

Analyse österreichischer Milchviehbetriebe im Projekt „Efficient Cow“: Rationsgestaltung und Einfluss des Genotyps auf Produktions- und Effizienzmerkmale

*Analysis of commercial Austrian dairy farms in the project „Efficient Cow“: diet composition
and influence of genotype on production and efficiency traits*

Maria Ledinek^{1*}, Leonhard Gruber², Franz Steininger³, Birgit Fuerst-Waltl¹, Karl Zottl⁴,
Martin Royer², Kurt Krimberger², Martin Mayerhofer³ und Christa Egger-Danner³

Zusammenfassung

Die Studie untersucht Effizienzmerkmale in der Rinderzucht. Die Daten stammen von 6.105 Kühen, 161 Betrieben in 2014 (Projekt Efficient Cow). Die Effizienzmerkmale waren Lebendmasse-, Futter- und Energieeffizienz bezogen auf die Milchleistung. Die meisten Rationen basierten auf Gras- oder Maissilage. Beinahe die Hälfte der Datensätze (42,8 %) waren Rationen mit separat gefüttertem Kraftfutter oder aufgewertete Mischrationen (42,9 %). Der Anteil an Dauergrünlandfutter am Grundfutter reichte von 62 % (Totalmischration) bis 84 % (reine Grundfütterration). Die meisten Produktionsmerkmale und die Effizienz stiegen mit zunehmendem Red Holstein (RH)-Genanteil in Fleckvieh (FV) zu Holstein Friesian (HF) an. Die FV-Klasse mit höchstem RH-Anteil und HF hatte die höchste Milchleistung und Futteraufnahme (29,3 vs. 29,2 kg ECM/Tag; 20,8 vs. 20,9 kg TM/Tag). Brown Swiss (BS) und FV lagen auf geringerem Niveau (26,5 vs. 26,7 kg ECM/Tag; 19,8 vs. 19,7 kg TM/Tag). Der BCS jedoch sank mit ansteigender Milchbetonung von FV zu HF (FV, BS, HF mit 3,42; 2,88; 2,61 Pt.). Hohe Effizienz trat mit einer längeren negativen Energiebilanz auf. Daher ist ein erweiterter Effizienzbegriff bzw. Effizienzindex notwendig, welcher z.B. BCS, Gesundheit oder Fruchtbarkeit berücksichtigt. Besonders die Milchleistung treibt eine hohe Effizienz an. Dies verlangt energiereichere Rationen. Weitere Studien sind notwendig, um zu klären, wie die Effizienz auf Tierebene, wenn sie auf hoher Milchleistung und entsprechend energiereicher Fütterung basiert, mit einer nachhaltigen Milchproduktion und der Verwendung von humanernährungs-tauglichen Futtermitteln interagiert.

Schlagwörter: Effizienz, Energiebilanz, Body condition score, Grundfutter, Fütterungssystem

Summary

The aim of the study was to develop efficiency traits for Austrian cattle breeding. Data came from 161 farms, 6,105 cows, observed in 2014 (project Efficient Cow). The efficiency traits were body weight efficiency, feed and energy efficiency of dairy production. Most diets were grass silage- or maize silage-based. Nearly half (42.8 %) of the records were diets with separately fed concentrate or were partial mixed rations (42.9 %). Feedstuffs from permanent grassland ranged between 62 % (total mixed rations) and 84 % (pure forage diets) of forage. Most production traits and efficiency increased from Fleckvieh (FV) over FV groups with increasing Red Holstein (RH) genes to Holstein Friesian (HF). The FV group with highest RH proportion and HF had the highest milk yield and feed intake (29.3 vs. 29.2 kg ECM/d; 20.8 vs. 20.9 kg DM/d). Brown Swiss (BS) and FV had lower levels (26.5 vs. 26.7 kg ECM/d; 19.8 vs. 19.7 kg DM/d). BCS declined in relation to RH gene proportion of from FV to HF (FV, BS, HF with 3.42, 2.88, 2.61 Pt.). High efficiency co-occurred with a longer negative energy balance. The results highlight the necessity of a broader definition of efficiency in cattle breeding involving parameters like BCS, health and fertility traits. High milk yield driving efficiency was accompanied by energy-dense diets. Further research is needed to clarify how efficiency on animal level, if it is driven by milk yield and based on energy-dense diets, interacts with a sustainable dairy production and the use of human-edible feed stuffs.

Keywords: efficiency, energy balance, body condition score, forage, feeding system

¹ Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Nutztierwissenschaften, Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien

² HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, Raumberg 38, A-8952 Irnding-Donnersbachtal

³ ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH, Dresdner Straße 89, A-1200 Wien

⁴ LKV Niederösterreich, Pater Werner Deibl-Straße 4, A-3910 Zwettl

* Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Maria Ledinek, email: marialedinek@yahoo.de

Einleitung

In den letzten Jahrzehnten ist die Milchleistung deutlich angestiegen. Gleichzeitig sanken Nutzungsdauer, Fruchtbarkeit und Gesundheit (KNAUS 2009). Seit 1950 hat sich in Österreich die durchschnittliche Milchmenge per Laktation von 2.998 kg auf 7.281 kg mehr als verdoppelt (ZAR 2016). Die Nutzungsdauer sank hingegen ebenso wie in anderen Ländern z.B. in den USA und Bayern unter vier Laktationen (KNAUS 2009). Nach ESSL (1982) wurde damit der Grenzwert für die Kosteneffektivität der Kühe unterschritten. Der 1995 in Österreich eingeführte Zuchtwert für Nutzungsdauer gebot diesem Abwärtstrend Einhalt (FÜRST und EGGER-DANNER 2002). Zudem häufen sich Beobachtungen einer stetigen Zunahme der Körpergröße der Tiere (z.B. KROGMEIER 2009). Dies lag in den USA an der Annahme, dass größere Tiere mehr Milch geben (HANSEN 2000). VEERKAMP (1998) beschreibt aufgrund der Auswertung zahlreicher Studien eine genetisch positive Korrelation zwischen Lebendmasse und Milchleistung. Unzureichende Messungen, die Mobilisation von Körpergewebe, oder uneinheitliche Erhebungszeitpunkte dieser Studien überlagern jedoch den Zusammenhang und führen zu oft widersprüchlichen Ergebnissen. In den USA führten züchterische Langzeitstudien (z.B. MAHONEY et al. 1986, HANSEN et al. 1999, BECKER et al. 2012) zu größeren und schwereren Tieren mit höheren Gesundheitskosten. Die schwereren Kühe produzierten auch nicht die meiste Milch (BROWN et al. 1977). Sie weisen jedoch einen höheren Erhaltungsbedarf (GfE 2001) auf. GRUBER (2013) errechnete auf Basis der Nährstoffversorgungsempfehlungen der GfE (2001), dass Kühe durchschnittlich um 832 kg ECM (energiekorrigierte Milchmenge) mehr leisten müssen, wenn ihre Lebendmasse um 100 kg ansteigt, um die gleiche Nährstoff-Effizienz zu erreichen (4,75 MJ NEL pro kg ECM). Nach GRUBER et al. (2004) erhöht sich die Gesamtfuttermittelaufnahme pro kg Milchleistung jedoch nur um 0,22 kg. Dies erfordert eine höhere Energiekonzentration für die Deckung des zusätzlichen Nährstoffbedarfes, oder die Tiere müssen verstärkt Fett einschmelzen (STEINWIDDER 2009).

Aufgrund der hohen Futterkosten in der Milchwirtschaft (DE HAAS et al. 2014) wird den Effizienzmerkmalen immer mehr Beachtung geschenkt. Milchleistung, Futtermittelaufnahmekapazität, das Ausmaß an Mobilisation von Körpergewebe und die Verteilung der Nährstoffe zwischen Milch und Körper zählen zu den Hauptursachen der genetischen Variation der Energie-Effizienz (VEERKAMP und EMMANS 1995). Besonders bei hochleistenden/milchbetonten Tieren und in der frühen Laktation förderte die züchterische Betonung der Milchleistung katabole Stoffwechselprozesse durch eine negative Energiebilanz (MARTENS 2013). Die somatotrope Achse regelt die Aufteilung der Nährstoffe zwischen Milch und Körper (LUCY et al. 2009). Eine hohe Milchbetonung hebt die Gegenregulierung des mobilisations- und milchleistungsfördernden Wachstumshormons (Somatotropin, GH) in der frühen Laktation aus (Insulinresistenz). Damit geht eine verstärkte Mobilisation einher. Neuere Studien (z.B. RINGSEIS et al. 2015) verbinden die dabei freigesetzten freien Fettsäuren (NEFA) mit Entzündungserscheinungen und Stress im Endoplasmatischen Retikulum der Leber. Wie die Literatur zeigt, erstreckt sich die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit Nährstoffaufnahme, Lebendmasse,

Milchleistung und deren Relationen (Effizienzmerkmale) z.T. über viele Jahrzehnte. Relativ jung hingegen sind die Erkenntnisse zu den durch die Züchtung betroffenen Stoffwechselfvorgängen. Gleiches gilt auch für die tatsächliche züchterische Anwendung von Effizienzmerkmalen. Eine Zucht auf Effizienzmerkmale führt zu leichteren, aber stark mobilisierenden Tieren und wiederum zu den damit verbundenen Gesundheits- und Fruchtbarkeitsproblemen (VALLIMONT et al. 2011).

Die Rinderzucht Austria initiierte 2012 das Projekt „Efficient Cow“, um Effizienzmerkmale zu entwickeln und Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen zu prüfen. Die vorliegende Studie beleuchtet die Rationsgestaltung und Grundfütterzusammensetzung österreichischer Milchviehbetriebe. Weiters erläutert sie die Zusammenhänge zwischen Effizienz und Mobilisationsvorgängen abhängig von der Milchbetonung der Genotypen.

Material und Methoden

Datenerhebung und Schätzung der Futtermittelaufnahme

Die Daten stammen von 161 Milchviehbetrieben und 3.634 Fleckvieh, 1.437 Brown Swiss und 1.034 Holstein-Friesian Kühen. Die Betriebe liegen auf einer Seehöhe von 300 bis 1.460 m in flachen, hügeligen und gebirgigen Regionen. Die Rassen verteilen sich über alle Produktionsgebiete und spiegeln die österreichische Rassenverteilung wider (ZAR 2016). Acht Betriebe hielten alleinig Holstein, 24 Brown Swiss und 78 Fleckvieh. Die restlichen beherbergten zwei (39) oder drei Rassen (12). Kreuzungstiere außer Fleckvieh×Red Holstein gingen nicht in die Studie ein. Zu jeder routinemäßigen Milchleistungsprüfung wurden zusätzlich Lebendmasse, BCS, Brustumfang, Bauchumfang, Lahmheitsscore und Rationen aufgezeichnet. Pro Kuh ergaben sich bis zu 12 Erhebungen. Die meisten hatten acht. Das Grundfutter wurde getrennt nach botanischer Herkunft (Wiesenfutter, Maisganzpflanze, Klee, Klee gras, ...), nach Aufwuchs (1. Schnitt separat) und Konservierung (Grünfutter, Silage, Heu) beprobt. Die Herdengröße von 3,2 bis 97,9 Kühen entspricht der weiten Spannbreite österreichischer Betriebe. Die mittlere Herdengröße war mit 32,7 Kühen der doppelte damalige österreichische Durchschnitt von 16,5 (ZAR 2016). Das Produktionsniveau erwies sich ebenfalls als überdurchschnittlich. Größere und spezialisierte Einheiten ersetzen in den letzten 50 Jahren die kleinstrukturierte Landwirtschaft (KNAUS 2009, 2016). Dieser Trend setzt sich fort (BMLFUW 2016).

Die Futtermittelanalyse erfolgte im Futtermittellabor Rosenau der Landwirtschaftskammer Niederösterreich. Die Bestimmung der Rohnährstoffe erfolgte nach der Weender Analyse, jene der Gerüstsubstanzen nach den Angaben von VAN SOEST et al. (1991). Die angewendeten Methoden basieren auf den Richtlinien des VDLUFA (1976–2012). Durchschnittlich ergaben sich 7,5 Grundfütteranalysen pro Betrieb. Die Inhaltsstoffe des Kraftfutters entstammen den DLG-Futterwerttabellen (DLG 1997). Die chemische Zusammensetzung von kommerziellen Futtermitteln stellte TIEFENTHALLER (2014) zur Verfügung. Die Bewertung des Energie- und Proteingehaltes sowie die Berechnung der energiekorrigierten Milch (ECM), des täglichen Energie-

bedarfs und der ruminalen Stickstoffbilanz (RNB) folgen den Vorgaben der GfE (2001). Die tägliche Energiebilanz ergibt sich aus der Differenz zwischen Aufnahme und Bedarf an Energie. Die Beurteilung der Körperkondition (BCS) erfolgte im 5-Punkte-System nach EDMONSON et al. (1989). Die Futterraufnahmeschätzung nach GRUBER et al. (2004) berücksichtigte durch eine neuentwickelte Codierung der Rationskomponenten und mathematischen Gleichungen auch die unterschiedlichen Fütterungssysteme. Genauere Angaben zu Erhebung und Weiterverarbeitung der Rationsinformation finden sich in LEDINEK et al. (2016) und LEDINEK et al. (2018). In *Tabelle 1* ist die chemische Zusammensetzung der Futtermittel angeführt.

Die Effizienzparameter orientieren sich an der Beschreibung von BERRY und PRYCE (2014). Effizienz ist die Relation zwischen Output und Input und nach dem Inputparameter benannt. Die Lebendmasse-Effizienz ist als kg ECM pro kg metabolischer Lebendmasse ($LM^{0.75}$) definiert, die Futter-Effizienz als kg ECM pro kg täglicher Futterraufnahme (TM, Trockenmasse). Die Energie-Effizienz beschreibt den Energieoutput in der Milch (LE, lactation energy) pro aufgenommener Energieeinheit (gemessen in MJ NEL). Die Energie-Effizienz berücksichtigt über die Trockenmasse hinaus den Energiegehalt des Futters und berücksichtigt daher die Grundfutterqualität sowie den Kraftfutteranteil.

Statistische Analyse

Wie in LEDINEK et al. (2018, 2019) ausgeführt, beinhalten die Rassegruppen FV (Fleckvieh), HF (Holstein-Friesian) und BS (Brown Swiss) nur Tiere mit 100 % Genen der jeweiligen Rasse. Die Genotypen der Fleckvieh×Red Holstein-Kreuzungstiere (FV×RH) reihen sich nach ansteigendem RH-Genanteil. Es ergaben sich die Klassen FV×RH6.25 (durchschnittlich 6,25 % RH-Gene, 963 Kühe), FV×RH12.5 (durchschnittlich 12,5 % RH-Gene, 342 Kühe), FV×RH25 (durchschnittlich 25 % RH-Gene, 404 Kühe) und FV×RH50/75 (68 % RH-Gene, 349 Kühe: Kombination von FV×RH50 und FV×RH75). Damit ergab sich ein durchgängiges Spektrum zwischen den 100 %-Genotypen FV (1.576 Kühe) und HF. Dies erlaubt einen Blick auf den Einfluss der Betonung der Milchleistung in einer Zweinutzungsrasse.

Der Grundfüttertyp gruppiert die Rationen nach ihrer Grundfütterzusammensetzung. Die Hauptgrundfüttertypen sind GR (Grünfütter, Dauergrünland), GS (Grassilage), HE (Heu, Dauergrünland), MS (Maissilage), KL (Klee,

Klee gras), LU (Luzerne, Luzernegrass) und ST (Stroh). Wie wurden z.B. Grassilage, Heu, Luzerne oder Maissilage in der Fütterung kombiniert? Rationen, die einen überdurchschnittlichen Anteil z.B. an Grassilage hatten, wurden als grassilage-betont (GS) codiert. Fand sich noch eine andere überdurchschnittlich vertretene Komponente, z.B. Maissilage in der Ration, so entstand der Typ GSMS. Insgesamt kristallisierten sich 18 Subkategorien der Grundfüttertypen heraus (*Tabelle 2*).

Das Fütterungssystem (*Tabelle 3*) beschreibt, wie welche Rationskomponente verabreicht wird (besonders Kraftfutter). Das Kraftfutter wurde entweder vollständig mit dem Grundfütter vermischt (TMR, Totalmischration), oder teilweise mit dem Grundfütter vermischt und noch zusätzlich separat z.B. mittels Kraftfütterstation verabreicht (AGR, aufgewertete Mischration). Eine gänzlich separate Kraftfüttergabe neben einer reinen Grundfütterration galt als SEP. Rationen ohne Kraftfüttergabe sind reine Grundfütterrationen (GFR).

Das statistische Modell beinhaltet Genotyp, Laktationszahl (1, 2, 3+4, ≥ 5), Laktationsstadium (1–12) und deren Wechselwirkungen als fixe Effekte. Die Klassen des Laktationsstadiums bestehen aus 28-tägigen Laktationsmonaten innerhalb 336 Laktationstagen. Unterschiedliche Grundfütterrationen fließen als Grundfüttertyp (1–18) ein, das Management des Betriebes als fixer Effekt Betrieb (1–161). Der zufällige Tierereffekt ist in Betrieb und Genotyp genestet. Die Analyse erfolgte mit der PROC MIXED (SAS 9.4, SAS 2015), der Methode REML und der Freiheitsgradberechnung nach Kenward-Roger. Die Kovarianzstruktur VC wies das geringste Akaike Informationskriterium auf. Die multiplen Mittelwertvergleiche entsprechen der Ausführung ADJUST = TUKEY mit $p < 0,05$ für signifikante Differenzen (*Tabelle 5*).

Ergebnisse und Diskussion

Bedeutung von Fütterungssystem und Grundfüttertyp – deskriptive Beschreibung

Die *Tabellen 2* und *3* zeigen die Anzahl der Datensätze, der Kühe und Betriebe nach Grundfüttertyp und Fütterungssystem. Es zeigt also, wie viele Tiere, Betriebe oder Datensätze von einer bestimmten Grundfütterzusammensetzung oder einem bestimmten Fütterungssystem betroffen waren.

Tabelle 1: Chemische Zusammensetzung (Mittelwert \pm Standardabweichung) ausgewählter Grundfütterkomponenten (g/kg Trockenmasse (TM), außer anders angegeben)

Parameter	Grünfütter	Grassilage	Heu	Maissilage	Klee*	Luzerne*	Getreideganzpflanze
TM (g der Frischmasse)	188 \pm 22,6	356 \pm 68,9	926 \pm 20,6	337 \pm 40,8	381 \pm 134,4	734 \pm 256,9	195 \pm 35,2
Rohprotein (XP)	176 \pm 24,1	153 \pm 20,3	105 \pm 20,3	73 \pm 9,6	159 \pm 24,4	159 \pm 19,6	118 \pm 16,2
nXP	142 \pm 5,7	132 \pm 5,7	120 \pm 7,7	130 \pm 3,0	139 \pm 6,9	127 \pm 6,1	128 \pm 6,9
NDF	422 \pm 28,3	438 \pm 41,7	536 \pm 55,5	384 \pm 34,3	440 \pm 50,7	455 \pm 42,8	476 \pm 76,5
ADF	271 \pm 21,0	313 \pm 30,2	352 \pm 36,3	226 \pm 26,0	331 \pm 42,8	355 \pm 38,1	316 \pm 56,4
ADL	42 \pm 7,3	51 \pm 11,6	63 \pm 12,2	32 \pm 5,8	60 \pm 13,0	75 \pm 15,6	38 \pm 8,6
NFC	283 \pm 34,6	268 \pm 34,8	251 \pm 39,8	476 \pm 42,1	269 \pm 35,5	261 \pm 34,0	272 \pm 73,3
ME (MJ/kg TM)	10,66 \pm 0,41	9,94 \pm 0,38	9,30 \pm 0,50	10,87 \pm 0,25	10,37 \pm 0,49	8,76 \pm 0,56	10,07 \pm 0,45
NEL (MJ/kg TM)	6,43 \pm 0,30	5,93 \pm 0,26	5,45 \pm 0,35	6,56 \pm 0,19	6,24 \pm 0,36	5,07 \pm 0,39	6,01 \pm 0,33

*Heu und Silage; uCP: nutzbares Rohprotein am Dünndarm (GfE 2001); NDF: neutrale Detergenzien-Faser; ADF: saure Detergenzien-Faser; ADL: saures Detergenzien-Lignin; NFC: Nichtfaserkohlenhydrate; ME: umsetzbare Energie; NEL: Nettoenergie-Laktation
Angaben nach LEDINEK et al. (2018)

Tabelle 2: Verteilung der Datensätze, Kühe und Betriebe nach Grundfuttertyp (LEDINEK et al. 2018)

Grundfuttertyp	Datensätze (N = 38.070)	Subkategorien (N = 18)	Datensätze (N = 38.070)	Kühe* (N = 11.810)	Betriebe¶ (N = 403)
Grünfütter (GR)	2.136	GR	1.198	534	30
		GRHE	697	321	20
		GRGSHE	241	149	9
Grassilage (GS)	17.662	GS	15.054	3.622	102
		GSHE	1.267	696	34
		GSMS	313	224	7
		GSMSHE	1.028	769	27
Maissilage (MS)	10.826	MS	10.325	2.487	59
		MSHE	202	131	6
		MSGST†	163	89	3
		MSGSGR	136	68	3
Klee (KL)	3.250	KLGSMSHE	2.821	912	23
		KLMS	429	235	8
Luzerne (LU)	985	LUGSHEMS	650	224	10
		LUMS	162	51	2
		LUGS	173	124	3
Heu (HE)	3.089	HE	3.089	1.068	52
Getreideganzpflanze	122	Getreideganzpflanze	122	106	5

*Gesamtzahl der Kühe 6.105, mehrfache Zählungen durch Rationsanpassung

¶Gesamtzahl der Betriebe 161, mehrfache Zählungen durch Rationsanpassung

†ST: Stroh

Tabelle 3: Verteilung der Datensätze, Kühe und Betriebe nach Fütterungssystem

Fütterungssystem	Datensätze (N = 38.070)	Kühe* (N = 8.169)	Betriebe¶ (N = 313)
GFR	913	529	72
SEP	16.283	2.982	106
AGR	16.334	3.255	72
TMR	4.540	1.403	63

GFR: Grundfütterration; SEP: Grundfütterration mit separater Kraftfüttergabe; AGR: aufgewertete Mischration;

TMR: Totalmischration

*Gesamtzahl der Kühe 6.105, mehrfache Zählungen durch Rationsanpassung

¶Gesamtzahl der Betriebe 161, mehrfache Zählungen durch Rationsanpassung, (LEDINEK et al. 2018)

Aufsummiert ergeben sich höhere Zahlen an Kühen und Betrieben als im Projekt teilgenommen haben. Dies ist nicht überraschend. Die Landwirte veränderten Art und Menge der Kraftfutterfütterung. Damit änderte sich auch das Fütterungssystem. Besonders oft wird eine AGR zur TMR, wenn kein separates Kraftfutter aufgrund geringerer Leistung mehr gefüttert wurde. Dasselbe tritt auch häufig zwischen SEP und GFR auf. Ergab sich für ein Tier aufgrund seiner Leistung eine Kraftfuttergabe, so änderte sich seine Ration individuell von einer reinen GFR zu einer SEP. Diese Unterschiede traten im Laufe der Laktation entweder für die gesamte Herde, oder innerhalb eines Erhebungstermins zwischen Futtergruppen oder Einzeltieren auf, abhängig von Milchleistung oder vorhandenem Futter. Daher beziehen sich alle Analysen auf die tierindividuelle Ebene der Einzelmilchleistungsprüfung. Dies berücksichtigt den Effekt der Fütterung möglichst tierindividuell. Einige wenige Betriebe schufen sich auch im Laufe der Erhebung einen Mischwagen an, oder dieser war defekt. Ähnlich verhält es sich auch für den Grundfuttertyp. Das Futter veränderte sich nach saisonalem Angebot (z.B. Weide, Alpung oder günstiger Zukauf von Luzerne oder Maissilage). Damit zeigt sich eine große Vielfalt der Fütterung auf Praxisbetrieben. Die Genotypen verteilten sich über alle Fütterungssysteme und Grundfuttertypen (Abbildung 1). Rationen mit rein

separater Kraftfüttergabe SEP waren am stärksten in der Rasse BS vertreten (49,0 %). Der Anteil an SEP-Rationen sank kontinuierlich mit steigendem RH-Anteil von FV (46,2 %) über FV×RH5075 mit 37,9 % zu HF (27,6 %) ab. Dementsprechend stieg der Anteil an Datensätzen für AGR und TMR. BS weist den geringsten Anteil an Mischrationen auf, HF mit ca. 70 % den höchsten. Die Verteilung der Grundfuttertypen

nach Haupttyp zeigt eine Verringerung des Anteils an dauergrünlandbasierten Rationen über BS (68,9 %), allen FV-Gruppen (61 %) zu HF (43,4 %). Maissilage-betonte Rationen betreffen besonders HF-Kühe (43,2 %). Mit ansteigendem RH-Anteil gewinnen grassilage-betonte Rationen an Bedeutung. Der Anteil an maissilage-betonten Rationen hingegen bleibt bei BS und allen FV-Gruppen ähnlich. Die Zunahme an grassilage-betonten Rationen geht bei FV auf Kosten von heu- oder grünfütter/weide-betonten Rationen. Luzernereiche Rationen bilden für BS eine Ausnahme.

Einerseits zeigt sich eine Aufteilung in Dauergrünland- und maisanbaufähige Gebiete. Andererseits lassen sich auch die typischen Schwerpunkte der Fütterung und die regionale Rasseverteilung nach Genotyp erkennen (ZAR 2016).

Rationszusammensetzung und Inhaltstoffe der Grundfütterration nach Grundfuttertyp

Abbildung 1 zeigt die Grundfütterzusammensetzung der 18 Grundfuttertypen. Die chemischen Inhaltstoffe finden sich in Tabelle 4. Botanische Zusammensetzung und Konservierungsform variierten deutlich aufgrund der unterschiedlichen klimatischen Bedingungen in Österreich. Trotzdem zeigte sich eine eindeutige Spaltung in zwei vorherrschende Kategorien: beinahe reine Grassilageationen (Typ GS, 82 %

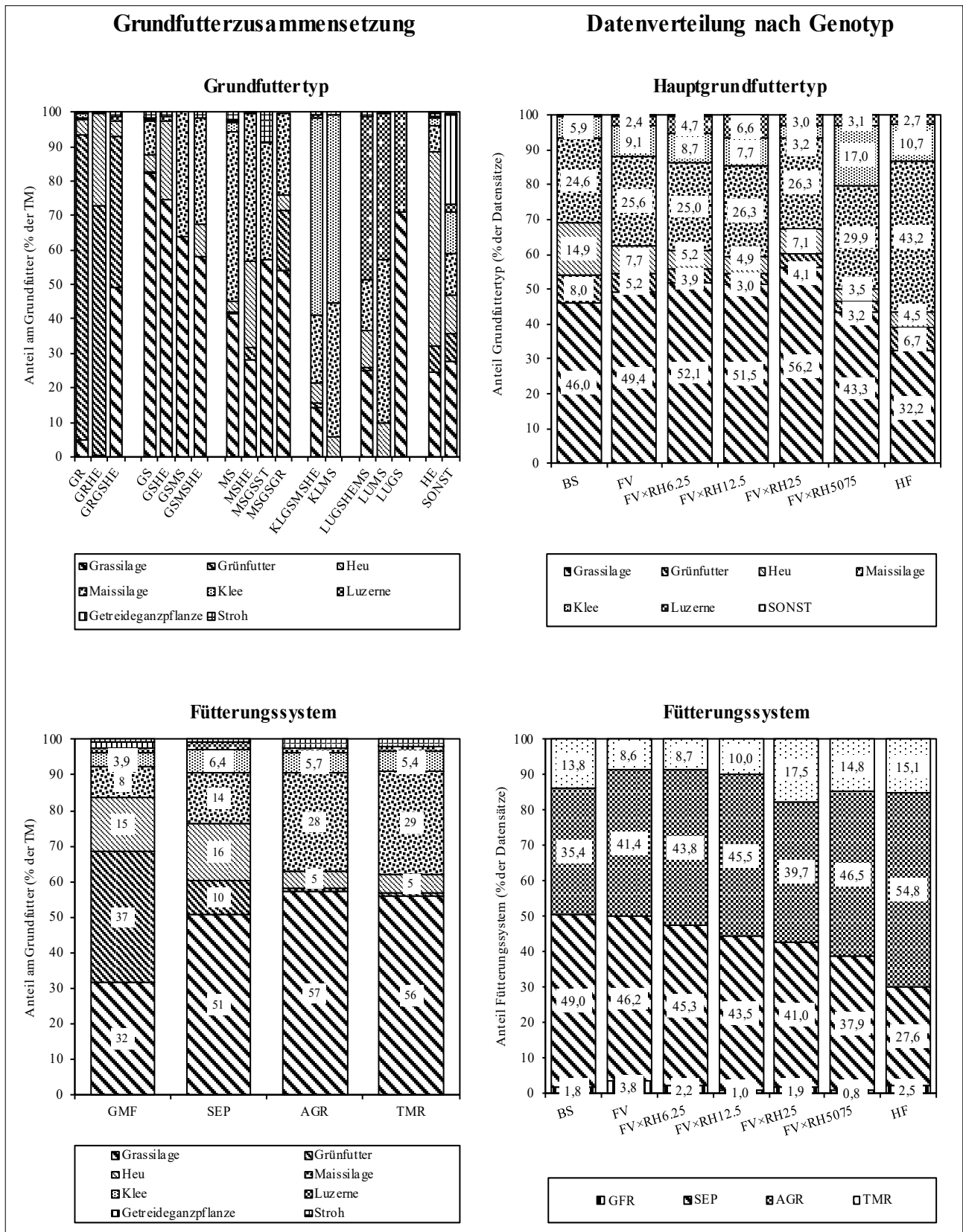


Abbildung 1: Grundfutterzusammensetzung nach Grundfüttertyp (GR: Grünfütter, GS: Grassilage, HE: Heu, MS: Maissilage, KL: Klee, LU: Luzerne, ST: Stroh) und Fütterungssystem (GMR: Grundfütterration, SEP: Grundfütterration mit separater Kraftfüttertergabe, AGR und TMR: aufgewertete und totale Mischration). Die gruppierten Säulen stellen die Subkategorien innerhalb eines Grundfüttertyps dar. Die Kombination von z.B. GR und HE zu GRHE entspricht einem überdurchschnittlichen Anteil von Grünfütter und Heu in diesem Grundfüttertyp. Die Verteilung der Datensätze nach Grundfüttertyp und Genotyp betrachtet die zusammengefassten Subkategorien eines Typs (z.B. GS, GSHE, GSMS, GSMSST gemeinsam), (LEDINEK et al. 2018)

Tabelle 4: Chemische Zusammensetzung der Grundfuttrertypen (g/kg TM) außer anders angegeben (ME und NEL in MJ, tägliche RNB in g/Tag, Harnstoff in mg/100ml)

Grundfutter	Grundfuttrertyp																		
	GR	GRHE	GRCGSHE	GS	GSHE	GSMS	GSMMSHE	MS	MSHE	MSGSSST	MSGSGR	KLGSMSHE	KLMS	LUGSMSHE	LUMS	LUGS	HE	SONST	
XP	163	155	140	136	131	123	123	115	115	124	122	141	126	139	110	150	124	130	
XF	231	238	252	252	258	242	244	237	245	246	246	245	235	264	260	262	259	267	
NDF	435	447	461	450	460	437	442	420	437	451	449	438	428	451	459	434	471	456	
NFC	283	282	271	285	284	325	316	358	340	308	314	302	338	290	324	290	284	293	
nXP	138	135	131	130	129	128	130	128	129	130	130	135	134	129	123	132	127	130	
RNB	4,04	3,10	1,55	1,01	0,38	-0,99	-0,84	-2,39	-2,04	-0,79	-1,21	0,98	-1,15	1,67	-2,03	2,75	-0,47	0,00	
ME	10,47	10,31	9,99	9,95	9,89	10,11	9,98	10,24	10,06	10,03	10,15	10,31	10,43	9,65	9,60	9,81	9,84	10,05	
NEL	6,29	6,18	5,96	5,94	5,89	6,04	5,96	6,14	6,00	5,99	6,07	6,18	6,26	5,71	5,66	5,83	5,84	5,99	
Stickstoffversorgung in der Gesamtration																			
RNB	4,41	3,61	2,03	1,84	1,29	0,65	1,00	0,21	0,05	0,84	0,14	2,02	0,58	2,58	-0,52	2,75	1,19	2,02	
tägl. RNB	83,9	68,1	38,3	38,0	27,8	14,9	20,4	5,2	4,5	17,5	8,4	41,5	14,5	51,5	-11,9	57,2	26,4	39,0	
Harnstoff	25	25	25	21	18	16	19	19	21	17	17	21	18	22	22	19	20	17	

Grassilage, 39,5 % aller Datensätze) und Typ MS mit 49 % Maissilage und 42 % Grassilage (27,1 % aller Datensätze). Typ MS glich damit den Rationen kommerzieller dänischer Milchviehbetriebe (KRISTENSEN et al. 2015) in einer vergleichbaren Studie. Obwohl klee- und luzerne-betonte Rationen nur 8,5 und 2,6 % aller Datensätze ausmachten, ersetzte der Leguminosenanbau regional das Dauergrünland. Die Grassilage der dänischen Betriebe entsprach übrigens einer Mischung von Raygras und Klee. Heu-betonte Rationen (56,5 % Heu) betrafen 8,1 % aller Datensätze. Die ebenfalls geringe Nutzung an grünfutter-betonten Rationen bzw. Weide (5,6 % der Datensätze) hat zwei Gründe: Einerseits ist die Weidehaltung durch klimatische und topografische Bedingungen eingeschränkter als z.B. in Irland und Neuseeland (DILLON et al. 1995, HARRIS und KOLVER 2001). Andererseits ist ein Rückgang der Weide durch vermehrte Stallfütterung und Leistungssteigerung in den letzten Jahrzehnten erkennbar (KNAUS 2009, 2016). Der Grundfuttrertyp beeinflusste die Inhaltsstoffe mit $p < 0,001$. Tabelle 4 zeigt neben der RNB der Grundfuttrertypen auch die RNB der Gesamtration, wie also der Kraftfuttereinsatz die RNB des Grundfutters verändert. Der XP-Gehalt bewegte sich zwischen 110 g/kg TM bei sehr maissilage-betonten Rationen bis zu 163 g bei weide- oder grünfutter-betonten Rationen. Der XP-Gehalt sinkt deutlich mit abnehmendem Anteil an Weide, Grassilage oder Leguminosen. Ein hoher Anteil an Weide/Grünfutter sowie Maissilage senkt den NDF-Gehalt. Dieser war im Typ HE mit 471 g am höchsten, im Typ MS mit 420 g/kg TM am geringsten. Beinahe ein Spiegelbild dazu bildet der Energiegehalt. Hier erreichen die proteinreichen bzw. an Gerüstsubstanzen armen Typen GR, GRHE, MS und beide kleebetonten Typen die höchsten Werte. Eine ausreichend hohe Futterqualität ist ausschlaggebend für eine bedarfsgerechte Ernährung, besonders bei einer hohen Milchleistung (COFFEY et al. 2004).

Ein weiterer Kennwert der Qualität einer Ration ist die RNB. Sie beschreibt die mikrobielle Versorgung mit Energie und Stickstoff im Pansen. Für die Pansenmikroben ist ein möglichst synchroner Kohlenhydrat- und Proteinabbau wichtig. Das Wirtstier ist auf eine bedarfsgerechte Versorgung an nXP (nutzbares Protein am Dünndarm) angewiesen. Die Kombination von Futtermitteln (Grundfutter und Kraftfutter) mit negativer und positiver RNB führt zum Ausgleich (GfE 2001). Hauptsächlich bewegten sich die Grundfütterationen mit einem hohen Maissilage- oder Heuanteil im leicht negativen Bereich. Grassilage-, grünfutter- und leguminosenreiche wiesen erwartungsgemäß einen Stickstoffüberschuss auf. Eine deutlich negative RNB ist nur in einem niedrigen Milchleistungsbereich tolerierbar, solange die nXP-Versorgung des Wirtstieres gesichert ist. Ein Stickstoffüberschuss geht auf Kosten von Tiergesundheit und Umwelt (GfE 2001).

Wie weit wurde das Kraftfutter nun ausgleichend zum Grundfuttrertyp eingesetzt? Die meisten Rationen erfahren eine Erhöhung des Stickstoffangebots relativ zum Energiegehalt. Die maissilage-betonten Rationen gelangen damit in einen leicht positiven bzw. ausgeglichenen Bereich. Gegen die Erwartungen nimmt der Stickstoffüberschuss auch bei den bereits positiven Typen zu. Dies führte zu einer täglichen RNB beim Typ GR von 84 g, beim Typ GRHE mit dem zweithöchsten Weide/Grünfutteranteil von 68 g Stickstoff.

Danach reihen sich jene Grundfütterertypen mit einem hohen Grassilage- und/oder Leguminosenanteil. Kühe vertragen eine tägliche RNB von +50 g Stickstoff noch problemlos. Im Bereich von +50 bis +100 g Stickstoff ist der Milhharnstoffgehalt zu überprüfen (GfE 2001). Dieser liegt bei allen GR-Typen im Bereich von 25 mg/100ml und sonst in einem Bereich zwischen 17 und 22 mg/100 ml. Allerdings zeigten zusätzliche Untersuchungen der Zusammenhänge von Milhharnstoff zu relevanten Einflussfaktoren wie RNB, XP, nXP und Energie-Gehalt, dass die MIR-Spektroskopie einen hohen Anteil an zufälliger Streuung durch Messungenauigkeiten hervorruft. Selbst die genauesten Erklärungsmodelle erreichten nur ein Bestimmtheitsmaß von ca. 30 % mit einem Schätzfehler von $\pm 7,3$ mg/100 ml bei einem Mittelwert von 21 mg (Spannweite ca. 60 mg/100 ml). Damit lässt sich eine Über- oder Unterversorgung an Stickstoff oder die Reaktion des Harnstoffgehaltes auf eine Veränderung der Stickstoffversorgung nicht ausreichend bestimmen (Daten nicht gezeigt). Zu ähnlich ernüchternden Ergebnissen kommen auch eine großangelegte Studie zur Validierung der Harnstoff-Analyse mittels MIR-Spektroskopie in Deutschland (JILG et al. 2018) und die Ergebnisse der Masterarbeit von ORNETSMÜLLER (2018). Zum Vergleich erreichten BRODERICK und CLAYTON (1997) mit der Diacetylmoxim-Methode für colorimetrische Bestimmung des Harnstoffes ein Bestimmtheitsmaß von 83 bis 87 %.

Weiters ist zu beachten, dass die RNB-Werte der Gesamtrationen Least Square Means sind, also von Einflussfaktoren statistisch bereinigte Mittelwerte. So traten auch Rationen mit täglichen RNB-Werten über +100 g auf. Entscheidend für die Unterschiede zu ähnlich zusammengesetzten Rationen mit jedoch akzeptabler RNB ist der Nutzungszeitpunkt (des Dauergrünlandes). So erreicht nur ein früh genutzter Aufwuchs einer häufig genutzten Wiese (≥ 4 Nutzungen) eine RNB von bis zu 15 g/kg TM (DLG 1997). Je höher der Leistungsbedarf der Kühe, desto notwendiger ist jedoch eine hohe Grundfutterqualität für eine wiederkäufer- und leistungsgerechte Ernährung (z.B. GRUBER et al. 1995). Allerdings führt eine hohe Nutzungsintensität des Dauergrünlandes ohne ausreichend ausgleichender Rationskomponenten unweigerlich zu erhöhten Stickstoffverlusten. Ein Beispiel für Grünfütterung im Vegetationsstadium Schossen soll dies erörtern (DLG 1997).

Bei einem untergrasreichen Dauergrünland mit ≥ 4 Nutzungen sind ab der 2. Nutzung von 235 g XP nur 143 g nXP nutzbar. Dies erzeugt einen Stickstoffüberschuss von +15 g/kg TM. Bei einer entsprechenden Wiese mit 2 bis 3 Nutzungen sind von 206 g XP als nXP 149 g nutzbar. Die RNB beträgt +9 g/kg TM. Bei einer obergrasreichen Wiese mit 2 bis 3 Nutzungen sind von 183 g XP immerhin 140 g als nXP nutzbar. Mit +7 g/kg TM halbiert sich der Stickstoffüberschuss verglichen mit der Variante mit ≥ 4 Nutzungen. In allen drei Varianten kann die Kuh nur ähnlich viel Protein tatsächlich nutzen. Das durch die zusätzliche Nutzung der Wiese erarbeitete Protein geht verloren. Für Grassilagen tritt derselbe Effekt auf einem etwas geringeren Niveau auf (nXP 136 g, RNB +8 g bei ≥ 4 Nutzungen; bei 2 bis 3 Nutzungen nXP 135 g, RNB +6 g obergrasreich). Trotzdem traten auch bei den grassilage-betonen Rationen z.T. sehr hohe Stickstoffüberschüsse auf, falls ausgleichende Rationskomponenten nicht ausreichend eingesetzt wurden. Ein Stickstoffüberschuss vermindert die Fruchtbarkeit

durch toxische Effekte von Ammoniak und dessen Stoffwechselprodukten auf Eizellen und Embryonen in einem frühen Entwicklungsstadium (FERGUSON und CHALUPA 1989). Ammoniak gilt als wichtige Vorläufersubstanz von Feinstaub. Dessen Emissionen sollen im Rahmen der NEC-Richtlinie begrenzt werden (BMNT 2019). Daher ist auf eine angepasste Nutzungsintensität und ausgleichende Futterkomponenten zu achten.

Rationszusammensetzung nach Fütterungssystem

Abbildung 1 zeigt die Grundfutterzusammensetzung nach Fütterungssystem. Reine Grundfütterationen (GFR) enthalten einen hohen Anteil an Weide und Heu. Weide und Heu traten kombiniert mit Mischrationen kaum auf. Heu diente oft als Lockfutter oder als Strukturkomponente. Der Anteil an Gras- und Maissilage stieg mit der intensiveren Fütterung von der reinen Grundfütteration über SEP zu den Mischrationen (60 % Grassilage und 30 Maissilage) an. Trotzdem dominierte das Dauergrünland mit 62 % am Grundfutter in der TMR und 84 % des Grundfutters in der reinen Grundfütteration. Reine Grundfütterationen betrafen nur 2,4 % aller Datensätze. Der Kraftfutteranteil lag bei SEP, AGR und TMR bei 27, 35 und 30 %. Die tierindividuelle Anpassung der Kraftfuttermenge dominierte mit 85,7 % der Datensätze (42,8 % SEP, 42,9 % AGR). Insgesamt zeigten der Kraftfutteranteil und der hohe Grad der Mechanisierung (Kraftfutterstation, Transponder, Mischwagen, ..., Daten nicht gezeigt), sowie der geringe Anteil reiner Grundfütterationen, dass das Produktionsniveau der Projektbetriebe überdurchschnittlich war. Damit befanden sich die Projektbetriebe im oberen Bereich des seit Jahrzehnten beobachteten Strukturwandels (BMLFUW 2016).

Effekt des Genotyps und Genotyp \times Laktationsstadium

Tabelle 5 enthält Effizienzmerkmale, Energiebilanz und andere Merkmale z.B. geschätzte Futter- und Energieaufnahme, Milchleistungsmerkmale, Lebendmasse und BCS. Der Genotyp beeinflusste alle Merkmale mit $p < 0,001$. Die Milchleistung, die Futter- und Nährstoffaufnahme sowie der Kraftfutteranteil stiegen mit steigender Milchbetonung von FV zu HF mit zunehmendem RH-Anteil an (LEDINEK et al. 2018). Lebendmasse und besonders der BCS nahmen jedoch ab. Die FV-Gruppen bis FV \times RH12.5 sind einander biologisch besonders ähnlich. BS bewegte sich im Bereich von FV bis FV \times RH25. Sie waren jedoch etwas leichter als HF. Ihr BCS entsprach ungefähr der Mitte von FV und HF. Ähnliche Muster eines höheren Energiegehalts und Kraftfutteranteils bei Rassen mit stärkerer Betonung der Milchleistung entsprechen den Ergebnissen zahlreicher Studien (e.g. DILLON et al. 2003).

In der vorliegenden Studie produzierten FV und BS 12 % mehr Milch als der Durchschnitt der Kontrollkühe dieser Rassen im Jahr 2015. HF gab um 5 % mehr Milch (ZAR 2016). Daher sind die Rassen einander ähnlicher als im österreichischen Durchschnitt. Der Milcheiweißgehalt sank wenig überraschend mit steigendem RH-Anteil von FV-Gruppen bis FV \times RH25 zu HF. Der Milcheiweißgehalt von BS entsprach dessen züchterischen Betonung (ZAR

Tabelle 5: Lebendmasse, Körperkondition, Milchleistung, Futtermittelaufnahme, Energieversorgung und Effizienzmerkmale der Genotypen

Merkmal	Genotyp (G)							RMSE	G	p-Wert Lakzahl
	FV	FV×RH6.25	FV×RH12.5	FV×RH25	FV×RH5075	HF	BS			
Datensätze, N = 38.070	9,942	5,969	2,156	2,365	2,180	6,172	9,286			
Lebendmasse (LM) und Körperkondition (BCS)										
Lebendmasse (kg)	722 ^b	729 ^a	728 ^{ab}	725 ^{ab}	706 ^c	662 ^d	649 ^e	57	< 0,001	< 0,001
BCS (Punkte 1–5)	3,42 ^a	3,39 ^a	3,38 ^a	3,24 ^b	3,04 ^c	2,61 ^e	2,88 ^d	0,46	< 0,001	< 0,001
Milchleistung										
Milch (kg/d)	26,3 ^c	26,3 ^c	26,4 ^{bc}	27,0 ^b	28,9 ^a	29,5 ^a	26,4 ^b	5,4	< 0,001	< 0,001
ECM (kg/d)	26,7 ^c	27,0 ^c	26,9 ^c	27,7 ^b	29,3 ^a	29,2 ^a	26,5 ^c	5,5	< 0,001	< 0,001
Milchfett (%)	4,21 ^b	4,28 ^a	4,22 ^{ab}	4,28 ^{ab}	4,22 ^{ab}	4,09 ^d	4,13 ^{cd}	0,66	< 0,001	< 0,001
Milcheiweiß (%)	3,53 ^b	3,56 ^a	3,55 ^{ab}	3,55 ^{ab}	3,47 ^c	3,35 ^d	3,49 ^{bc}	0,28	< 0,001	< 0,001
Laktose (%)	4,73 ^{bc}	4,73 ^{bc}	4,71 ^c	4,74 ^{ab}	4,73 ^{bc}	4,73 ^{bc}	4,75 ^a	0,16	< 0,001	< 0,001
Futtermittelaufnahme und Energiebilanz										
Grundfutter (kg TM/Tag)	14,10 ^d	14,22 ^c	14,26 ^{bc}	14,40 ^b	14,63 ^a	14,41 ^b	13,96 ^d	1,15	< 0,001	< 0,001
Gesamtfutter (kg TM/Tag)	19,72 ^c	19,83 ^c	19,87 ^c	20,24 ^b	20,82 ^a	20,86 ^a	19,84 ^c	1,58	< 0,001	< 0,001
Krautfutter (% der TM)	27,2 ^c	26,9 ^c	26,9 ^c	27,5 ^b	28,3 ^b	29,5 ^a	27,9 ^b	7,0	< 0,001	< 0,001
Energieaufnahme (MJ NEL/Tag)	129,1 ^e	129,7 ^e	130,0 ^e	132,6 ^d	136,7 ^c	137,4 ^b	130,3 ^{bc}	12,7	< 0,001	< 0,001
Energiebedarf (MJ NEL/Tag)	130,4 ^b	131,4 ^b	131,2 ^b	133,8 ^a	138,1 ^a	135,5 ^a	126,3 ^c	18,20	< 0,001	< 0,001
Energiebilanz (MJ NEL/Tag)	-1,22 ^e	-1,57 ^e	-1,39 ^e	-1,07 ^c	-1,12 ^c	1,59 ^b	3,78 ^c	13,12	< 0,001	< 0,001
Effizienzmerkmale										
Lebendmasse-Effizienz (kg ECM/kg LM ^{0,75})	0,192 ^d	0,193 ^d	0,193 ^d	0,199 ^c	0,215 ^b	0,225 ^a	0,207 ^{bc}	0,041	< 0,001	< 0,001
Futter-Effizienz (kg ECM/kg GES)	1,333 ^{bc}	1,337 ^{bc}	1,326 ^{bc}	1,349 ^b	1,383 ^a	1,381 ^a	1,319 ^c	0,205	< 0,001	< 0,001
Energie-Effizienz (MJ LE/MJ NEL)	0,654 ^{bc}	0,656 ^{bc}	0,651 ^{bc}	0,661 ^b	0,676 ^a	0,674 ^a	0,645 ^c	0,102	< 0,001	< 0,001

^{a-e}Least squares means innerhalb einer Reihe mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich ($p < 0,05$); RMSE: Root Mean Square Error
 FV: Fleckvieh; RH: Red Holstein; 6.25–5075: durchschnittlicher RH-Anteil; FV×RH5075: Fleckvieh mit durchschnittlich 68% RH; HF: Holstein Friesian; BS: Brown Swiss
 ECM: energiekorrigierte Milch (GfE 2001); GES: Gesamtfuttermittelaufnahme; TM: Frockenmasse; NEL: Nettoenergie-Laktation; LE: Energie in der Milch
 BW, BCS, ECM, Futtermittelaufnahme und Energieaufnahme (LEDINEK et al. 2018); Energiebilanz, Effizienzmerkmale und Milchleistung (LEDINEK et al. 2019)

2016). Bezüglich Milchfettgehalt zeigte sich kein Trend von FV bis HF. Allerdings hatten BS und HF den geringsten Milchfettgehalt. In früheren Studien wiesen HF geringere Milchinhaltstoffgehalte verglichen mit Rassen geringerer Milchbetonung auf (DILLON et al. 2003). Auch neuseeländische HF-Typen hatten höhere Milchfett- und Milcheiweißgehalte als HF US-amerikanischer Abstammung. KENNEDY et al. (2003) beschreiben den gleichen Trend zwischen Kühen mit niedrigerem und hohem Zuchtwert die für Milchleistung derselben Rasse. Dieser Effekt begründet sich auf ein größeres Verhältnis von Wachstumshormon zu Insulin und einem insgesamt höheren Wachstumshormongehalt im Blut von hochleistenden Kühen während der Laktation (HART et al. 1978, HART et al. 1979).

Alle Effizienzmerkmale zeichneten sich durch einen ansteigenden Trend von FV zu HF mit zunehmendem RH-Anteil aus (LEDINEK et al. 2019). Die Lebendmasse-Effizienz stieg aufgrund der zunehmenden Milchleistung trotz ähnlicher Lebendmasse der FV-Gruppen bis FV×RH25 an. BS wies eine ähnliche Lebendmasse wie HF und eine ähnliche Milchleistung zu FV auf. Daher liegt deren Lebendmasse-Effizienz auch in der Mitte von FV und den effizientesten Gruppen HF und FV×RH5075. Je geringer der BCS eines Genotyps war, desto effizienter produzierte er Milch. Im Gegensatz dazu entsprachen Futter- und Energie-Effizienz von BS jener von FV. Dies liegt an deren ähnlicher Milchleistung und Futtermittelaufnahme. Kühe oder Genotypen mit stärkerer Milchbetonung weisen nicht nur eine höhere Leistung und Nährstoffaufnahme auf. Sie teilen auch einen größeren Anteil der aufgenommenen Nährstoffe der Milchproduktion als dem Körper zu (YAN et al. 2006). In der aktuellen Studie produzierte HF futter-effizienter als HF-Kühe einer vergleichbaren dänischen Studie (KRISTENSEN et al. 2015). Sie erreichten jedoch nicht die Futter-Effizienz der kleineren und leichteren dänischen Jerseys. Im Gegensatz dazu produzierten die dänischen HF mehr ECM pro kg Lebendmasse als alle Genotypen der aktuellen Studie. Die dänischen HF waren deutlich leichter (dänische HF 602 vs. österreichische HF 662 kg).

In einem Schweizer Rassenvergleich waren neuseeländische und Schweizer HF am effizientesten (PICCAND et al. 2013). Allerdings glichen sich Schweizer FV und Schweizer BS. Das Schweizer FV hatte jedoch einen ähnlichen RH-Anteil wie FV×RH5075. Insgesamt produzierten die Schweizer Kühe weniger effizient Milch als in der aktuellen und dänischen Studie. Das zeigt den Unterschied zwischen High-Input- und weidebasierten

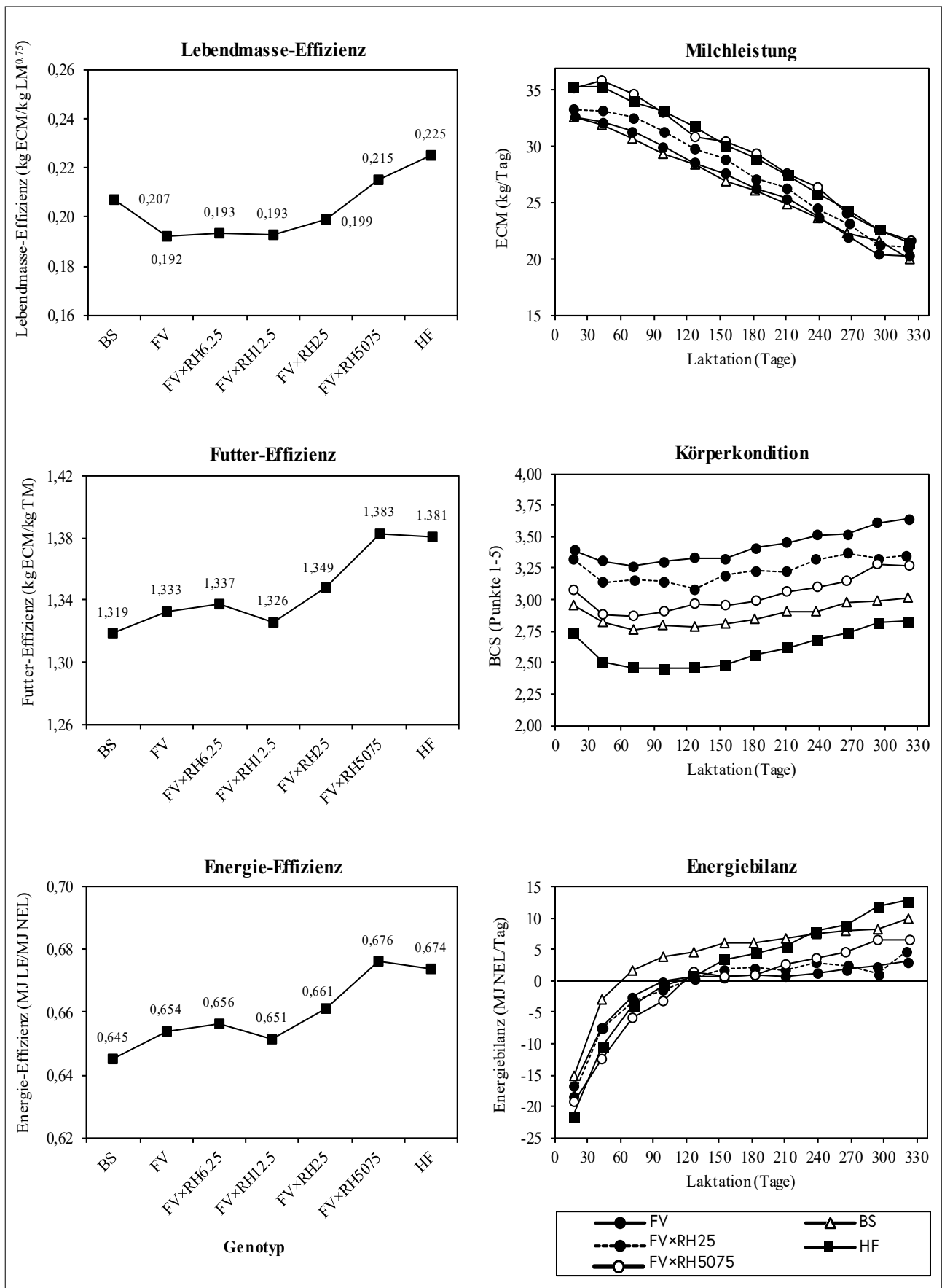


Abbildung 2: Effizienzmerkmale der Genotypen FV, BS und HF und den FV-Gruppen mit ansteigendem RH-Anteil sowie der Laktationsverlauf Milch, des BCS und der Energiebilanz nach Genotyp (LEDINEK et al. 2018, 2019)

Low-Input-Systemen. Weidebasierte Low-Input-Systeme zielen auf eine hohe Produktivität der Fläche und nicht des Einzeltieres ab (DILLON et al. 1995). Die hohe Milchleistung, das Ernährungsniveau und die geringe Nutzung von reinen Grundfütterationen oder Weide zeigten das für Österreich überdurchschnittliche Produktionsniveau der Projektbetriebe. In den letzten 50 Jahren fand ein Strukturwandel zu größeren und spezialisierten Einheiten statt. Saisonalität, Weidehaltung und hauptsächlich grundfutterbasierte Fütterung verloren an Bedeutung (KNAUS 2016). Zusätzlich reduziert eine ansteigende Menge an Kraftfutter die Effizienz, mit der Wiederkäuer für die menschliche Ernährung untaugliche Futtermittel in hochwertige Lebensmittel umwandeln. Die Fläche an verwendetem Dauergrünland pro Tonne Milch korrelierte hingegen positiv mit der Lebensmittelkonvertierungs-Effizienz (ERTL et al. 2015). Eine hohe Effizienz durch eine Milchleistungssteigerung setzt, wie auch in der aktuellen Studie gezeigt, einen höheren Kraftfüttereinsatz voraus. Kleinere und leichtere Typen erreichen dieselbe Effizienz mit geringerer Futterqualität (STEINWIDDER 2009).

Die durchschnittliche Energiebilanz (*Abbildung 2*) bewegte sich zwischen -1,6 (FV×RH12.5) und 3,8 MJ NEL/Tag (BS). Gemeinsam mit der vollständigen Erholung der Körperkondition spricht dieses Ergebnis für eine leistungsgerechte Fütterung auf den Projektbetrieben. Tiere mit hoher Milchleistung sind besonders auf eine hohe Energiedichte der Ration angewiesen, um die verlorenen Fettreserven wieder aufzubauen (COFFEY et al. 2004, YAN et al. 2006). Die Rassen mit der höchsten Milchleistung (HF und FV×RH5075) regenerierten ihren Körper hauptsächlich in der späten Laktation. In diesem Laktationsabschnitt hatten sie eine relativ geringere Milchleistung verglichen mit den anderen Rassen (*Abbildung 2*, BCS). Die Energiedichte der Ration war jedoch höher (LEDINEK et al. 2018). HF verlor am meisten an Körperkondition. Diese stagnierte auch am längsten aller Gruppen auf deren geringstem Niveau bis zum 154. Laktationstag. Die FV-Gruppen mobilisierten weniger Körperfett und regenerierten sich früher. Die Ration von BS war relativ zur Milchleistung energiereich. Daraus folgte auch die geringste Energieeffizienz. BS erreichte einen positiven Energiestatus am 62. Laktationstag. FV folgte am 100. Laktationstag. FV×RH25, HF und FV×RH5075 wiesen erst zwischen dem 110. und 120. Laktationstag eine positive Energiebilanz auf. Damit dauerten die Mobilisationsvorgänge der Genotypen mit der höchsten Effizienz doppelt so lange (LEDINEK et al. 2018).

Einen weiteren Hinweis auf die langanhaltenden Mobilisationsvorgänge der besonders milchbetonten Genotypen bietet der Laktationsverlauf der Milchinhaltstoffgehalte (Daten nicht gezeigt). Der Milchfettgehalt fällt bei HF und FV×RH5075 nach der Abkalbung am stärksten ab. Bei HF sinkt er als einzige Gruppe bis zum 99. Laktationstag. In allen anderen Gruppen liegt der Tiefpunkt ca. am 71. Laktationstag. Einerseits beeinflusst der hohe Anteil an Kraftfutter, also an Nichtfaserkohlenhydraten (NFC), die Menge und Zusammensetzung des Milchfettes. Andererseits spielt der Energiemangel im ersten Laktationsdrittel ebenfalls eine bedeutende Rolle (KIRCHGESSNER et al. 2011). Der Eiweißgehalt zeigte dasselbe Muster in abgeschwächter Form. Die mobilisierbaren Proteinreserven sind begrenzt (KIRCHGESSNER et al. 2011). Der starke Rückgriff auf

die Körperreserven mit steigender Milchleistung oder bei starker Betonung der Milchinhaltstoffe findet sich in zahlreichen anderen Untersuchungen (e.g. COFFEY et al. 2004, YAN et al. 2006, FRIGGENS et al. 2007).

Effekt des Laktationsstadiums – Dirigent im Hintergrund

Tabelle 6 zeigt den Effekt des Laktationsstadiums ($p < 0,001$). Die höchste Futteraufnahme (21,49 kg TM/Tag; 162 g/kg LM^{0.75}) ging gemeinsam mit dem höchsten Kraftfutteranteil (33,1 %, 6,64 MJ NEL/kg TM) und der höchsten Nährstoffkonzentration der Ration am 71. Laktationstag einher (LEDINEK et al. 2018). Mit fortschreitender Laktation sank die Effizienz wegen der abnehmenden Milchproduktion und der zunehmenden Lebendmasse. Der geringste Milchprotein- und Milchfettgehalt fielen auf den 43 und 71. Laktationstag in den Zeitraum der negativen Energiebilanz. Die höchste Effizienz fiel mit der höchsten Milchmenge und der geringen Futteraufnahme in der Früh-laktation zusammen. Diese deutlich gedämpfte Futteraufnahme in der Früh-laktation (INGVARTSEN und ANDERSEN 2000) führte zu einer durchschnittlich 110 Tage andauernden negativen Energiebilanz. Die Kühe gaben teilweise unabhängig vom Nährstoffangebot Milch auf Basis mobilisierbarer Körperreserven. Dieses Phänomen prägen FRIGGENS et al. (2007) als „genetically driven body energy change“. Es sichert die Ernährung des Kalbes unabhängig vom tatsächlichen Nahrungsangebot (BAUMAN und CURRIE 1980, MARTENS 2013). Die Laktation wird in drei Teile geteilt: im 1. Drittel ist die Energiebilanz negativ, im 2. ausgeglichen und im 3. werden die Körperreserven wiederaufgebaut (BAUMAN und CURRIE 1980). Die Effizienz, mit der aufgenommene Nährstoffe in das Körpergewebe eingebaut werden, steigt mit fortschreitender Laktation (YAN et al. 2006). Dies führt auch zur beobachteten BCS-Zunahme. Die Dauer der negativen Energiebilanz und die Intensität der Mobilisation nahmen in den letzten Jahrzehnten deutlich zu. Die Betonung einer hohen Einsatzleistung gilt als Ursache (z.B. MARTENS 2013). Die lange andauernden Mobilisationsvorgänge von ca. 100 Tagen in der vorliegenden Studie stimmen damit überein. Sie weisen auch wiederum auf das überdurchschnittliche Produktionsniveau verglichen zum österreichischen Durchschnitt hin (ZAR 2016). Die hohe Energiekonzentration verhinderte den BCS-Verlust nicht. YAN et al. (2006) zeigten, dass das Füttern einer energiereicheren Ration an spezialisierte Milchrassen nicht nur in einer zusätzlichen Nährstoffaufnahme mündete. Auch jener Anteil der zusätzlich aufgenommenen Nährstoffe, der in die Milchproduktion floss, stieg an. Zusätzlich wirken sich eine hohe Milchleistung, eine negative Energiebilanz oder ihre sichtbaren Ausprägungen wie BCS- und Lebendmasseverlust negativ auf Fruchtbarkeit und Gesundheit aus (z.B. LUCY 2001, PRYCE et al. 2001, MARTENS et al. 2013). Neuere Studien untersuchen das Auftreten eines entzündlichen Zustandes der Leber und Stress im Endoplasmatischen Retikulum während des peripartalen Zeitraumes. Es wird als ein weiterer Punkt im Zusammenhang von Milchleistung, BCS, homöotheretische Regulation, Fettstoffwechsel und entzündlichen Erkrankungen z.B. von Gebärmutter und Euter gesehen (z.B. BERTONI et al. 2008, BRADFORD et al. 2015, GESSNER et al. 2015). Die negative Energiebilanz spielt darin eine Schlüsselrolle (MARTENS 2013). In der

Tabelle 6: Lebendmasse, Körperkondition, Milchleistung, Futtermittelaufnahme, Energieversorgung und Effizienzmerkmale abhängig vom Laktationsstadium

Merkmal	Laktationsstadium (in Laktationstagen, Laktage*)											p-Wert Laktage G × Laktage	
	17	43	71	99	127	155	183	211	239	266	294		321
Datensätze, N = 38.070	2.970	3.757	3.663	3.594	3.570	3.401	3.460	3.302	3.274	3.050	2.479	1.550	
Lebendmasse (LM) und Körperkondition (BCS)													
LM (kg)	682	673	677	682	686	692	700	710	721	729	742	742	< 0,001
BCS (Punkte 1–5)	3,18	3,02	3,00	3,01	3,02	3,05	3,11	3,15	3,21	3,25	3,31	3,33	< 0,001
Milchleistung													
Milch (kg/d)	32,4	34,8	33,7	31,8	29,9	28,5	26,9	25,2	23,4	21,4	19,8	19,0	< 0,001
ECM (kg/d)	33,4	33,5	32,6	31,1	29,8	28,5	27,4	26,0	24,5	22,7	21,2	20,8	< 0,001
Milchfett (%)	4,33	3,92	3,90	3,93	4,01	4,06	4,17	4,26	4,33	4,43	4,52	4,60	< 0,001
Milcheiweiß (%)	3,34	3,09	3,20	3,32	3,42	3,48	3,53	3,60	3,65	3,72	3,80	3,86	< 0,001
Laktose (%)	4,77	4,83	4,82	4,79	4,77	4,74	4,71	4,70	4,68	4,67	4,64	4,64	< 0,001
Futtermittelaufnahme und Energiebilanz													
Grundfutter (kg TM/Tag)	13,68	13,92	14,09	14,16	14,11	14,15	14,20	14,24	14,37	14,59	14,89	14,99	< 0,001
Gesamtfutter (kg TM/Tag)	19,90	21,19	21,49	21,29	20,93	20,59	20,24	19,88	19,56	19,13	18,94	18,86	< 0,001
Krautfutter (% der TM)	30,1	33,1	33,1	32,2	31,3	30,0	28,6	27,1	25,3	22,6	20,2	19,4	< 0,001
Energieaufnahme (MJ NEL/Tag)	131,4	141,2	143,3	141,5	138,8	136,0	133,1	130,0	127,2	123,2	121,0	120,2	< 0,001
Energiebedarf (MJ NEL/Tag)	149,0	149,4	146,4	141,9	137,6	134,0	130,8	127,0	123,2	119,1	116,0	114,3	< 0,001
Energiebilanz (MJ NEL/Tag)	-17,60	-8,14	-3,08	-0,39	1,18	1,99	2,32	3,02	3,97	4,12	5,01	5,90	< 0,001
Effizienzmerkmale													
Lebendmasse-Effizienz (kg ECM/kg LM ^{0,75})	0,249	0,253	0,245	0,233	0,222	0,211	0,201	0,190	0,177	0,163	0,150	0,147	< 0,001
Futter-Effizienz (kg ECM/kg GES)	1,659	1,561	1,496	1,445	1,403	1,369	1,336	1,293	1,236	1,172	1,105	1,086	< 0,001
Energie-Effizienz (MJ LE/MJ NEL)	0,808	0,753	0,721	0,699	0,680	0,666	0,653	0,635	0,611	0,585	0,557	0,548	< 0,001

* LS-Means der Laktationstage innerhalb der 28-tägigen Klassen des Laktationsstadiums

G: Genotyp; ECM: energiekorrigierte Milch (GE 2001); GES: Gesamtfuttermittelaufnahme; TM: Trockenmasse; NEL: Nettoenergie-Laktation; LE: Energie in der Milch
BW, BCS, ECM, Futtermittelaufnahme (LEDINEK et al. 2018); Energiebilanz, Effizienzmerkmale und Milchleistung (LEDINEK et al. 2019)

aktuellen Studie basierte die hohe Effizienz besonders im 1. Laktationsdrittel auf dem Abbau der Körperfettreserven.

Schlussfolgerungen

Die Zusammensetzung der Ration spiegelte deutlich die Aufteilung Österreichs in klimatisch begünstigte Regionen (Maissilage) und bergige Regionen (Dauergrünland) wider. Kraftfutter wurde hauptsächlich über Abrufstationen tierindividuell verabreicht. Der geringe Anteil an reinen Grundfutterrationen und Weide weist auf das überdurchschnittliche Produktionsniveau der Projektbetriebe hin.

Die RNB spiegelte nicht nur die Anteile der Grundfutterkomponenten wider. Besonders hohe Stickstoffüberschüsse waren nur durch eine sehr frühe und häufige Nutzung des Dauergrünlandes möglich. Ohne ausgleichende Rationskomponenten bleibt der durch die frühe Nutzung gewonnene Proteingehalt ungenutzt und belastet Tier und Umwelt.

Eine effiziente Milchproduktion basierte auf einem höheren Anteil der aufgenommenen Nährstoffe, die in die Milchproduktion anstelle des Körpergewebes fließen. Gleichzeitig verschärften sich die Ausmaße der negativen Energiebilanz. Je höher die Spezialisierung eines Genotyps auf Milchleistung, desto effizienter war die Milchproduktion, allerdings auch auf Kosten der Körperreserven. Besonders im ersten Laktationsdrittel basierte die hohe Milchleistung und daher hohe Effizienz auf einer negativen Energiebilanz. Daher ist ein erweiterter Effizienzbegriff bzw. Effizienzindex notwendig, welcher z.B. BCS, Gesundheit oder Fruchtbarkeit berücksichtigt.

Wird eine hohe Effizienz durch eine Milchleistungssteigerung erreicht, ist eine intensivere Fütterung nötig. Dies ist hinsichtlich einer nachhaltigen Ressourcennutzung und der Verwendung von humanernährungs-tauglichen Futtermitteln zu hinterfragen. Leichtere Tiere hingegen benötigen für die gleiche Effizienz weniger Milchleistung und einen geringeren Kraftfutteranteil.

Danksagung

Wir danken allen Mitwirkenden am Projekt „Efficient Cow“, sowie Helga Bahar für die Gestaltung der Grafiken und Dr. Karl Moder (Institut für angewandte Statistik, BOKU) für die Unterstützung in statistischen Fragen.

Literaturverzeichnis

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

- BECKER, J.C., B.J. HEINS und L.B. HANSEN, 2012: Costs for health care of Holstein cows selected for large versus small body size. *J. Dairy Sci.* 95, 5384-5392.
- BERRY, D.P. und J.E. PRYCE, 2014: Feed efficiency in growing and mature animals. *Proceedings of the 10th World Congress of Genetics Applied to Livestock Production*, Vancouver, Canada.
- BERTONI, G., E. TREVISI, X. HAN und M. BIONAZ, 2008: Effects of inflammatory conditions on liver activity in puerperium period and consequences for performance in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91, 3300-3310.
- BMLFUW (Österreichisches Bundesministerium für Land-, Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft), 2016: Grüner Bericht: Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft. BMLFUW, Wien.
- BMNT (Österreichisches Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus), 2018: Landwirtschaft und Luftschadstoffe. Reduktion der nationalen Emissionen bestimmter Luftschadstoffe im Sektor Landwirtschaft. <https://www.bmnt.gv.at/land/produktion-maerkte/klimawandel-risikomanagement-luftreinhaltung/Landwirtschaft-und-Luftschadstoffe.html> [abgerufen am 31. Jan. 2019]
- BRADFORD, B.J., K. YUAN, J.K. FARNEY, L.K. MAMEDOVA und A.J. CARPENTER, 2015: Invited review: Inflammation during the transition to lactation: New adventures with an old flame. *J. Dairy Sci.* 98, 6631-6650.
- BRODERICK, G.A. und M.K. CLAYTON, 1997: A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. *J. Dairy Sci.* 80, 2964-2971.
- BROWN, C.A., P.T. CHANDLER und B. HOLTER, 1977: Development of predictive equations for milk yield and dry matter intake in lactating cows. *J. Dairy Sci.* 60, 1739-1754.
- COFFEY, M.P., G. SIMM, J.D. OLDHAM, W.G. HILL und S. BROTHSTONE, 2004: Genotype and diet effects on energy balance in the first three lactations of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87, 3218-4326.
- DE HAAS, Y., J.E. PRYCE, D.P. BERRY und R.F. VEERKAMP, 2014: Genetic and genomic solutions to improve feed efficiency and reduce environmental impact of dairy cattle. *Proceedings of the 10th World Congress of Genetics Applied to Livestock Production*, Vancouver, Canada, 1-5.
- DILLON, P., F. BUCKLEY, P. O'CONNOR, D. HEGARTY und M. RATH, 2003: A comparison of different dairy cow breeds on a seasonal grass-based system of milk production. 1. Milk production, live weight, body condition score and DM intake. *Livest. Prod. Sci.* 83, 21-33.
- DILLON, P., S. CROSSE, G. STAKELUM und F. FLYNN, 1995: The effect of calving date and stocking rate on the performance of springcalving dairy cows. *Grass Forage Sci.* 50, 286-299.
- DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 1997: DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer, 7. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 212 S.
- EDMONSON, A.J., I.J. LEAN, L.D. WEAVER, T. FARVER und G. WEBSTER, 1989: A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72, 68-78.
- ERTL, P., H. KLOCKER, S. HÖRTENHUBER, W. KNAUS und W. ZOLLITSCH, 2015: The net contribution of dairy production to human food supply: The case of Austrian dairy farms. *Agric. Systems* 137, 119-125.
- ESSL, A., 1982: Investigations on a breeding strategy for high lifetime production in dairy cows. Second communication: results of an analysis of field data. *Züchtungskde.* 54, 361-377.
- FERGUSON, J.D. und W. CHALUPA, 1989: Symposium: Interactions of nutrition and reproduction. Impact of protein nutrition on reproduction in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72, 746-766.
- FRIGGENS, N.C., P. BERG, P. THEILGAARD, I.R. KORSGAARD, K.L. INGVARSEN, P. LØVENDAHL und J. JENSEN, 2007: Breed and parity effects on energy balance of genetically driven body energy change. *J. Dairy Sci.* 90, 5291-5305.
- FÜRST, C. und C. EGGER-DANNER, 2002: Joint genetic evaluation for functional longevity in Austria and Germany. *Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, 19-23 August 2002, Montpellier, France.
- GESSNER, D.K., C. KOCH, F.-J. ROMBERG, A. WINKLER, G. DUSEL, E. HERZOG, E. MOST und K. EDER, 2015: The effect of grape seed and grape marc meal extract on milk performance and the expression of genes of endoplasmic reticulum stress and inflammation in the liver of dairy cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 98, 8856-8868.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 2001: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 8: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. 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. März 2013, Salzburg, 21-40.
- GRUBER, L., R. STEINWENDER und W. BAUMGARTNER, 1995: Einfluß von Grundfutterqualität und Kraftfutterniveau auf Leistung, Stoffwechsel und Wirtschaftlichkeit von Kühen der Rasse Fleckvieh und Holstein Friesian. 22. Tierzuchttagung, 9.-10. Mai 1995, Bericht BAL Gumpenstein, Irnding, 1-49.
- GRUBER, L., F.J. SCHWARZ, D. ERDIN, B. FISCHER, H. SPIEKERS, H. STEINGASS, U. MEYER, A. CHASSOT, T. JILG, A. OBERMAIER und T. GUGGENBERGER, 2004: Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen – Datenbasis von 10 Forschungs- und Universitätsinstituten Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. 116. VDLUFA-Kongress, 13.-17. Sept. 2004, Kongressband, Rostock, 484-504.
- HANSEN, L.B., 2000: Consequences of selection for milk yield from a geneticist's viewpoint. *J. Dairy Sci.* 83, 1145-1151.
- HANSEN, L.B., J.B. COLE, G.D. MARX und A.J. SEYKORA, 1999: Productive life and reasons for disposal of Holstein cows selected for large versus small body size. *J. Dairy Sci.* 82, 795-801.
- HARRIS, B.L. und E.S. KOLVER, 2001: Review of Holsteinization on intensive pastoral dairy farming in New Zealand. *J. Dairy Sci.* 84, E Suppl., 56-61.
- HART, I.C., J.A. BINES, S.V. MORANT und J.L. RIDLEY, 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.
- HART, I.C., J.A. BINES und S.V. MORANT, 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.
- INGVARTSEN, K.L. und J.B. ANDERSEN, 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.
- JILG, T., T. ENGELHARD, C. KOCH und M. PRIES, 2018: Untersuchungen zur Milchlarnstoffbestimmung mit IR-Spektroskopie im Vergleich zu Referenzverfahren. 130. VDLUFA-Kongress, 18.-21. Sept. 2018, Münster.

- KENNEDY, J., P. DILLON, L. DELABY, P. FAVERDIN, G. STAKELUM und M. RATH, 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., F.X. ROTH, F.J. SCHWARZ und G.I. STANGL, 2011: Tierernährung. Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. 13. überarb. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 643 S.
- KNAUS, W., 2009: Dairy cows trapped between performance demands and adaptability. *J. Sci. Food Agr.* 89, 1107-1114.
- KNAUS, W., 2016: Perspectives on pasture versus indoor feeding of dairy cows. *J. Sci. Food Agr.* 96, 9-17.
- KRISTENSEN, T., C. JENSEN, S. ØSTERGAARD, M.R. WEISBJERG, O. AAES und N.I. NIELSEN, 2015: Feeding, production, and efficiency of Holstein-Friesian, Jersey and mixed-breed lactating dairy cows in commercial Danish herds. *J. Dairy Sci.* 98, 263-274.
- KROGMEIER, D., 2009: Zusammenhänge zwischen Nutzungsdauer und Körpergröße unter besonderer Berücksichtigung des Stallsystemes bei Braunvieh und Fleckvieh. *Züchtungskde.* 81, 328-340.
- LEDINEK, M., L. GRUBER, F. STEININGER, B. FÜRST-WALTL, K. ZOTTL, M. ROYER, K. KRIMBERGER, M. MAYERHOFER und C. EGGER-DANNER, 2016: Efficient Cow – Estimation of feed intake for efficiency traits using on-farm recorded data. 24th International Symposium Animal Science Days, Ptuj, Acta Agric Slovenica, Suppl. 5, 71-75.
- LEDINEK, M., L. GRUBER, F. STEININGER, K. ZOTTL, M. ROYER, K. KRIMBERGER, M. MAYERHOFER, C. EGGER-DANNER und B. FÜRST-WALTL, 2018: Analysis of lactating cows in commercial Austrian dairy farms: Diet composition, and influence of genotype, parity and stage of lactation on nutrient intake, body weight and body condition score. *It. J. Anim. Sci.*
- LEDINEK, M., L. GRUBER, F. STEININGER, B. FÜRST-WALTL, K. ZOTTL, M. ROYER, K. KRIMBERGER, M. MAYERHOFER und C. EGGER-DANNE, 2019: Analysis of lactating cows in commercial Austrian dairy farms: Interrelationships between different efficiency and production traits, body condition score and energy balance. *It. J. Anim. Sci.*
- LUCY, M.C., 2001: Reproductive loss on high-producing dairy cattle: Where will it end? *J. Dairy Sci.* 84, 1277-1293.
- LUCY, M.C., G.A. VERKERK, B.E. WHYTE, K.A. MACDONALD, L. BURTON, R.T. CURSONS, J.R. ROCHE und C.W. HOLMES, 2009: Somatotrophic axis and nutrient partitioning in genetically diverse dairy cows managed under different feed allowances in a pasture system. *J. Dairy Sci.* 92, 526-539.
- MAHONEY, C.B., L.B. HANSEN, C.W. YOUNG, G.D. MARY und J.K. RENEAU, 1986: Health care of Holsteins selected for large or small body size. *J. Dairy Sci.* 69, 3131-3139.
- MARTENS, H., 2013: Erkrankungen von Milchkühen in der frühen Laktationsphase – Risikofaktor negative Energiebilanz und Hyperketonämie. *Tierärztl. Umschau* 68, 463-476.
- ORNETSMÜLLER, K., 2018: Beurteilung der Versorgungslage von Milchkühen anhand der Milchinhaltsstoffe. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.
- PICCAND, V., E. CUTULLIC, S. MEIER, F. SCHORI, R.L. KUNZ, J.R. ROCHE und P. THOMET, 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.
- PRYCE, J.E., M.P. COFFEY und G. SIMM, 2001: The relationship between body condition score and reproductive performance. *J. Dairy Sci.* 84, 1508-1515.
- RINGSEIS, R., D.K. GESSNER und K. EDER, 2015: Molecular insights into the mechanisms of liver-associated diseases in early-lactation dairy cows; hypothetical role of endoplasmic reticulum stress. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 99, 626-645.
- SAS Institute Inc., 2015: SAS/STAT 9.4 User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC (USA).
- 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. Februar 2009, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 30-33.
- TIEFENTHALLER, F., 2014: Handelsfuttermittel für Rinder 2014. Fertigfutter, Ergänzungsfutter, Mineralfutter. Landwirtschaftskammer Oberösterreich, Linz.
- 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.
- VALLIMONT, J.E., C.D. DECHOW, J.M. DAUBERT, M.W. DEKLEVA, J.W. BLUM, C.M. BARLIEB, W. LIU, G.A. VARGA, A.J. HEINRICHS und C.R. BAUMRUCKER, 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. *J. Dairy Sci.* 94, 2108-2113.
- VAN SOEST, P.J., J.P. ROBERTSON und B.A. LEWIS, 1991: Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3583-3597.
- VEERKAMP, R.F., 1998: Selection for economic efficiency of dairy cattle using information on live weight and feed intake: A review. *J. Dairy Sci.* 81, 1109-1119.
- VEERKAMP, R.F. und G.C. EMMANS 1995: Sources of genetic variation in energetic efficiency of dairy cows. *Livest. Prod Sci.* 44, 87-97.
- YAN, T., C.S. MAYNE, T.W.J. KEADY und R.E. AGNEW, 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.
- ZAR (Rinderzucht Austria), 2016: Jahresbericht 2015. ZAR, Wien, 153 S.