the effects of animal and dietary factors on total dry matter intake of dairy cows fed silage-based diets. Animal 5, 691–702.

Hurley A.M., McParland S., Kennedy E., Lewis E., O´Donovan M., López-Villalobos N., Berry D.P., 2014. Genetics of Alternative Definitions of Feed Efficiency in Grazing Lactating Dairy Cows. Proceedings of 10th Word Congress of Genetics Applied to Livestock Production, Vancouver 2014. https://asas.org/docs/default-source/wcgalp-posters/580_paper_9736_manuscript_899_0.pdf?sfvrsn=2

Hüttmann H., Stamer E., Junge W., Thaller G., Kalm E., 2009. Analysis of feed intake and energy balance of high-yielding first lactating Holstein cows with fixed and random regression models. Animal 3, 181–188.

IBM Corp., 2012. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY.

IBM Corp., 2015. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 24.0. Armonk, NY.

ICAR (Hrsg.), 2016. ICAR Recording Guidelines. https://www.icar.org/index.php/recording-guidelines-in-menu. Abgerufen am 28.November 2016

ICAR, 2016. ICAR recording Guidelines. International agreement of recording practices. Available online (accessed September 2016): http://www.icar.org/index.php/recording-guidelines-in-menu/

Ingvartsen K. L. and Friggens N. C., 2005. To what extent do variabilities in hormones, metabolites and energy intake explain variability in milk yield? Domest. Anim. Endocrinol. 29,294-304.

Ingvartsen K.L. and Andersen J.B., 2000. Symposium: Dry Matter intake of lactating dairy cattle. Integration of metabolism and intake regulation: A review focusing on periparturient animals. J. Dairy Sci. 83, 1573–1597.

IPCC (International Panel on Climate Change). 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/ Accessed 25 May 2016.

Iwersen M., Falkenberg U., Voigtsberger R., Forderung D., Heuwieser W., 2009. Evaluation of an electronic cowside test to detect subclinical ketosis in dairy cows. J. Dairy Sci. 92, 2618–2624.

Jensen L.M., Nielsen N.I., Nadeau E., Markussen B., Nørgaard P., 2015. Evaluation of five models predicting feed intake by dairy cows fed total mixed rations. Livest. Sci. 176, 91–103.

De Jong G., van der Linde R., de Haas Y., Schopen G.C.B., Veerkamp R.F., 2016. Genetic evaluation for feed intake in the Netherlands and Flanders, impact on efficiency and responses. Präsentation Interbull, 24-25. Oktober, 2016, Puerto Varas, Chile.

De Jong G., van der Linde R., de Haas Y., Veerkamp R. F., 2016. Genetic evaluation for feed intake in the Netherlands and Flanders, impact on efficiency and responses. Interbull Meeting, Puerto Varas, Chile. http://www.interbull.org/static/web/DMI_EBVInterbull2016_Gerben.pdf.

Kennedy J., Dillon P., Delaby L., Faverdin P., Stakelum G., Rath M., 2003. Effect of genetic merit and concentrate supplementation on grass intake and milk production with Holstein Friesian dairy cows. J. Dairy Sci. 86, 610–621.

Kirchgessner M., Roth F.X., Schwarz F.J. und Stangl G.I., 2011. Tierernährung. Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. 13. überarb. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 643 S.

Kirchgeßner M., Windisch W., Müller H.L., 1995. Nutritional factors for the quantification of methane production. In W.V. Engelhardt, S. Leonhard-Marek, G. Breves, and D. Giesecke (Hrsg): Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction. Proceedings of the VIII International Symposium on Ruminant Physiology. 333–348.

Kirner L., 2006. Betriebswirtschaftliche Aspekte der Milchviehhaltung. In: FAT (Hrsg): Landtechnik im Alpenraum. FAT-Schriftenreihe Nr. 68, 107-113. http//www.blt.bmlfuw.gv.at/vero/veranst/030/Tagungsband/16_Kirner_Seite_107-114.pdf

Koeck A., Fuerst-Waltl B., Steininger F., Egger-Danner C., 2016a. Genetic parameters for body weight, body condition score and lameness in Austrian dairy cows. Interbull, Chile, 2016.

Koeck A., Jamrozik J., Kistemaker G.J., Schenkel F.S., Moore R.K., Lefebvre D.M., Kelton D.F., Miglior F., 2016. Genetic and phenotypic associations of milk β-hydroxybutyrate with ketosis in Canadian Holsteins . Canadian Journal of Animal Science Volume 96 (3), 302-305

Koeck A., Fuerst F., Egger-Danner C., 2015. Farmer-observed health data around calving—Genetic parameters and association with veterinarian diagnoses in Austrian Fleckvieh cows. J. Dairy Science, Vol. 98 (4), 2753-2758.

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. J. Dairy Sci. 96, 4688–4696.

Koenen E. P. C., Berentsen P. B. M., Groen A. F., 2000. Economic values of body weight and feed-intake capacity of dairy cattle under Dutch production circumstances. Livest. Prod. Sci. 66, 235–250.

König S., Sharifi A.R., Wentrot H., Landmann D., Else M., Simianer H., 2005. Genetic parameters of claw and foot disorders estimated with logistic models. J. Dairy Sci. 88, 3316-25.

König S., Swalve H.H., 2006. Modellkalkulationen zu züchterischen Möglichkeiten auf Klauengesundheit beim Milchrind. Züchtungskunde 78, 345 – 356.

Korver S., 1982. Feed intake and production in dairy breeds dependent on the ration. Doctoral thesis. Landbouwhogeschool te Wageningen, 139 S.

Krogmeier D., 2009. Zusammenhänge zwischen Nutzungsdauer und Körpergröße unter besonderer Berücksichtigung des Stallsystemes bei Braunvieh und Fleckvieh. Züchtungskunde 81, 328–340.

Ledinek M., 2014. Futteraufnahme, Milchleistung, Energiebilanz, Lebendmasse und Körpermaße von Milchkühen im Laufe der Laktation sowie Zusammenhänge zwischen diesen Parametern. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

Ledinek M. und Gruber L., 2014. Erhebungen von Körpermaßen und BCS im Laktationsverlauf und ihre Beziehungen zu Lebendmasse und Energiebilanz. In: 41. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2014, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, 31–44.

Ledinek M. und Gruber L., 2015. Körpermaße und BCS im Laufe der Laktation und ihre Beziehungen zu Lebendmasse und Energiebilanz. Züchtungskunde 87, 181–200.

Ledinek M., Gruber L., Steininger F., Fuerst-Waltl B., Zottl K., Royer M., Krimberger K., Mayerhofer M., Egger-Danner C., 2016. Efficient Cow – estimation of feed intake for efficiency traits using on-farm recorded data. 24th Int. Symp. “Animal Science Days”, Ptuj, Slovenia, 21–23 Sept. 2016, Acta Agriculturae Slovenica, Supplement 5, 71-75.

Leip A., Weiss F., Wassenaar T., Perez I., Fellmann T., Loudjani P., Tubiello F., Grandgirard D., Monni S., Biala K., 2010. Evaluation of the livestock sector's contribution to the EU greenhouse gas emissions (GGELS) – final report. European Commission, Joint Research Centre. http://ec.europa.eu/agriculture/analysis/external/livestockgas/full_text_en.pdf (2015-08-17)

Leip A., Britz W., Weis F., de Vries W., 2011. Farm, land, and soil nitrogen budgets for agriculture in Europe calculated with CAPRI. Environmental Pollution 159, 3243-3253

LfL Grub, 2015. Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Schafe und Ziegen. 39. Auflage, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising Weihenstephan, 98 S.

Lidauer M., Matilainen K., Mäntysaari E., Stranden I., 2015. MiX99 – Manual.

Lind B., 2007. Ableitung der Wirtschaftlichkeitskoeffizienten und optimalen Indexgewichte des Gesamtzuchtwertes für die deutschen Milch- und Zweinutzungsrassen unter Berücksichtigung aktueller und erwarteter zukünftiger Rahmenbedingungen. Diss., Georg-August-Universität Göttingen, Deutschland.

Lins M., Gruber L., Obritzhauser W., 2003. Zum Einfluss der Energieversorgung vor der Abkalbung auf Futteraufnahme, Körpermasse und Körperkondition sowie Milchleistung und Stoffwechsel von Milchkühen. Übers. Tierern. 31, 75–120.

Lopez-Villalobos N., Berry D. P., Horan B., Buckley F., Kennedy J., O'Donovan M., Shalloo L., Dillon P. G., 2008. Genetics of residual energy intake in Irish grazing dairy cows. Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod. 68, 97–100.

Lucy M.C. Verkerk G.A., Whyte B.E., McDonald K.A., Burton L., Cursons R.T., Roche J.R., Holmes C.W., 2009. Somatotropic axis and nutrient partitioning in genetically diverse dairy cows managed under different feed allowances in a pasture system. J. Dairy Sci. 92, 526–539.

Madsen, P. und Jensen, J., 2008. DMU – a package for analysing multivariate mixed models, version 6.

Maier M., Egger-Danner C., Dippel S., Winckler C., 2010. Klauengesundheit durch Zucht verbessern. Fortschrittlicher Landwirt 2010-8, 10–13.

Manzanilla-Pech C. I. V., Veerkamp R. F., Tempelman R. J., van Pelt M. L., Weigel K. A., VandeHaar M., Lawlor T. J., Spurlock D. M., Armentano L. E., Staple, C. R., Hanigan M., De Haas Y., 2016. Genetic parameters between feed-intake-related traits and conformation in 2 separate dairy populations—the Netherlands and United States. Journal of Dairy Science 99, 443–457.

Manzanilla Pech C.I.V., Veerkamp R.F., Calus M.P.L., Zom R., Knegsel A. van, Pryce J.E., De Haas Y,. 2014. Genetic parameters across lactation for feed intake, fat- and protein-corrected milk, and liveweight in first-parity Holstein cattle. Journal of Dairy Science 97, 5851–5862.

Manzenreiter H. (2012): Milchinhaltsstoffeals Indikatoren zur Erkennung von Ketose. Masterarbeit, Universitat für Bodenkultur Wien.

Martens H., 2012. Die Milchkuh – Wenn die Leistung zur Last wird! In: 39. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2012, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, 35–42.

Martens H., 2015. Stoffwechselbelastung und Gesundheitsrisiken der Milchkühe in der frühen Laktation. Tierärztl. Umschau 70, 496–504.

Mertens D.R., 1994. Regulation of forage intake. In: Forage quality, evaluation, and utilization. National Conference on Forage Quality, Evaluation, and Utilization. (G.C. Fahey, Ed.), 450–493.

Miesenberger J., 1997. Zuchtzieldefinition und Indexselektion für die österreichische Rinderzucht. Diss., Universität für Bodenkultur, Wien, Österreich.

Miglior F., MuirB.L., Van Doormaal B.J., 2005. Selection indices in Holstein cattle of various countries. Journal of Dairy Science 88, 1255-1263.

Naeslund S., 2008. Genetic variation in dairy cattle claw health traits recorded by claw trimmers. http://stud.epsilon.slu.se/5330/7/naeslund_s_130228.pdf.

Ngwerume F. and Mao L., 1992. Estimation of residual energy intake for lactating cows using an animal model. Journal of Dairy Science 75, 2283–2287.

NRC (National Research Council), 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th edition. Washington D. C.: National Academy Press.

Ødegard C., Svendsen M., Heringstad B., 2014. Genetic correlations between claw health and feet and leg conformation in Norwegian Red cows. J. Dairy Sci. 97,4522-4579.

Ødegard C., Svendsen M., Heringstad B., 2013. Genetic analyses of claw health in Norwegian Red cows. J. Dairy Sci. 96, 7274-7283.

Pfeiffer C., 2015. Optimization of the total merit index of Austrian dairy cattle – Validation and adaptation of an approximate multitrait two-step procedure. Dissertation, Universität für Bodenkultur Wien (BOKU), Österreich.

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

Podiwinsky C., 2011. Aspekte der Milchwirtschaft in der Klimadiskussion. Seminar der ZAR zum Thema „Klimaschutz und Energieeffizienz in der Rinderwirtschaft“, Hernstein, 30.-31. Mai 2011.

Prendiville R., Pierce K.M., Buckley F., 2009. An evaluation of production efficiencies among lactating Holstein-Friesian, Jersey, and Jersey × Holstein-Friesian cows at pasture. J. Dairy Sci. 91, 6176–6185.

Press W.H., Flannery B.P., Teukolsky S.A., Vetterling W.T., 1986. Numerical Recipies: The art of scientific computing. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Pryce JE., Gonzalez-Recio O., Nieuwhof G, Wales WJ., Coffey MP., Hayes BJ, Goddard ME., 2015. Hot topic: Definition and implementation of a breeding value for feed efficiency in dairy cows. J Dairy Sci. 2015 98(10), 7340-50.

Pryce JE., Wales WJ, de Haas Y., Veerkamp RF., Hayes B., 2014. Genomic selection for feed efficiency in dairy cattle. Animal 2014, 8 (1), 1-10.

Reinhard, F., 2016. EBSF (Europaen Brown Swiss Federation) Genetic Workshop. KuhVision. Eurotier, 15.11.2016, Hannover.

Roche J.R., Friggens N.C., Kay J.K., Fischer M.W., Stafford K.J., Berry D.P., 2010. Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health and welfare. Journal of Dairy Science 92, 5769-5801.

Sæther N., Havrevoll Ø., Thuen E., Vangen O., 2010. Differences in energy balance and energy efficiency between an old endangered and a modern Norwegian dairy cattle breed in a traditional indoor feeding system. Acta Agric. Scand. Section A - Anim. Sci. 60, 23–31.

SAS Institute Inc., 2015. SAS/STAT 9.4 User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC (USA).

Sprecher D.J., Hostetler D.E, Kaneene J.B., 1997. A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. Theriogenology 47, 1179–1187.

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

Stangassinger M., 2003. Beurteilung und Aussagekraft der Untersuchung von Blut-parametern zur Erkennung von Fütterungsfehlern. In: 30. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2003, Bericht BAL Gumpenstein, 1–9.

Stegfellner M., 2014. Zusammenhänge zwischen Körpermaßen, Körperkondition, Lebendmasse und Milchleistung bei Milchkühen verschiedener Rassen und Laktationsstadien. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

Steininger F., Fuerst-Waltl B., Egger-Danner C., 2013. Welche Anforderungen stellen die Züchter an die Kühe? In: ZAR (Zentrale Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Rinderzüchter) (Hrsg.) ZAR-Seminar 2013. Die beste Kuh für's Gras: 3–11. Salzburg.

Steininger F., Fuerst-Waltl B., Pfeiffer C., Fuerst C., Schwarzenbacher H., Egger-Danner C., 2012. Participatory development of breeding goals in Austrian dairy cattle. Acta Agriculturae Slovenica, Supplement 3, 143-147.

Steinwidder A., 2009. Modellrechnungen zum Einfluss der Lebendmasse von Milchkühen auf Futtereffizienz und Kraftfutterbedarf. Band 2 – Tierhaltung, Agrarpolitik und Betriebswirtschaft, Märkte und Lebensmittel. 10. Wissenschaftstagung Ökolog. Landbau, 11.-13. Febr. 2009, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 30–33.

Steverink M.H.A., Groen A.F., Berentsen P.B.M., 1994. The influence of environmental policies for cattle breeding goals. Livest. Prod. Sci. 40, 251–261.

Stranden I., Lidauer M., Mäntysaari E.A., Pösö J., 2001. Calculation of Interbull weighting factors for the Finnish test day model. Interbull Bulletin 26, 78-79.

St-Pierre N.R., 2003. Reassessment of biases in predicted nitrogen flows to the duodenum by NRC 2001, J. Dairy Sci. 86, 344–350.

Svendsen M., Skipenes P., Mao I. L., 1993. Genetic parameters in the feed conversion complex of primiparous cows in the first two trimesters. Journal of Animal Science 71, 1721–1729.

Thomet P. und Piccand V., 2011. Ressourceneffiziente Milchproduktion – Welcher Kuhtyp ist geeignet? In: 38. Viehwirtschaftliche Tagung, 13.-14. April 2011, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, 11-18.

Thomet P. und Steiger Burgos M., 2007. Kuhtyp für die graslandbasierte Milchproduktion. AgrarForschung 14 (9), 412-417.

Thomet P., Rätzer H., Durgiai B., 2002. Effizienz als Schlüssel für die wirtschaftliche Milchproduktion. Agrarforschung 9, 404–409.

Tiefenthaller F. 2013. Online Rationsprogramm. Landwirtschaftskammer OÖ (Hrsg.)

VandeHaar M.J., 2014. Feeding and Breeding For a More Efficient Cow. Dairy Technology 26, 17-30.

Van Pelt M.L., 2015. Von der Erfassung der Klauenpflegedaten zur Zuchtwertschätzung für Klauengesundheit – Beispielbericht Niederlande. In: Seminar des Ausschusses für Genetik der ZAR: Gesunde Klauen und gute Fundamente. Tagungsband, Salzburg, 12. März 2015, 57-62.

Van Soest P.J., Robertson J.P., Lewis B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74, 3583–3597.

VDLUFA (Verband deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten), 1976 inkl. Ergänzungsblätter 1983, 1988, 1993, 1997, 2004, 2006, 2007, 2012. Methodenbuch BAND III – Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

Veerkamp R.F and Emmans G.C., 1995. Sources of genetic variation in energetic efficiency of dairy cows. Livestock Production Science 44, 87-97.

Veerkamp R. F., Emmans G. C., Cromie A. R., Simm G., 1995. Variance components for residual feed intake in dairy cows. Livest. Prod. Sci. 41, 111–120.

Veerkamp R.F., 1998. Selection for economic efficiency of dairy cattle using information on lieve weight and feed intake: A review. J. Dairy Sci. 81, 1109–1119.

Veerkamp R.F. and Brotherstone S., 1997. Genetic correlations between linear type traits, food intake, body weight and body condition score in Holstein Friesian dairy cattle. Animal Sci. 64, 385–392.

Veerkamp R.F., Oldenbroek J.K, Van Der Gaast H.J.,Van Der Werf J.H.J., 2000. Genetic correlation between days until start of luteal activity and milk yield, energy balance, and liveweights. J. Dairy Sci. 83, 577–583.

Volden H., Nielsen N.I., Åkerlind M., Larsen M., Havrevoll Ø., Rygh A.J., 2011. Prediction of voluntary feed intake. In: H. Volden (Ed.), The Nordic Feed Evaluation System. EAAP Publication No. 130. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, 113–126.

Wall E., Coffey M.P., Brotherstone S., 2005. Body trait profiles in Holstein-Friesians modeled using random regression. J. Dairy Sci. 88, 3663–3671.

Walsh S., Buckley F., Berry D.P., Rath M., Pierce K., Byrne N., Dillon P., 2007. Effects of breed, feeding system, and parity on Udder Health and milking characteristics. J. Dairy Sci. 90, 5767–5779.

Weigel K.A., Yao C., Hoffmann P.C., Armentano L.E., Spurlock D.M., Tempelman R.J., VandeHaar M.J., 2014. Improving biological and economic aspects of production efficiency through genetic selection and genome-guided replacement management. Proceedings of the 10th Word Congress of Genetics Applied to Livestock Production, Vancouver 2014. https://asas.org/docs/default-source/wcgalp-proceedings-oral/285_paper_10256_manuscript_1629_0.pdf?sfvrsn=2

Wiedner G. und Stögmüller G., 2012. Futterhygiene in der Praxis. ÖAG (Hrsg.).

Willam A., Nitter G., Bartenschlager K., Karras K., Niebel E, Graser H.-U., 2008. ZPLAN – Manual for a PC-Program to Optimize Livestock Selection Schemes. Manual Version 2008 for Source Code "z10.for". Institut für Nutztierwissenschaften, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Universität für Bodenkultur Wien.

World Simmental Fleckvieh Federation (Hrsg.) 2016. Fleckscore Beschreibung. Info zur Fleckscoreberechnung. http://www.wsff.info/home-2/type/fleckscore-beschreibung. Abgerufen am 28.November 2016.

Yan T., Mayne C.S., Keady T.W.J., Agnew R.E., 2006. Effects of dairy cow genotype with two planes of nutrition on energy partitioning between milk and body tissue. J. Dairy Sci. 89, 1031–1041.

Yan T., Mayne C.S., Patterson D.C., Agnew R.E., 2009. Prediction of body weight and empty body composition using body size measurements in lactating dairy cows. Livest. Sci. 124, 233–241.

ZAR (Zentrale Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Rinderzüchter) (Hrsg.) 2004. Bedeutung des Exterieurs in der Rinderzucht. Seminar des Genetischen Ausschusses der ZAR. Salzburg, 2004.

ZAR (Zentrale Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Rinderzüchter) (Hrsg.) 2012. TGD-Programm Gesundheitsmonitoring. http://zar.at/Projekte/Gesundheitsmonitoring-Rind.html. Abgerufen am 28.November 2016

ZAR-Seminar 2016. Neue Zuchtziele in der Rinderzucht - Fit, vital und leistungsstark in die Zukunft. Seminar des Ausschusses für Genetik der ZAR am 10. März 2016 in Salzburg, in Kooperation mit dem Zuchtwertschätz-Team Deutschland – Österreich – Tschechien, Heffterhof, Salzburg.

Zebeli Q. and Klevenhusen F., 2011. High animal production efficiency for less environmental footprints: opportunities and challenges. EAAP, Norway, 2011. http://www.eaap.org/Stavanger/Sessions/Session%2014.html

Zehetmeier M., Baudracco J., Hoffmann H., Heißenhuber A., 2012. Does increasing milk yield per cow reduce greenhouse gas emissions? A system approach. Animal 6(1), 154-166. doi: 10.1017/S1751731111001467.

Zom R.L.G., Andre G., Van Vuuren A.M., 2012a. Development of a model for the prediction of feed intake by dairy cows: 1. Prediction of feed intake. Livest. Sci. 143, 43–57.

Zom R.L.G., Andre G., Van Vuuren A.M., 2012b. Development of a model for the prediction of feed intake by dairy cows: 2. Evaluation of prediction accuracy. Livest. Sci. 143, 58–69.

ZuchtData, 2016. Jahresbericht 2015. ZuchData- EDV-Dienstleistungen GmbH, Wien, 80 S.

16 Danksagung

Ein besonderer Dank an die 167 Betriebe, die beim Projekt „Efficient Cow“ mitgemacht haben. Durch das große Engagement der Landwirte und Mitarbeiter der Projektpartner ist es gelungen einen äußerst umfangreichen und wertvollen Datenpool für die Weiterentwicklung der Rinderzucht in Österreich zu schaffen. Finanziell wurde das Projekt „Efficient Cow“ vom Ministerium für ein lebenswertes Österreich und den Ämtern der Landesregierungen sowie der ZAR unterstützt. All diesen Menschen und Institutionen sei an dieser Stelle aufrichtig gedankt.

Ein herzliches Dankeschön ist auch an die Landeskontrollverbände und Zuchtverbände sowie deren Mitarbeiter gerichtet. Ihren aktiven Einsatz bei der Datenerhebung ist es zu verdanken, dass für die Auswertungen eine so umfassende und aussagekräftige Datengrundlage zur Verfügung gestellt werden konnte. Dieser „Datenschatz“ hat das Potential – weit über dieses Projekt hinaus – die Grundlage zur Abklärung von Fragen aus der Praxis zu sein.

Großer Dank gilt Martin Royer und Ing. Kurt Krimberger (HBLFA Raumberg-Gumpenstein) für die programmiertechnische Realisation besonders im Bereich der Futteraufnahmeschätzung und für die Unterstützung im Bereich der Datenaufbereitung. Besonderer Dank gilt auch Helga Bahar (HBLFA Raumberg-Gumpenstein) für die Gestaltung der Grafiken im AP 2 und AP 3 sowie Dipl.-Ing. Gerald Stögmüller (Futtermittellabor Rosenau) und dessen MitarbeiterInnen für die Bereitstellung der Futtermittelanalysen. Dank auch jenen KollegenInnen, welche bei der Qualitätssicherung und Dateneingabe im Bereich Fütterung mitgeholfen haben. Für die Unterstützung der Efficient Cow-Betriebe im Bereich der Fütterungsberatung bedanken wir uns bei den Fütterungsreferenten der Landwirtschaftskammern.

Ebenso sei dem Arbeitskreis Milch für die Bereitstellung ihrer Expertise bei der Ausarbeitung von Kennzahlen und den regen Diskussionen gedankt. Ein herzliches Dankeschön gebührt Herrn Dr. Walter Obritzhauser für die Datenbereitstellung zur Ableitung von wirtschaftlichen Gewichten und für die Unterstützung mit seiner fachlichen Expertise bei verschiedensten veterinärmedizinischen Fragen.

Im Zuge des Projektes wurden an der Universität für Bodenkultur Wien und auf der Veterinärmedizinischen Universität Wien Masterarbeiten zu Fragestellungen aus dem Projekt Efficient Cow verfasst, für deren erfolgreichen Abschluss möchten wir den Studenten und deren Betreuern Univ. Prof. Dr. Johann Kofler, Dr. Johann Burgstaller, Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. Birgit Fürst-Waltl und Ao.Univ.Prof. Dipl-Ing. Dr. Werner Zollitsch herzlich danken.

Dank gilt auch Herrn Univ. Prof. Dr. Qendrim Zebeli und Herrn Dr. Khol für ihre derzeit laufenden Arbeiten an den Daten aus Efficient Cow in Bezug auf Fütterung und Tiergesundheit.

Beim EU-Projekt Gene2Farm (EU-FP7-KBBE-2011-5-PNr.: 289592) bedanken wir uns für die Genotypisierung von rund 2000 Fleckvieh und 1000 Braunviehkühen aus dem Projekt Efficient Cow.

Bei der Fa. ELANCO bedanken wir uns für die Bereitstellung der Keto-Tests.

17 Anlagen

17.1 Ausgewählte Publikationen aus den verschiedenen Arbeitspaketen

- Anlage_AP1_ On farm recording of novel traits in dairy cattle - genetic parameters and recommendations _final.pdf
- Anlage_AP1_167 x Milchproduktion live.pdf
- Anlage_AP1_Betriebsbericht EfficientCow_kurz.pdf
- Anlage_AP1_EAAP2016_Abstract_ Recording of feed efficiency under on-farm conditions.pdf
- Anlage_AP1_EC-Broschüre für Mitarbeiter.pdf
- Anlage_AP1_Efficient Cow - Strategies for on-farm collecting of phenotypes for.pdf
- Anlage_AP1_Efficient Cow_Formulare.pdf
- Anlage_AP1_Recording of feed efficiency.pdf
- Anlage_AP2_„Efficient Cow" auf der Suche nach der effizienten Kuh.pdf
- Anlage_AP2_AP3_EAAP_Interrelationships of live weight, body measurements, BCS and energy balance of dairy cows.pdf
- Anlage_AP2_AP3_Effi zienz bei Milchkühen – Einfl uss von Rasse, Laktationszahl und.pdf
- Anlage_AP2_AP3_Interrelationships between live weight, body measurements, BCS and energy balance of dairy cows.pdf
- Anlage_AP2_AP3_Körpermaße und BCS im Laufe der Laktation und ihre.pdf
- Anlage_AP4_Der effizienten Kuh auf der Spur (1).pdf
- Anlage_AP4_EAAP2016_Abstract_Linear type traits show pronounced phenotypic relationships to foot and claw health.pdf
- Anlage_AP4_First results of the Austrian Efficient Cow project.pdf
- Anlage_AP5_EAAP2016_Abstract(Poster)_Ambient temperature and its effect on performance and udder health.pdf
- Anlage_AP5_EAAP2016_Abstract_Genetic parameters of body weight and body measurements of Austrian dairy cattle.pdf
- Anlage_AP5_EAAP2016_Abstract_The impact of husbandry conditions on claw health in Austrian dairy herds.pdf
- Anlage_AP5_Genetic parameters for body weight, body condition score and lameness in Austrian dairy cows.pdf
- Anlage_AP5_Genetic parameters of body weight and body measurements of Austrian dairy cattle.pdf
- Anlage_AP5_Invited review overview of new traits and phenotyping strategies.pdf
- Anlage_AP5_Mehr Kälber durch Klauenpflege.pdf
- Anlage_AP5_Metabolic disorders and their relationships to milk production traits in Austrian Fleckvieh.pdf
- Anlage_AP5_Poster_The estimation of additive, dominance and epistatic.pdf
- Anlage_AP5_Rund ist ungesund.pdf
- Anlage_AP5_The impact of claw health and lameness on fertility in Austrian dairy herds.pdf
- Anlage_AP5_The impact of husbandry conditions on claw health in Austrian dairy herds.pdf
- Anlage_AP5_Züchterische Verbesserung der Klauengesundheit – Internationale Entwicklungen und Situation in Österreich.pdf
- Anlage_AP7_Poster1_Klima-Grundlagen_Lange-Nacht-Forschung_SH_2016-04-16_WZ_.pdf
- Anlage_AP7_Poster2_THG-Rinder_Lange-Nacht-Forschung_SH_2016-04-16_WZ_.pdf
- Anlage_AP7_Poster3_Nachhaltigkeit_Wiederkäuer_Lange Nacht der Forschung.pdf
- Anlage_AP7_Umweltwirkungen der Milcherzeugung mit unterschiedlich effizienten Kühen.pdf
- Anlage_AP8_„Efficent Cow" – ein neues Projekt zur Optimierung der Milchproduktion.pdf
- Anlage_AP8_folder_efficientcow_web.pdf
- Anlage_AP8_Projekt Efficient Cow Effizienz und Umweltwirkung der Rinderwirtschaft im Fokus.pdf
- Anlage_AP8_Projektvorstellung „Efficient Cow".pdf