Einfluss der Lebendmasse auf die Effizienz von Milchkühen

Leonhard Gruber und Maria Ledinek

Einleitung

Die Milchleistung der Kühe erfährt global eine kontinuierliche Steigerung, sowohl durch züchterische Maßnahmen (Selektion und Kreuzung) als auch durch Verbesserung der Fütterung (Kraftfutterniveau und Grundfutterqualität) sowie durch tiergerechtere Haltungsbedingungen (Laufstall, Stallklima, Kuhkomfort etc.). Durch die genomische Selektion wird das Leistungsniveau noch stärker und rascher erhöht werden (HAYES et al. 2009, BENNEWITZ 2016). Die Notwendigkeit der Milchleistungssteigerung wird vor allem ökonomisch begründet, weil der Nährstoffaufwand pro kg Milch mit steigender Milchleistung abnimmt (Aufteilung des „unproduktiven" Erhaltungsbedarfs auf eine größere Produktmenge). Die Wirtschaftlichkeit wird durch höhere Leistungen umso stärker verbessert, je höher der Milchpreis und je niedriger die Kraftfutterkosten sind (BMLFUW 2008). Auch bezüglich Umweltwirkung der tierischen Produktion ist auf ähnliche Weise zu argumentieren, weil bei höheren Leistungen die Umweltbelastung pro Produkteinheit (z.B. Methan, Carbon footprint) geringer wird (FLACHOWSKY 2000).

In Abbildung 1 ist die Höhe und Entwicklung der Milchleistung verschiedener Länder im internationalen Vergleich in den Jahren 2001 bis 2016 sowie einige Daten zur Struktur der Milcherzeugung in diesen Ländern angeführt (nach ICAR). Das Leistungsniveau der Milchproduktion unterscheidet sich global gesehen sehr stark. So weisen die ausgesprochenen Milchexportländer Neuseeland (NZ) und Australien (AUS) ein relativ niedriges Leistungsniveau von 5.580 bzw. 6.550 kg ECM (Standardlaktation der Kontrollkühe aus LS-Means 2001–2016) auf, weil die Fütterung vorwiegend auf Grundfutter (Weide) beruht und die sog. Holsteinisierung (d.h. Holstein-Typen aus nordamerikanischer Zuchtrichtung; HARRIS und KOLVER 2001) noch nicht so weit fortgeschritten ist. Auch in Mitteleuropa (z.B. Österreich (Ö) und Schweiz (CH)) ist das Leistungsniveau im globalen Maßstab nicht allzu hoch, was vor allem auf den hohen Anteil kombinierter Zweinutzungsrinder und die relativ hohen Kraftfutterkosten zurückzuführen ist (6.890 bzw. 7.030 kg ECM). Dagegen werden in Nord- und Westeuropa wesentlich höhere Milchleistungen erzielt. Als Beispiel werden Schweden (S), England (E), Deutschland (D) und Holland (NL) angeführt, in denen die Milchleistung der Kontrollkühe im Durchschnitt der Jahre 2001–2016 7.800, 7.830, 7.880 sowie 9.040 kg ECM (Standardlaktation 305 d) beträgt. Dies ist auf einen hohen Anteil von Holstein und weiteren milchbetonten Rassen sowie auf einen hohen Kraftfutteraufwand zurückzuführen. Bekanntermaßen ist – im internationalen Vergleich – die Milchleistung der Kühe in Kanada (CAN), in den Vereinigten Staaten (USA) und ganz besonders in Israel (ISR) am höchsten (9.280, 9.550 und 10.440 kg ECM Standardlaktation der Kontrollkühe).

Aus Abbildung 1 geht weiters klar hervor, dass die Milchleistung pro Kuh in den angeführten Jahren 2001–2016 (frühere Jahre sind bei I-CAR nicht verfügbar) kontinuierlich ansteigt, und zwar im Mittel aller dargestellten 11 Länder um 77,3 kg ECM pro Standardlaktation der Kontrollkühe. Allerdings bestehen zwischen den Ländern beträchtliche Unterschiede. Je höher das Leistungsniveau in einem Land, desto höher ist auch der jährliche Anstieg der Milchleistung (Ausnahme Kanada mit nur 57 kg ECM Anstieg). So erhöht sich die Milchleistung in den USA und Israel jährlich um 101 bzw. 120 kg ECM, in NZ und AUS nur um 36 bzw. 61 kg ECM. In vielen europäischen Ländern liegt die jährliche Steigerung der Milchleistung zwischen diesen Werten (81, 75, 53, 59 und 87 kg ECM in Ö, CH, S, E und D), nur Holland liegt mit der Steigerung von 121 kg ECM gleich den Hochleistungsländern USA und Israel (wie bei der Milchleistung

selbst). Das bedeutet, dass sich die ohnehin hohen Leistungen dieser Länder noch weiter nach oben entwickeln und sich die Unterschiede zwischen den Ländern verdeutlichen werden. Es bedeutet allerdings auch, dass sich die Problematik der nicht ausreichenden Energieversorgung in der Frühlaktation gerade in diesen Fällen noch weiter verschärfen wird.

Auch die betriebliche Struktur der Betriebe und deren Veränderung im Zeitverlauf sind zwischen den angeführten Ländern sehr unterschiedlich. Neuseeland und Australien weisen mit 355 bzw. 229 die höchsten Kuhzahlen pro Betrieb auf, auch in England, USA und Israel finden sich Milchviehbetriebe mit hoher Tieranzahl (156, 166, 145). In Schweden, Deutschland, NL und Kanada liegt die Betriebsgröße zwischen knapp 50 und 80 Kühen. Die kleinsten Milchviehbetriebe finden sich in Österreich und der Schweiz (14 und 25 Kühe). Analog der Entwicklung der Milchleistung wachsen auch hinsichtlich der Bestandesgröße die Betriebe in jenen Ländern am stärksten, welche die größten Betriebe aufweisen. Daraus ist der Schluss zu ziehen, dass sich in Zukunft sowohl die Milchleistung als auch die Betriebsgröße stärker entwickeln werden, es also zu einer (noch) intensiveren Milchproduktion kommt, wobei in solchen Systemen auf Grund der Größe und dem produktionstechnischen Level (v.a. Ausbildung der Betriebsführer) neues Know-how rascher in die Praxis umgesetzt werden wird.

Die alleinige Betrachtung der Milchleistung zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit und Umweltwirkung ist allerdings nicht ausreichend und zielführend, da zusätzlich zum Output auch der dazu erforderliche Input in Rechnung zu stellen ist (THOMET et al. 2002). Aus diesem Grund gewinnt die sog. Effizienz immer mehr an Interesse und Bedeutung. Darunter ist die Relation von Output zu Input (Effizienz = Output/Input) zu verstehen (BERRY und PRYCE 2014).

Dies ist besonders im Zusammenhang mit der Leistungssteigerung in der tierischen Produktion (auch der Milcherzeugung) zu beachten, weil der Aufwand für höhere Leistung nicht linear sondern progressiv ansteigt (z.B. durch die höheren Kosten der Nährstoffeinheit im Kraftfutter, durch intensivere Tierbetreuung, steigende Tierarztkosten etc.). In den USA finden sich Untersuchungen zu diesem Thema schon seit den 1970er Jahren (HOOVEN et al. 1968, MILLER und HOOVEN 1969, DICKINSON et al. 1969, BLAKE et al. 1986). In den letzten Jahren wurden zu dieser Thematik umfangreiche Untersuchungen auch in Neuseeland (ROCHE et al. 2006, MACDONALD et al. 2008) Irland (BUCKLEY et al. 2000, DILLON et al. 2003, KENNEDY et al. 2003, COLEMAN et al. 2010) und in der Schweiz durchgeführt (PICCAND et al. 2013). Ein weiterer kritischer Aspekt steigender Milchleistungen liegt darin begründet, dass zwischen Milchleistung und anderen relevanten Parametern (Lebendmasse, Zuwachs, Fitnessmerkmale etc.) vielfältige und zum Teil auch unerwünschte genetische Wechselbeziehungen bestehen, welche den positiven Auswirkungen steigender Milchleistung auf Wirtschaftlichkeit und Umweltwirkung entgegenwirken. Besonders auf die intensive Stoffwechselbelastung der Kühe durch hohe Milchleistungen ist hier hinzuweisen (HANSEN 2000, LUCY 2001, HERINGSTAD et al. 2007, OLTENACU und BROOM 2010).

Nach MARTENS (2012) erhöhte die intensive Zucht auf hohe Milchleistung die negative Energiebilanz im 1. Laktationsdrittel um das 3- bis 4-fache, verglichen mit den 5–6 l Milch für den Bedarf des Kalbes. Die hohen Krankheitsrisiken sind demnach eine Folge der Stoffwechselbelastung durch die Milcherzeugung, was die positiven Korrelationen zu Mastitis, Ketose und Klauenerkrankungen (FLEISCHER et al. 2001) sowie die negative Korrelation zur Futteraufnahme erklärt. 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 (MARTENS 2015). Bei nordamerikanischen HF dauert diese sogenannte Entkopplung der somatotropen Achse länger als bei neuseeländischen HF. Die nordamerikanischen HF geben mehr Milch, verlieren auch mehr BCS, selbst bei verbessertem Futterangebot (LUCY et al. 2009).

Trotz vieler Diskussionen bzw. Meinungsverschiedenheiten (BELLO et al. 2012) über die Auswirkungen hoher Milchleistungen auf die unzureichende Energieversorgung und damit

in Zusammenhang stehende Phänomene wie Immunstatus, Reproduktionsleistung, Stoffwechselsituation und Fitness im weiteren Sinn zeigt sich ein eindeutiger Rückgang der Nutzungsdauer der Milchkühe in vielen Ländern in den vergangenen Jahrzehnten (KNAUS 2009). Dies kann als starker Hinweis auf die negativen Beziehungen zwischen Milchleistung und Fitness angesehen werden. (Näheres zur Thematik in der AVA-Tagung 2016 "Wir wollen alle nur Eines: Gesunde Kühe").

In der vorliegenden Arbeit soll auf die Beziehung zwischen Milchleistung und Lebendmasse näher eingegangen werden. Obwohl auch die positive genetische Korrelation zwischen Milchleistung und Lebendmasse in Fachkreisen nicht eindeutig gesichert erscheint, zeigen schon frühe englische sowie amerikanische Arbeiten einen positiven genetischen Zusammenhang (z.B. MASON et al. 1957, HOOVEN et al. 1968); ebenso eine umfangreiche Review von VEERKAMP (1998). Dieser Autor führt auch Gründe an, warum sich zum Teil negative Beziehungen ergeben, nämlich vor allem der Gewichtsverlust durch Mobilisation und die meistens geringe Häufigkeit der Lebendmasse-Feststellung. Aus physiologischer Sicht ist allerdings zu erwarten, dass schwerere und größere Tiere zu einer höheren Milchleistung fähig sind (größerer Verdauungsraum und dadurch höhere Futteraufnahme-Kapazität, größere Organe incl. Euter, höheres Blutvolumen, höhere Kapazität des Herz-Kreislaufsystems). Und nicht zuletzt zeigen aktuelle Lebendmassedaten von im Durchschnitt >700–750 kg LM (GRUBER und STEGFELLNER 2015, LEDINEK et al. 2017), dass die Kühe um 100–150 kg schwerer sind, als noch vor einigen Jahrzehnten in den gängigen Lehr- und Fachbüchern angegeben worden ist (NEHRING 1963, KIRCHGESSNER 1970; BECKER 1971, SPIEKERS und POTTHAST 2003). In einer umfangreichen Analyse (6 Versuchsherden in USA und CAN mit insgesamt 1.344 Laktationen) von CLARK und TOUCHBERRY (1962) stieg die Milchleistung um 400 kg pro 100 kg Lebendmasse an.

Die entscheidende Frage ist nun, in welchem Ausmaß sich die Lebendmasse mit der Milchleistung erhöht, weil damit auch eine entsprechende Zunahme des Erhaltungsbedarfes verbunden ist. GRUBER (2013) kalkulierte 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). Nach Modellrechnungen von STEINWIDDER (2009) mit Abschätzung der Futteraufnahme und Einbeziehung der Trockenstehzeit muss eine 850 kg schwere Kuh 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, wobei zusätzlich der Kraftfutteranteil von 18 auf 27 % ansteigen muss, um zu einer gleichen Energieversorgung zu kommen. Dies würde eine erforderliche Mehrleistung von 733 kg Milch pro 100 kg Lebendmasse bedeuten.

In der vorliegenden Arbeit werden daher die Zusammenhänge zwischen Lebendmasse und den Produktionsdaten (Futteraufnahme und Milchleistung) einerseits sowie zwischen Lebendmasse und Effizienz (Lebendmasse-, Futter- und Energie-Effizienz) andererseits analysiert, um zu objektiven Aussagen über die optimale Lebendmasse bezüglich Nährstoff-Effizienz und damit auch hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Umweltwirkung zu kommen.

Material und Methoden

Für die vorliegenden Untersuchungen wurden Daten aus zwei umfangreichen Projekten herangezogen, nämlich Datenmaterial aus dem Projekt "Efficient Cow" (LEDINEK et al. 2017) sowie aus dem Projekt zur Ableitung der "Futteraufnahme-Schätzformel" (GRUBER et al. 2004). Beide Datenquellen zeichnen sich durch eine große Streubreite hinsichtlich wichtiger tier- und futterspezifischer Parameter aus (Tabelle 1 und 2). Die Daten von LEDINEK et al. (2017) entstammen einer Felduntersuchung mit geschätzter Futteraufnahme (Futteraufnahmemodell von GRUBER et al. 2004) und davon abgeleiteter Parameter.

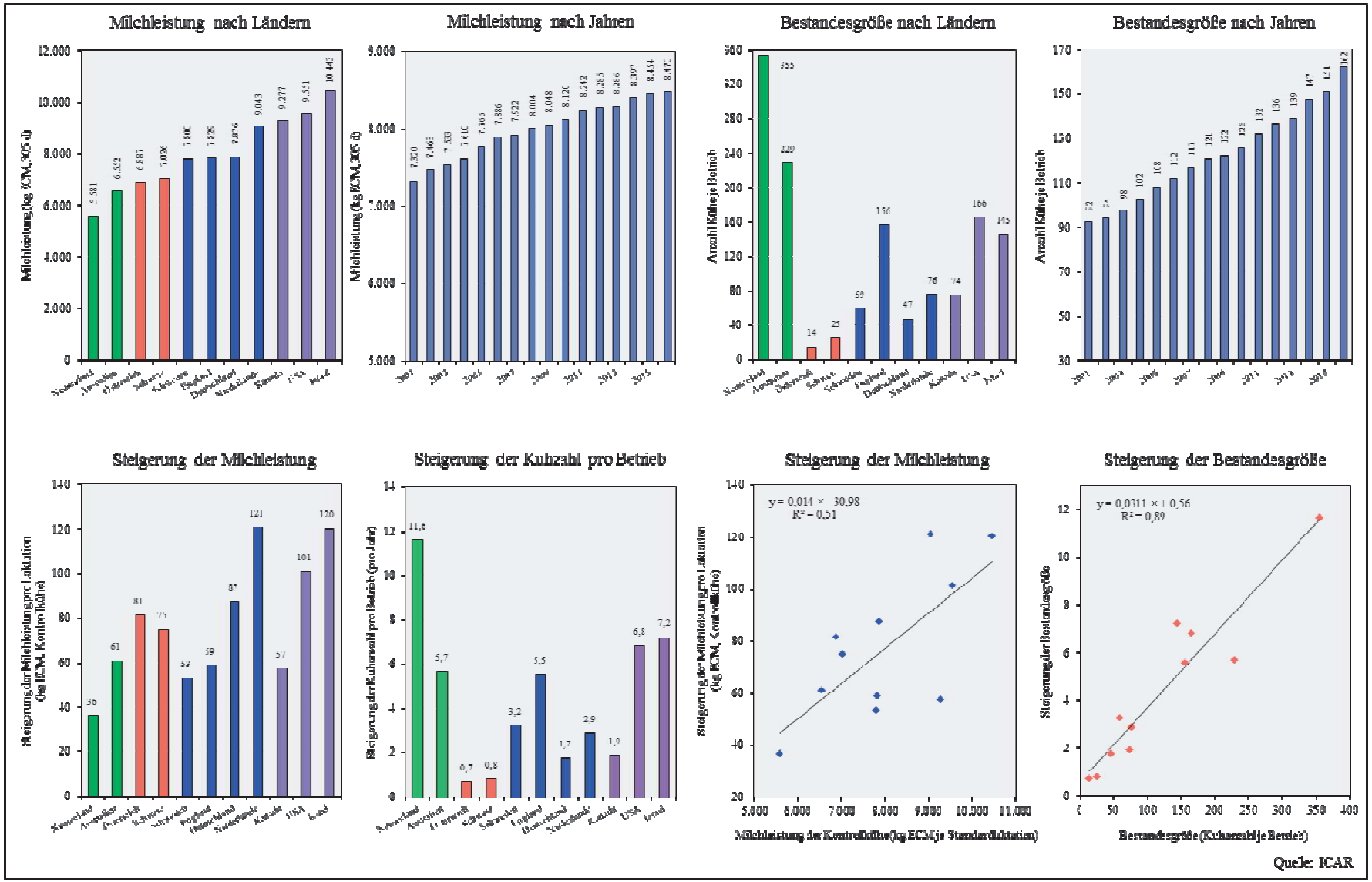

Abb. 1: Milchleistung und Betriebsstruktur in Ländern verschiedener Produktionsintensität von 2001–2016 sowie deren jährliche Veränderung (nach ICAR)

Tabelle 1: Kriterien der Versuchstiere (Daten aus "Efficient Cow"; LEDINEK et al. 2017)

Parameter	Einheit	Brown Swiss	Fleck-vieh	FV_RH 25 [1)]	FV_RH 5075 [2)]	Hol-stein	Mittel	± s	Min	Max
Anzahl Datensätze	n	10.238	11.040	2.569	2.388	6.789	33.024	-	-	-
Anzahl Tiere	n	1.444	1.577	404	349	1.037	4.811	-	-	-
Lebendmasse										
Lebendmasse	kg	660	741	741	714	670	700	92,4	431	975
BCS	Punkte	3,10	3,34	3,27	3,08	2,90	3,15	0,61	1,00	5,00
Futteraufnahme und Rationskriterien										
Futteraufnahme	kg TM/d	19,0	19,3	20,4	20,7	21,0	19,8	3,7	8,3	35,4
Kraftfutteranteil	% der TM	25,0	26,4	30,4	29,5	29,8	27,2	14,5	0,0	61,5
NEL-Gehalt	MJ/kg TM	6,49	6,49	6,56	6,59	6,63	6,53	0,36	4,09	7,41
NEL-Bilanz	MJ/d	3,6	1,1	1,0	1,2	3,3	2,3	17,0	-140,8	71,4
Milchleistung										
Milchleistung	kg	26,1	26,9	29,2	30,6	32,6	28,3	9,1	2,0	76,8
Milchleistung (ECM)	kg	26,8	27,2	29,7	31,1	32,2	28,6	8,7	1,9	86,5
Fett	%	4,22	4,17	4,20	4,26	4,08	4,18	0,74	1,54	8,86
Protein	%	3,56	3,52	3,51	3,45	3,35	3,49	0,38	1,90	5,96
Laktose	%	4,75	4,74	4,76	4,75	4,77	4,75	0,20	2,56	5,47
Effizienz										
Lebendm.-E.	kg ECM/kg $LM^{0,75}$	0,209	0,194	0,212	0,229	0,248	0,214	0,065	0,012	0,647
Futter-Effizienz	kg ECM/kg DMI	1,34	1,34	1,39	1,43	1,45	1,37	0,29	0,12	3,24
Energie-Effizienz	kg ECM/MJ NEL	0,205	0,204	0,211	0,215	0,217	0,208	0,043	0,016	0,486
Energie-Effizienz	MJ LE/MJ NEL	0,66	0,65	0,67	0,69	0,69	0,67	0,14	0,05	1,56

[1)] FV_RH25 = Fleckvieh × Red Holstein (25 %), [2)] FV_RH5075 = Fleckvieh × Red Holstein (68 %)

Tabelle 2: Kriterien der Versuchstiere (Daten aus "Futteraufnahme-Schätzformel"; GRUBER et al. 2004)

Parameter	Einheit	Fleckvieh	Holstein	Mittel	± s	Min	Max
Anzahl Datensätze	n	3.636	15.001	18.637	-	-	-
Anzahl Tiere	n	337	1.263	1.600	-	-	-
Lebendmasse							
Lebendmasse	kg	657	628	634	60	525	775
Δ Lebendmasse	g/d	136	236	216	471	-1.497	1.500
Futteraufnahme und Rationskriterien							
Futteraufnahme	kg TM/d	16,3	19,2	18,7	3,3	8,8	30,6
Kraftfutteranteil	% der TM	23,4	36,3	33,8	14,9	0,0	80,3
NEL-Gehalt	MJ/kg TM	6,17	6,65	6,56	0,55	4,11	7,69
NEL-Bilanz	MJ/d	-1,8	2,7	1,8	15,9	-50,0	49,9
Milchleistung							
Milchleistung	kg	19,4	26,3	25,0	7,8	2,5	53,6
Milchleistung (ECM)	kg	19,7	26,8	25,4	7,7	2,8	56,1
Fett	%	4,18	4,27	4,25	0,65	2,50	6,50
Protein	%	3,39	3,38	3,38	0,36	1,39	4,87
Laktose	%	4,81	4,79	4,79	0,18	3,52	5,47
Effizienz							
Lebendmasse-Effizienz	kg ECM/kg $LM^{0,75}$	0,151	0,215	0,203	0,062	0,023	0,467
Futter-Effizienz	kg ECM/kg DMI	1,19	1,39	1,35	0,30	0,19	2,58
Energie-Effizienz	kg ECM/MJ NEL	0,192	0,209	0,205	0,039	0,037	0,408
Energie-Effizienz	MJ LE/MJ NEL	0,61	0,67	0,66	0,13	0,12	1,31

Die Daten von GRUBER et al. (2004) kommen aus Versuchsergebnissen von 8 Forschungs- und Universitätsinstituten Deutschlands und Österreichs mit exakter täglicher Erfassung der Futteraufnahme und Milchleistung sowie entsprechender durchgehender Analysen von Futter und Milch. Das in dieser Arbeit dargestellte Datenmaterial "Efficient Cow" besteht aus 33.024 Datensätzen (4.811 Tiere) und das Datenmaterial "Futteraufnahme-Schätzformel" aus 18.637 Datensätzen (1.600 Tiere).

Die Fleckvieh-Daten von "Efficient Cow" wurden in reines Fleckvieh (100 %, FV) und Kreuzungen mit unterschiedlichem Red Holstein-Anteil untergliedert. Mit steigendem RH-Anteil gehen Lebendmasse und BCS zurück und steigen (geschätzte) Futteraufnahme, Milchleistung sowie Effizienz an. Brown Swiss ist in der Lebendmasse den Holstein ähnlich, in der Milchleistung sowie Effizienz allerdings deutlich niedriger und vergleichbar dem reinen Fleckvieh. Allerdings war mit steigendem Holstein-Anteil auch der Kraftfutteranteil der Ration höher, was in der statistischen Auswertung als Kovariable berücksichtigt wurde.

Die ursprünglich in den Daten von GRUBER et al. (2004) enthaltenen Werte für Brown Swiss reichten nicht für eine verlässliche Abschätzung der Effizienz in Abhängigkeit von der Lebendmasse aus. Im Gegensatz zu "Efficient Cow" ist der Anteil von Holstein im Datenmaterial der "Futteraufnahme-Schätzformel" auf Grund der Herkunft der Daten auch aus Deutschland wesentlich höher. Auch diese Daten spiegeln die typischen Rassenunterschiede zwischen Fleckvieh und Holstein wider. Fleckvieh weist eine höhere Lebendmasse auf, zeigt andererseits eine geringere Futteraufnahme, Milchleistung und auch Effizienz; allerdings bei deutlich niedrigerem Kraftfutteranteil. Das gegenüber "Efficient Cow" niedrigere Milchleistungsniveau beruht zum einem auf dem geringeren Kraftfutterniveau und zum anderen auf der Tatsache, dass diese Daten älter sind, wie auch aus der geringeren Lebendmasse hervorgeht. Das hohe Leistungsniveau von "Efficient Cow" zeigt allerdings auch, dass die Kühe dieses Projektes deutlich über dem Populationsschnitt liegen (ZAR 2015).

Die verschiedenen Effizienz-Kriterien wurden nach BERRY und PRYCE (2014) berechnet (siehe Tabelle 1 und 2). Es handelt sich um einfache Output/Input-Beziehungen, wobei der Input im Nenner den Namen bestimmt (Lebendmasse, Futteraufnahme, Energieaufnahme). Als Output dient die Milchleistung bzw. davon abgeleitete Parameter (ECM, Menge an Milchinhaltsstoffen, Milchenergie etc.). Die Lebendmasseveränderung (Δ LM) bzw. unterschiedliche Energiebilanz wurde in dieser Arbeit nicht berücksichtigt (siehe Diskussion in GRUBER und LEDINEK 2017).

- Lebendmasse-Effizienz = ECM (kg)/$LM^{0,75}$ (kg)
- Futter-Effizienz = ECM (kg)/DMI (kg)
- Energie-Effizienz = ECM (kg)/NEL (MJ) bzw. LE (MJ)/NEL (MJ)

Für die statistische Auswertung wurden Lebendmasse-Klassen im 50-kg-Abstand gebildet (siehe Abbildungen 2 und 3). Im statistischen Modell wurden Rasse, Lebendmasse-Klasse, Laktationszahl, Laktationsmonat als fixe Effekte sowie signifikante Wechselwirkungen berücksichtigt, außerdem der Betrieb ("Efficient Cow") bzw. das Tier innerhalb Rasse als zufälliger Effekt ("Futteraufnahme-Schätzformel") sowie die Kovariablen Kraftfutteranteil und NEL-Gehalt im Grundfutter. Die Daten wurden mit dem Programm SAS 9.4 (SAS-Institute Inc., Cary, NC, USA) unter Verwendung von Procedure Mixed ausgewertet.

Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen eindeutige Trends sowohl hinsichtlich der Unterschiede zwischen den Rassen (Fleckvieh, Brown Swiss und Holstein) als auch bezüglich des Einflusses der Lebendmasse (Abbildung 2 und 3). Auf der linken Seite der Grafiken sind mit der Futteraufnahme und Milchleistung jene Parameter dargestellt, aus welchen die Effizienz abgeleitet wird. Auf der rechten Seite sind drei Effizienz-Parameter angeführt, nämlich die Effizienz hinsichtlich Lebendmasse ($LM^{0,75}$), Fut-

teraufnahme (kg TM) und Energieaufnahme (MJ NEL).
Bei allen Rassen bzw. Genotypen steigt die Futteraufnahme mit zunehmender Lebendmasse in beiden Datenquellen an, allerdings in degressiver Form. Dieser Rückgang ist bei den milchbetonten Tieren stärker ausgeprägt. Wird die Futteraufnahme auf die metabolische Lebendmasse bezogen („relative Futteraufnahme“), ergibt sich ein unterschiedliches Bild. In den Daten “Efficient Cow“ geht die relative Futteraufnahme mit steigender Lebendmasse kontinuierlich zurück, dagegen zeigt sich in den Daten “Futteraufnahme-Schätzformel“ bis 650 kg LM noch ein leichter Anstieg der relativen Futteraufnahme, um im höheren Bereich der Lebendmasse ebenfalls signifikant zurückzugehen, und zwar wieder deutlicher ausgeprägt bei den milchbetonten Genotypen. D.h. die absolute Futteraufnahme steigt zwar mit zunehmender Lebendmasse an, aber relativ zur Lebendmasse geht sie zurück.
Eine noch deutlichere Beziehung zur Lebendmasse tritt bei der Milchleistung auf, wobei – im Vergleich zur Futteraufnahme – die Unterschiede zwischen den Rassen bzw. Genotypen sowohl in der absoluten Differenz als auch im Verlauf stärker ausgeprägt sind. Wie bei der Futteraufnahme ist auch die Milchleistung bei den milchbetonten Genotypen in stärkerem Maße von der Lebendmasse beeinflusst, d.h. sie nimmt im oberen Drittel des Lebendmasse-Bereiches sogar deutlich ab. In den Daten “Efficient Cow“ geht die Milchleistung von Fleckvieh (100 %) im oberen Bereich der Lebendmasse ebenfalls – jedoch in schwächerer Form – zurück, während sie in den Daten “Futteraufnahme-Schätzformel“ nicht abnimmt, sondern gleich bleibt. Somit zeigt die Milchleistung in Abhängigkeit von der Lebendmasse einen typisch kurvilinearen Verlauf, der gekennzeichnet ist durch einen signifikanten Anstieg im unteren Bereich der Lebendmasse einer Population und einen Rückgang im oberen Bereich der Lebendmasse, wobei dieser Rückgang bei den milchbetonten Tieren stärker ausfällt als bei den eher kombinierten Typen.
Aus der Gegenüberstellung dieser nun diskutierten Produktionsdaten (Lebendmasse, Futteraufnahme, Milchleistung) ergeben sich die Effizienz-Parameter (rechte Seite der Abbildungen 2 und 3). Beide Datenquellen zeigen, dass die Effizienz hinsichtlich Milchleistung – wie zu erwarten – zunimmt, je milchbetonter die Genotypen sind. Es ist darauf hinzuweisen, dass für eine objektive Betrachtung die Mastleistung der Nachkommen sowie der Altkuh-Erlös ebenfalls in Rechnung zu stellen sind. Es fällt auf, dass die Unterschiede in der Effizienz zwischen den Genotypen mit steigender Lebendmasse abnehmen, und zwar in beiden Datenquellen.

Da die Ergebnisse hinsichtlich Effizienz zwischen den Datenquellen doch gewisse Unterschiede aufweisen und auch der untersuchte Lebendmasse-Bereich nicht ganz vergleichbar ist, werden die Ergebnisse gesondert diskutiert. Die Datenquelle “Efficient Cow“ deckt einen wesentlich größeren Bereich an Lebendmasse ab (450–950 kg LM) als “Futteraufnahme-Schätzformel“ (525–775 kg LM). Dies ist bei der Interpretation der Ergebnisse zu beachten und beeinflusst den optischen Eindruck der Kurven besonders im Bereich hoher Lebendmasse.

Lebendmasse-Effizienz

Im Datenmaterial “Efficient Cow“ ändert sich die Lebendmasse-Effizienz – mit gewissen Unterschieden zwischen den Genotypen – innerhalb der Rassen von 450 bis 600 kg Lebendmasse nur relativ wenig und geht bis 900 bzw. 950 kg LM in zunehmendem Maße zurück. Im Datenmaterial “Futteraufnahme-Schätzformel“ steigt die Lebendmasse-Effizienz bis 625 kg LM demgegenüber leicht an. Während Holstein im höheren Lebendmasse-Bereich (> 650 bis 775 kg LM) in der Lebendmasse-Effizienz deutlich abnimmt, geht diese bei Fleckvieh nur leicht zurück. Allerdings deuten die Ergebnisse aus dem Datenmaterial “Efficient Cow“ darauf hin, dass bei allen Rassen bzw. Genotypen ab 750 kg LM mit einem starken Rückgang der Lebendmasse-Effizienz zu rechnen ist.

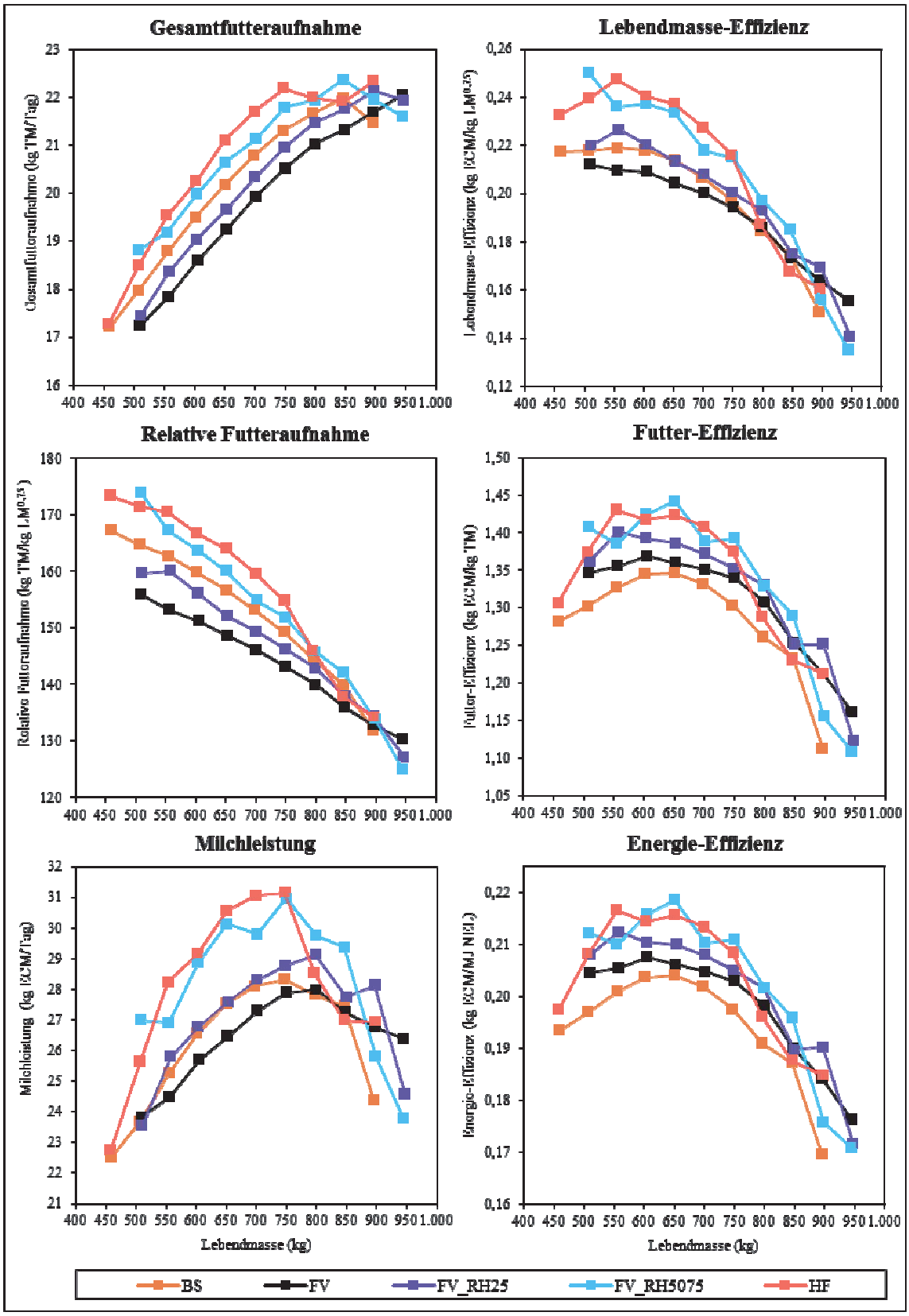

Abb. 2: Futteraufnahme, Milchleistung und Effizienz von Milchkühen der Rassen Fleckvieh, Brown Swiss und Holstein bei unterschiedlicher Lebendmasse (Datenmaterial "Efficient Cow", LEDINEK et al. 2017)

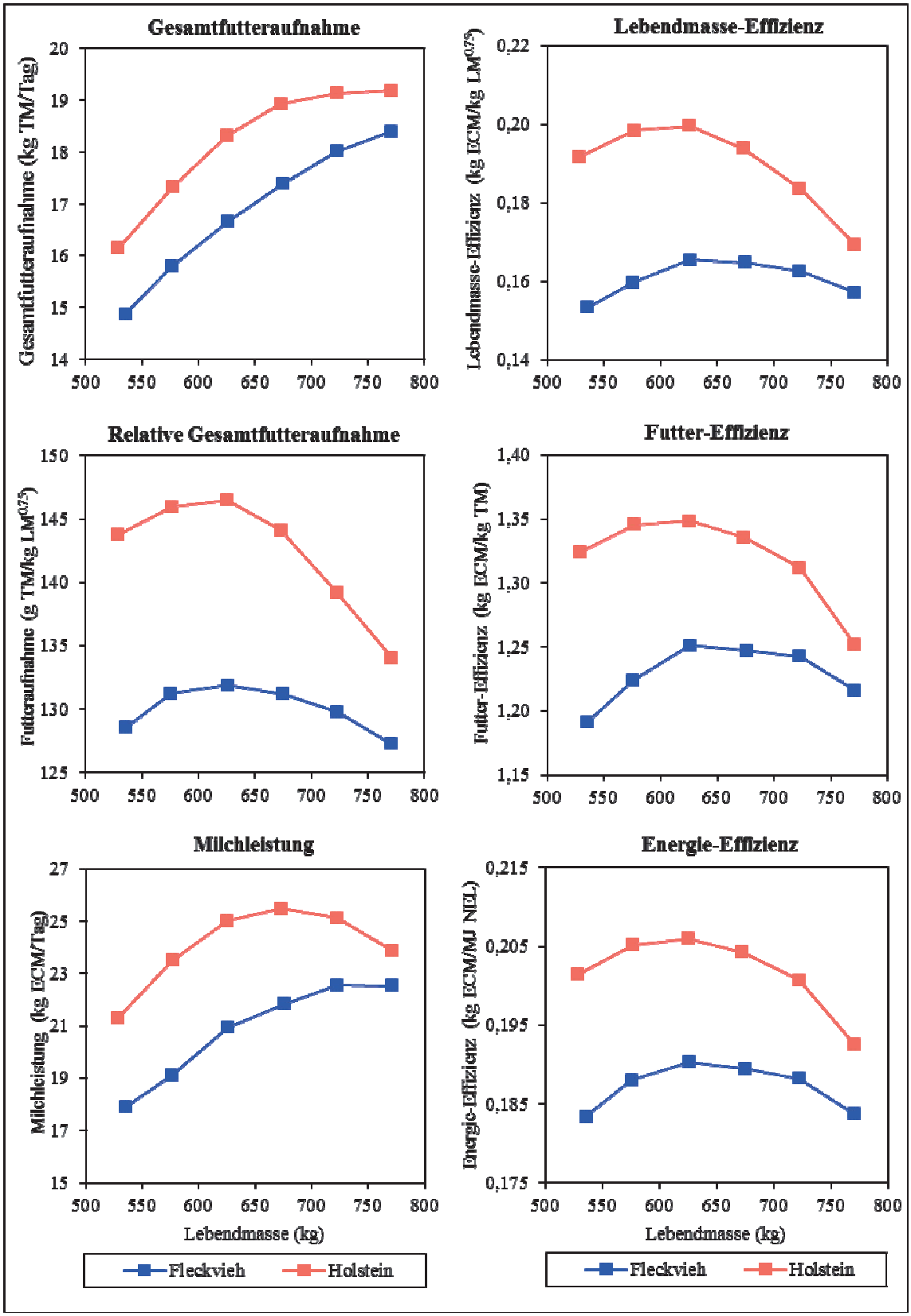

Abb. 3: Futteraufnahme, Milchleistung und Effizienz von Milchkühen der Rassen Fleckvieh und Holstein bei unterschiedlicher Lebendmasse (Datenmaterial "Futteraufnahme-Schätzformel", GRUBER et al. 2004)

Futter- und Energie-Effizienz

Im Gegensatz dazu steigt die Futter- und Energie-Effizienz im Datenmaterial "Efficient Cow" bis 600–650 kg LM bei allen Genotypen an und fällt in gleicher Weise wie die Lebendmasse-Effizienz bis 900 bzw. 950 kg LM in zunehmendem Maße ab. Im Datenmaterial "Futteraufnahme-Schätzformel" erhöht sich die Futter- und Energie -Effizienz bis 625 kg LM und sinkt danach zunehmend bis 775 kg ab, und zwar Holstein in stärkerem Ausmaß als Fleckvieh. Die Optima unterscheiden sich zwischen Fleckvieh und Holstein nur unwesentlich (HF etwa 25–50 kg niedriger als FV). Auch Futter- und Energie-Effizienz gehen bei allen Rassen bzw. Genotypen ab 750 kg LM stark zurück, was in der Züchtung beachtet werden sollte.

Diskussion

Die Unterschiede zwischen kombinierten und milchbetonten Zweinutzungsrindern in der Lebendmasse, Milchleistung sowie Futteraufnahme und damit auch in der Lebendmasse- und Futter-Effizienz sind in vielen Versuchen der vergangenen Jahre unter verschiedensten Produktionsbedingungen dargestellt worden, besonders wenn der Bezug zur Lebendmasse hergestellt wird (siehe Übersicht bei GRUBER und STEGFELLNER 2015). Beispielhaft seien die Arbeiten von KÜNZI (1969), ZAUGG (1976), KORVER (1982), OLDENBROEK (1984a und b, 1986, 1988), HAIGER et al. (1987), HAIGER und SÖLKNER (1995), HAIGER und KNAUS (2010), DILLON et al. (2003) und YAN et al. (2006) angeführt.

Bezüglich des Einflusses der Lebendmasse auf die Energie-Effizienz innerhalb einer Rasse wurden an der Versuchsherde von Beltsville (ML, USA) schon vor 5 Jahrzehnten durch HOOVEN et al. (1968), MILLER et al. (1969) und DICKINSON et al. (1969) Untersuchungen angestellt. Auch sie kamen zum Ergebnis, dass die Energie-Effizienz von Milchkühen im Bereich mittlerer Lebendmasse einer Population am höchsten ist. In einer zusammenfassenden Auswertung von Fütterungsversuchen mehrerer Universitäten der USA und Kanada mit Holstein und Jersey erreichten die Kühe mit einem Lebendmasse-Bereich von 279–891 kg die höchste Milchleistung und damit Lebendmasse-Effizienz ebenfalls nicht bei höchster Lebendmasse, sondern bei 613 kg LM (BROWN et al. 1977). MORRIS und WILTON (1976) werteten in einer Literaturreview 10 relevante Experimente aus und fanden im Durchschnitt eine positive phänotypische (+0,33) und genetische (+0,14) Korrelation zwischen Milchleistung und Lebendmasse, während die Korrelation zwischen Energie-Effizienz und Lebendmasse negativ war (-0,18 bzw. -0,37). VALLIMONT et al. (2011) fanden in 11 Milchviehherden (970 HF-Kühe) in Pennsylvania (USA) hohe, negative genetische Korrelationen (–0,64 bis –0,66) zwischen Lebendmasse mehreren Effizienz-Merkmalen (Trockenmasse-, NEL- und Protein-Effizienz) und schlossen daraus, dass große und fette Kühe weniger effizient sind als kleine und dünne Kühe. Die Effizienz dieser Kühe war negativ mit ihrer Fruchtbarkeit (days open) und positiv mit ihrer produktiven Lebenszeit korreliert. Dies zeigt, dass bei einer Züchtung auf hohe Effizienz die Fruchtbarkeitssituation einzubeziehen ist (VALLIMONT et al. 2013). GRUBER und STEGFELLNER (2015) stellten in einer Erhebung an 18 landwirtschaftlichen Fachschulen in Österreich eine partielle phänotypische Korrelation zwischen Milchleistung (ECM) und Lebendmasse vom +0,153 und zwischen Lebendmasse-Effizienz und Lebendmasse von -0,260 fest. Auf die Nachteile zu hoher Lebendmasse von Milchkühen (Krankheitshäufigkeit, Ausfallsrate, Effizienz etc.) haben u.a. auch MASON et al. (1957), MAHONEY et al. (1986), HANSEN et al. (1999) und BECKER et al. (2012) hingewiesen. Nach KROGMEIER (2009) sind die Kühe sind in den letzten Jahrzehnten größer geworden und ihre Nutzungsdauer hat abgenommen. Aus dem Vergleich von älteren mit aktuellen Milchviehversuchen (HAIGER et al. 1987 vs. GRUBER und STEGFELLNER 2015 bzw. LEDINEK et al. 2017) kann abgeleitet werden, dass sich im angesprochenen Zeitraum von 30 Jahren die Milchleistung, jedoch zu einem gewissen Grad auch die Lebendmasse, erhöht haben. Wird die Steigerung der Milchleistung 100 gesetzt, so erhöhte sich die Lebendmasse um 48 % und die Lebendmasse-Effizienz dem-

entsprechend nur um 62 % (GRUBER und STEGFELLNER 2015). Beim Vergleich von HAIGER et al. (1987) mit den Ergebnissen von Efficient Cow (LEDINEK et al. 2017) macht die Steigerung der Lebendmasse 35 % bzw. die Steigerung der Lebendmasse-Effizienz 71 % gegenüber der Milchleistung (=100) aus. Es ist also davon auszugehen, dass 30–40 % der Milchleistungssteigerung um den Preis einer höheren Lebendmasse erzielt wurden (im Falle von Brown Swiss und Holstein).

Fazit

- Die internationale Milchproduktion wird sich weiter konzentrieren und intensivieren
- Die damit einhergehende Steigerung der individuellen Milchleistung verstärkt das Problem der hohen Stoffwechselbelastung mit negativen Auswirkungen auf die Gesundheit sowie Fitness der Kühe und damit ihrer Nutzungsdauer
- Die Zucht auf hohe Milchleistungen hat auch die durchschnittliche Lebendmasse der Kuhpopulationen erhöht, mit negativen Auswirkungen auf die Lebendmasse- und Futter-Effizienz
- Die Lebendmasse sollte in der Rinderzucht daher berücksichtigt werden
- Lebendmasse- und Futtereffizienz sind nicht identisch und haben ein unterschiedliches Optimum
- Die höchste Effizienz einer Population wird bei mittlerer Lebendmasse erreicht
- Milchbetonte Kühe sind effizienter in der Milcherzeugung, Nachteile in der Mastleistung sind in Rechnung zu stellen.
- Die Effizienz von Fleckvieh ist in geringerem Maß von der Lebendmasse beeinflusst als von jene Holstein

Literatur

BECKER, M., 1971: Grundzüge der Fütterungslehre. 15. Auflage, Verlag Paul Parey, 324 S.

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.

BELLO, N.M., J.S. STEVENSON und R.J. TEMPELMAN, 2012: Invited review: Milk production and reproductive performance – Modern interdisciplinary insights into an enduring axiom. J. Dairy Sci. 95, 5461–5475.

BENNEWITZ, J., 2016: Potentiale und Herausforderungen der genomischen Selektion in der Tierzucht. 26. Hülsenberger Gespräche 2016 "Die postgenomische Ära: Die Renaissance des Phänotyps", 10–14.

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

BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft), 2008: Deckungsbeiträge und Daten für die Betriebsplanung 2008. Herausgeber BMLFUW und LFI, 449 S.

BLAKE, R.W., A.A. CUSTODIO und W.H. HOWARD, 1986: Comparative feed efficiency of Holstein and Jersey cows. J. Dairy Sci. 69, 1302–1308.

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.

BUCKLEY, F., P. DILLON, S. CROSSE, F. FLYNN 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.

CLARK, R.D. und R.W. TOUCHBERRY, 1962: Effect of body weight and age at calving on milk yield production in Holstein cattle. J. Dairy Sci. 45, 1500–1510.

COLEMAN, J., D.P. BERRY, K.M. PIERCE, A. BRENNAN und B. HORAN, 2010: Dry matter intake and feed efficiency profiles of 3 genotypes of Holstein-Friesian within pasture-based systems of milk production. J. Dairy Sci. 93, 4318–4331.

DICKINSON, F.N., B.T. McDANIEL und R.E. McDOWELL, 1969: Comparative efficiency of feed utilization during first lactation of Ayrshire, Brown Swiss and Holstein cows. J. Dairy Sci. 52, 489–497.

DILLON, P., S. SNIJDERS, F. BUCKLEY, B. HARRIS, P.O. CONNOR und J.F. MEE, 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.

FLACHOWSKY, G., 2000: Nährstoffökonomische und ökologische Aspekte bei der Erzeugung von essbarem Eiweiß tierischer Herkunft bei unterschiedlichem Leistungsniveau der Nutztiere. Landbauforschung Völkenrode 50, 38–49.

FLEISCHER, P., M. METZNER, M. BEYERBACH, M. HOEDEMAKER und W. KLEE, 2001: The relationship between milk yield and the incidence of some diseases in dairy cows. J. Dairy Sci. 84, 2025–2035.

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., 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, Rostock, 13.-17. September 2004, Kongressband 2004, 484–504.

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

GRUBER, L. und M. LEDINEK, 2017: Effizienz der Milcherzeugung in Abhängigkeit von Genotyp und Lebendmasse. 44. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 05.-06. April 2017, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2017.

HAIGER, A., R. STEINWENDER, J. SÖLKNER und H. GREIMEL, 1987: Vergleichsversuch von Braunvieh mit Brown Swiss- und Holstein Friesian-Kreuzungen, 7. Mitteilung: Milchleistungsvergleich. Die Bodenkultur 38, 273–280.

HAIGER, A. und J. SÖLKNER, 1995: Der Einfluss verschiedener Futterniveaus auf die Lebensleistung kombinierter und milchbetonter Kühe: 2. bis 8. Laktation. Züchtungskde. 67, 263–273.

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

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.

HANSEN, L.B., 2000: Consequences of selection for milk yield from a geneticist's viewpoint. J. Dairy Sci. 83, 1145–1150.

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.), E56–E61.

HAYES, B.J., P.J. BOWMAN, A.J. CHAMBERLAIN und M.E. GODDARD, 2009: Invited review: Genomic selection in dairy cattle: Progress and challenges. J. Dairy Sci. 92, 433–443.

HERINGSTAD, B., G. KLEMETSDAL und T. STEINE, 2007: Selection responses for disease resistance in two selection experiments with Norwegian Red cows. J. Dairy Sci. 90, 2419–2426.

HOOVEN, N.W., R.H. MILLER und R.D. PLOWMAN, 1968: Genetic and environmental relationships among efficiency, yield, consumption and weight of Holstein cows. J. Dairy Sci. 51, 1409–1419.

ICAR (International Committee for Animal Recording): http://www.icar.org/survey/pages/tables.php

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., 1970: Tierernährung – Leitfaden für Praxis, Beratung und Studium. 1. Auflage, DLG Verlag, Frankfurt/Main, 408 S.

KNAUS, W., 2009: Dairy cows trapped between performance demands and adaptability. J. Sci. Food Agric. 89, 1107–1114.

KORVER, S., 1982: Feed intake and production in dairy breeds dependent on the ration. Diss. Wageningen, 139 S.

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

KÜNZI, N., 1969: Beziehungen zwischen Futterverzehr und Milchleistung bei Fleckvieh-, Braunvieh- und Ayrshirekühen. Diss. 4342, ETH Zürich, 122 S.

LEDINEK, M., L. GRUBER, F. STEININGER, B. FÜRST-WALTL, K. ZOTTL, M. ROYER, K. KRIMBERGER, M. MAYERHOFER und C. EGGER-DANNER, 2017: Futter- und Nährstoffeffizienz – was steckt dahinter? Tagungsband ZAR-Seminar "Der effizienten Kuh auf der Spur", 09.03.2017, Salzburg.

LUCY, M.C., 2001: Reproductive loss in 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. McDONALD, L. BURTON, R.T. CURSONS, J.R. ROCHE und C.W. HOLMES, 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.

MAHONEY, C.B., L.B. HANSEN, C.W. YOUNG, G.D. MARX und J.K. RENEAU, 1986: Health care of Holsteins selected for large or small body size. J. Dairy Sci. 69, 3131–3139.

MARTENS, H., 2012: Die Milchkuh – Wenn die Leistung zur Last wird! 39. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.-26. April 2012, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, A-8952 Irdning, 35–42.

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

MASON, I.L., A. ROBERTSON und B. GJELSTAD, 1957: The genetic connexion between body size, milk production and efficiency in dairy cattle. J. Dairy Res. 24, 135–143.

MACDONALD, K.A., G.A. VERKERK, B.S. THORROLD, J.E. PRYCE, J.W. PENNO, L.R. McNAUGHTON, L.J. BURTON, J.A.S. LANCASTER, J.H. WILLIAMSON und C.W. HOLMES, 2008: A comparison of three strains of Holstein-Friesian grazed on pasture and managed under different feed allowances. J. Dairy Sci. 91, 1693–1707.

MILLER, R.H. und N.W. HOOVEN, 1969: Variation in part-lactation and whole-lactation feed efficiency of Holstein cows. J. Dairy Sci. 52, 1025–1036.

MORRIS, C.A. und J.W. WILSON, 1976: Influence of body size on the biological efficiency of cows: A review. Can. J. Anim. Sci. 56, 613–647.

NEHRING, K., 1963: Lehrbuch der Tierernährung und Futtermittelkunde. 8. Auflage, Neumann Verlag. Radebeul. Berlin, 522 S.

OLDENBROEK, J.K., 1984a: Holstein Friesians, Dutch Friesians and Dutch Red and Whites on two complete diets with a different amount of roughage: Performance in first lactation. Livest. Prod. Sci. 11, 401–415.

OLDENBROEK, J.K., 1984b: Holstein Friesians, Dutch Friesians and Dutch Red and Whites on two complete diets with a different amount of roughage: Differences in performance between first and second lactation. Livest. Prod. Sci. 11, 417–428.

OLDENBROEK, J.K., 1986: The performance of Jersey heifers and heifers of larger dairy breeds on two complete diets with different roughage contents. Livest. Prod. Sci. 14, 1–14.

OLDENBROEK, J.K., 1988: The performance of Jersey cows and cows of larger dairy breeds on two complete diets with different roughage contents. Livest. Prod. Sci. 18, 1–17.

OLTENACU, P.A. und D.M. BROOM, 2010: The impact of genetic selection for increased milk yield on the welfare of dairy cows. Animal welfare 19, 39-49.

PICCAND, V., E. CUTTULIC, 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.

ROCHE, J.R., D.P. BERRY und E.S. KOLVER, 2006: Holstein-Friesian strain and feed effects on milk production, body weight, and body condition score profiles in grazing dairy cows. J. Dairy Sci. 89, 3532–3543.

SPIEKERS, H. und V. POTTHAST, 2003: Erfolgreiche Milchviehfütterung. 1. Auflage, DLG Verlag Frankfurt/Main, 448 S.

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.

THOMET, P., H. RÄTZER und B. DURGIAI, 2002: Effizienz als Schlüssel für die wirtschaftliche Milchproduktion. Agrarforschung 9, 404–409.

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.

VALLIMONT, J.E., C.D. DECHOW, J.M. DAUBERT, M.W. DEKLEVA, J.W. BLUM, W. LIU, G.A. VARGA, A.J. HEINRICHS und C.R. BAUMRUCKER, 2013: Short communication: Feed utilization and its associations with fertility and productive life in 11 commercial Pennsylvania tie-stall herds. J. Dairy Sci. 96, 1251–1254.

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.

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 (Zentrale Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter), 2015: Die österreichische Rinderzucht 2015 (Jahresbericht 2015), 155 S.