



Effizienzvergleiche bei unterschiedlichen Milchviehtypen

Andreas MÜNGER, Eidgenössische Forschungsanstalt für viehwirtschaftliche Produktion (FAG), CH-1725 Posieux*

Die Frage nach der Milchkuh, welche die Nahrung am effizientesten in nutzbare Produkte umwandelt, beschäftigt seit jeher die Züchter und Milchproduzenten. Ein Problem und Anlass zu widersprüchlichen Aussagen sind dabei die unterschiedlichen Definitionen der Effizienz. Nach ökonomischen Massstäben schneiden kleingewachsene Typen mit hoher Leistung und grossem relativem Futteraufnahme-Vermögen besser ab. Die biologische Effizienz der Milchbildung (Umwandlung von Nahrungs- in Milchenergie) scheint jedoch auch bei unterschiedlichen Milchviehtypen die gleiche zu sein.

Auch in der Milchproduktion ist die möglichst wirtschaftliche Verwendung der Produktionsmittel ein vorrangiges Ziel. Da in der tierischen Produktion das Futter den Hauptaufwandposten darstellt, ist es naheliegend, dass sich Effizienzüberlegungen auch bei der Milchkuh auf die Ernährung konzentrieren. Verbesserungen der Effizienz (= Wirkungsgrad) können am Tier selbst erzielt werden, indem durch züchterische Massnahmen ein möglichst geringer Anteil an „unproduktiven“ Körperfunktionen angestrebt wird. Dies kann erreicht werden durch eine Verringerung des Körpervolumens und somit des Erhaltungsbedarfes, durch die Steigerung der Leistung oder die Verbesserung des Verzehrsvermögens. Auch der Weg über eine Reduktion wirtschaftlich weniger bedeutendere Leistungen wie Fleischansatz bei der Milchkuh, Wachstum des Haarkleides, Weidegängigkeit usw. kann eingeschlagen werden, mit anderen Worten die Zucht auf einseitigere Tiere, wie sie in den letzten Jahrzehnten bei vielen Rassen betrieben wurde.

Auch über die Gestaltung der Fütterung selbst sind Effizienzsteigerungen möglich. Im Vordergrund stehen hohe Anteile kostengünstiger Futtermittel sowie die Optimierung der Ration, das heisst ein dem Bedarf bestmöglich entsprechendes Angebot der einzelnen Nährstoffe.

Probleme bereiten häufig die unterschiedlichen Definitionen des Wirkungsgrades

bei Milchkühen, die zu Missverständnissen und scheinbaren Widersprüchen beim Vergleich von Untersuchungsergebnissen und Modellrechnungen führen. Im folgenden sollen deshalb zunächst die Begriffe im Zusammenhang mit Effizienz dargelegt werden, bevor auf Ergebnisse eigener Untersuchungen mit drei unterschiedlichen Milchviehrassen eingegangen wird.

Eigene Untersuchungen

Um einen Beitrag zur Klärung der Frage zu leisten, ob möglicherweise genetische Unterschiede in der Nahrungsverwertung bestehen, wurden drei Milchviehrassen, die unterschiedlichen Zuchttypen entsprechen, verglichen. Zur Verfügung standen Holstein als grossgewachsener einseitiger Milchtyp, Jersey als extreme Milchrasse mit geringem Erhaltungsbedarf und Simmentaler Fleckvieh als kombinierte Rasse mit mittlerem Leistungsniveau (Abb. 2). Von jeder Rasse wurden 10 Tiere, davon 4 bis 5 erstlaktierende, während einer Laktation einschliesslich der vorausgehenden 4 Wochen in die Untersuchung einbezogen. Diese bestand aus 6 Bilanzversuchen pro Tier in den Wochen (bezogen auf den Abkalbezeitpunkt) -4, 8, 15, 23, 33, 41. Jeder Bilanzversuch dauerte 6 Tage; dabei wurden alle Aufnahme- und Ausscheidungsmengen erhoben (gasförmige nur während 3 Tagen).

Die Grundration der Versuchskühe, *ad libitum* vorgelegt, bestand im Sommer aus Gras, im Winter aus Diärfutter guter Qualität. Dazu kam Maissilage rationiert. Die Kraftfutter-Ergänzung (Getreidemischung bzw. Leistungsfutter) wurde so gehandhabt, dass zu Beginn der Laktation maximal 35 % des Energiebedarfes durch Kraftfutter gedeckt wurden und dieser Anteil bis zur 27. Laktationswoche auf 0 % reduziert wurde. Damit sollte die Grundfutteraufnahme der Kühe nicht beeinträchtigt werden. Im übrigen richtete sich die Planung der Ration nach den gültigen Fütterungsempfehlungen (Schneeberger und Landis 1984) unter Berücksichtigung eines Abbaues von Energiereserven zu Beginn der Laktation. Die Maissilage- und Kraftfuttermengen wurden wöchentlich aufgrund von Verzehr und Leistung in der Vorwoche neu berechnet.

Die hier zur Nährstoffverwertung vorgestellten Ergebnisse der Untersuchung beziehen sich in erster Linie auf die Energie, da die Energieversorgung im Falle der Milchkuh eine zentrale Bedeutung hat und Effizienzbetrachtungen häufig zur Energie gemacht werden.

Welche Effizienz?

Grundsätzlich lässt sich zwischen ökonomischen und biologischen Effizienzmassen unterscheiden. Ökonomische Effizienz ist das Verhältnis des Wertes der erzeugten Produkte zum Aufwand für die zugeführte Nahrung. Die Werte sind von der Definition der Produkte und den zugrunde liegenden Futter- und Produktpreisen abhängig. Verbesserungen der ökonomischen Effizienz ergeben sich durch züchterische Massnahmen und die Optimierung der Fütterung, wie oben angeführt, aber auch durch die Wahl preisgünstiger Futtermittel und bei hohen Produktpreisen.

Unter biologischer Effizienz sind Masse zu verstehen, die sich auf die Umwand-

* Die Untersuchungen, die im vorliegenden Artikel dargestellt werden, wurden im Rahmen einer Dissertation an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich durchgeführt (Münger 1994).

lung von Inhaltsstoffen der Nahrung in solche der Produkte beziehen, anders gesagt auf die Vorgänge der Nahrungsaufnahme, der Verdauung und des Metabolismus. Oft werden Gesamteffizienzwerte definiert, das heisst die Produktion wird zur Nährstoffaufnahme in Beziehung gesetzt. Aber auch den verschiedenen Stufen der Nahrungsverwertung entsprechen Effizienzwerte. Als Beispiele können die Verdauungseffizienz oder die Effizienz der Umwandlung von umsetzbaren (= verfügbaren) Nährstoffen in Produkteinhaltsstoffe angeführt werden. Biologische Effizienzmasse beziehen sich folglich stets auf einzelne Nahrungskomponenten (z.B. Protein, Aminosäuren, Mineralstoffe) oder den Energiegehalt der Nahrung beziehungsweise der Produkte.

Verbesserungen der biologischen Effizienz sind theoretisch auf verschiedenen Ebenen möglich (Bauman *et al.* 1984): Neben Verzehr und Leistungshöhe könnte die Verdauung und Absorption der Nährstoffe verbessert werden. Der Erhaltungsbedarf liesse sich reduzieren. Denkbar ist auch eine Veränderung der Nährstoffverwendung im Organismus; damit ist die Aufteilung in Milchproduktion, Erhaltung und Körperansatz (Wachstum oder Reserven) gemeint. Schliesslich ist eine Erhöhung der Ausnutzung der absorbierten Nährstoffe für die Produktion vorstellbar, das heisst eine Verringerung der Verluste. Einzelne der genannten Verwertungsstufen werden durch die Qualität und Zusammensetzung der Nahrung mitbeeinflusst, so der Verzehr, die Verdaulichkeit der Nährstoffe und ihre Verwendung für verschiedene Leistungen. Von Interesse ist aber auch der genetische Anteil: Inwieweit sind Effizienzfaktoren durch die Zucht veränderbar, oder anders gefragt, sind sie durch die Selektion unterschiedlicher Rindertypen (Rassen) verändert worden?

Milchrassen nehmen mehr Futter auf

Die Gegenüberstellung der Trockensubstanz(TS)-Aufnahmemengen in den eigenen Versuchen zeigt (Tab. 1), dass die Holstein-Kühe einen höheren Verzehr hatten als die etwas schwereren Simmentaler; die Jersey mit ihrer geringen Grösse fressen deutlich weniger. Stellt man den Verzehr ins Verhältnis zum Körpergewicht, lässt sich ein besserer Vergleich ziehen; wegen seines Zusammenhangs mit der Stoffwechsellaktivität eignet sich das metabolische

Tab. 1. Verzehr, Leistung und Verwertung der Futterenergie im Vergleich von drei Milchviehassen

		Holstein	Jersey	Simmentaler	Standardfehler ¹
		Mittelwerte von 5 Messungen während der Laktation			
Lebendgewicht (LG)	kg	587 ^{a2}	352 ^b	631 ^c	71
TS-Verzehr (TSV)	kg/Tag	16,2 ^a	12,3 ^b	15,3 ^c	2,2
TSV / LG ^{3/4}	g/kg,Tag	136 ^a	150 ^a	122 ^b	20
Milchleistung	kg/Tag	19,8 ^a	12,7 ^b	17,2 ^c	5,2
Fettgehalt	%	4,5 ^a	6,7 ^b	4,6 ^a	0,8
Eiweissgehalt	%	3,2 ^a	4,0 ^b	3,5 ^c	0,4
Laktosegehalt	%	5,0	5,0	5,0	0,4
Energiekorrigierte Milch (ECM)	kg/Tag	20,3 ^a	16,0 ^b	17,4 ^{ab}	6,4
ECM / LG ^{3/4}	g/kg,Tag	173 ^a	197 ^b	139 ^a	59
Anteil der Milchenergie an der Energieaufnahme	%	21,4	21,9	19,0	6,2
Verdaulichkeit der Energie (vE)	%	71	71	72	4
Umsetzbarkeit der Energie (qE)	%	59	58	59	4
Verwertung der Umsetzbaren Energie (UE) für die Produktion		0,71	0,72	0,73	0,03
Erhaltungsbedarf an UE / LG ^{3/4}	kJ/kg,Tag	475	488	460	37

¹ Schätzfehler des LSQ-Mittelwertes aus der Varianzanalyse, die als Basis zum Vergleich der Rassen diente

² ungleiche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Rassen ($p < 0,05$)

Körpergewicht LG^{3/4} als Bezugsbasis. Hier zeigt sich eine Überlegenheit der beiden Milchrassen, speziell der Jersey, gegenüber den Simmentalern. Der Unterschied

kann zum Teil durch einen höheren Anteil der Verdauungsorgane am Körpergewicht bei den Milchrassen erklärt werden. Allerdings gibt es in dieser Beziehung nach einer

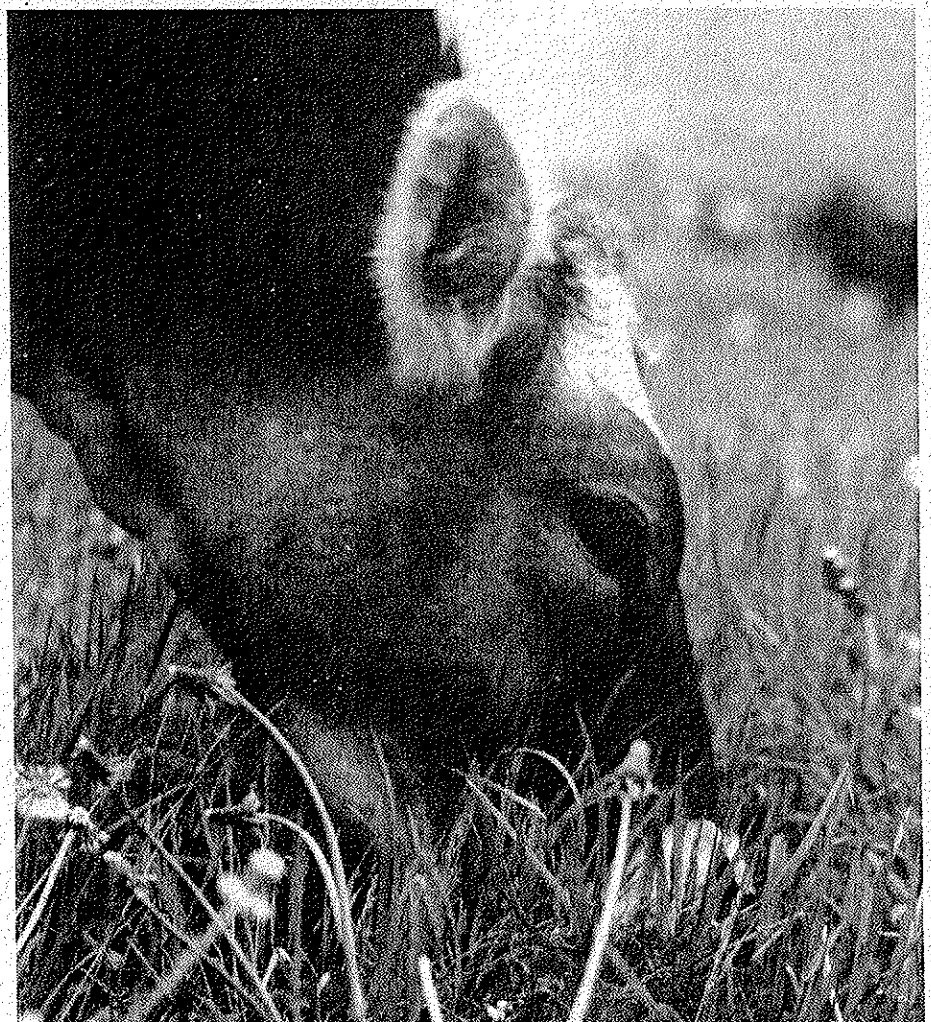


Abb. 1. Für die Verwertung der Nahrung...



Erhebung von Smith und Baldwin (1974) keine Differenz zwischen Jersey und Holstein. Andere Forscher (Ingvarsen und Weisbjerg 1993) stellten bei Jersey-Kühen eine schnellere Passage des Futters durch den Verdauungstrakt fest, ohne dass die Verdaulichkeit verschlechtert war. Bei den Vergleichen muss auch das unterschiedliche Leistungsniveau (Produktionsintensität) der Rassen berücksichtigt werden. Die höhere relative Verzehrskapazität kann für die Milchrasen bereits einen Effizienzvorteil bedeuten, vorausgesetzt, die Nahrung wird gleich gut verwertet.

Unterschiedliche Leistungen

Der Vergleich der Milchproduktion ist eigentlich nur für die auf gleichen Energiegehalt umgerechneten Leistungen angebracht, da die Streuung bei den Milchinhaltstoffen gross war. Insbesondere der Fettgehalt war einerseits zwischen den Jersey und den beiden anderen Rassen verschieden als andererseits auch bei den Einzeltieren sehr variabel. Überras-

schend ist ebenfalls die Variationsbreite der Laktosekonzentration bei gleichen Durchschnittswerten für die drei Rassen; im allgemeinen gilt die Laktose als relativ gehaltsstabil, da ihre Produktion im Euter weitgehend die Milchmenge bestimmt. Zieht man die Energiekorrigierte Milchproduktion (ECM) zum Rassenvergleich heran, ist ersichtlich, dass das Leistungsniveau der Simmentaler und Jersey ähnlich war. Die Holstein lagen höher, wenn auch gegenüber den Simmentalern wegen der grossen Streuung nicht signifikant. Jerseykühe produzieren also bei nur gut halb so grosser Körpermasse fast ebenso viel Milchenergie wie Simmentaler. Bezieht man die energiekorrigierte Milchleistung auf das metabolische Körpergewicht, so ergibt sich die Reihenfolge Jersey - Holstein - Simmentaler. Das kann einerseits so interpretiert werden, dass die Jersey-Rasse auf einem höheren Leistungsniveau produziert, das heisst stärker in Richtung Milchleistung selektiert ist. Andererseits lässt sich daraus ein Effizienzvorteil für die Jersey beziehungsweise die Holstein (gegenüber den Simmentaler-

lern) ableiten. Das stimmt aber nur, wenn das Verhältnis Milchleistung : Futtermittelverzehr besser ist. Die Berechnung zeigt, dass dieses Verhältnis für die Jersey 1,30, für die Holstein 1,25 und für die Simmentaler 1,13 beträgt. Die Jersey und die Holstein produzieren also mit annähernd der gleichen Gesamteffizienz, die Simmentaler liegen etwas darunter. Das zeigt auch das Verhältnis von Milchenergie zu aufgenommener Futterenergie (Tab. 1).

Gleiche Verwertung der Energie

Ist aus dem bisher Gesagten zu schliessen, dass die Milchrasen ihre Nahrung besser in Milch umsetzen? Zumindest im Falle der Energie ist dem nicht so, und für die meisten Hauptnährstoffe dürfte die gleiche Aussage zutreffen. Wie aus Tabelle 1 zu entnehmen ist, war die Verdaulichkeit der Futterenergie bei allen drei Rassen gleich, das heisst es ging der gleiche Anteil Energie mit dem Kot verloren. Auch die prozentualen Energieverluste über den Harn und die Gär-gase (Methan) waren für alle Rassen gleich und damit der Anteil an umsetzbarer, im Stoffwechsel nutzbarer Energie (UE). Es lässt sich also folgern, dass die Vorgänge bei der Verdauung, Absorption und der Veränderung (Metabolismus) der Nährstoffe keine rassenspezifischen Unterschiede erkennen lassen. Es bleibt noch die Frage, ob der Wirkungsgrad der Umwandlung von verfügbarer (umsetzbarer) Energie in Produkteenergie für die verschiedenen Rassen der gleiche ist. Um diesen Effizienzfaktor zu schätzen, wurde die Beziehung zwischen der aufgenommenen umsetzbaren Energie und der tatsächlich genutzten Energiemenge für jede Rasse geschätzt. Unter genutzter Energie ist die Ausscheidung in der Milch, aber auch der Ansatz bei Trächtigkeit, Wachstum oder Reservenbildung zu verstehen. Die drei letzteren Komponenten sind im Vergleich zur Milchleistung meist eher unbedeutend. Aus der Schätzung ergaben sich zwei Masse (Tab. 1): Einerseits die mittlere Verwertung der UE über verschiedene Leistungshöhen, andererseits der Erhaltungsbedarf an UE (bei Leistung Null). Die Verwertung zeigte keinen Rasseneinfluss, die drei Rassen bauten also ihre Stoffwechselprodukte mit der gleichen Effizienz auf. Der Erhaltungsbedarf war leicht, aber nicht statistisch signifikant unterschiedlich, für die Fütterungspraxis sind jedoch diese Diffe-



... spielt die Rasse der Kuh keine grosse Rolle.

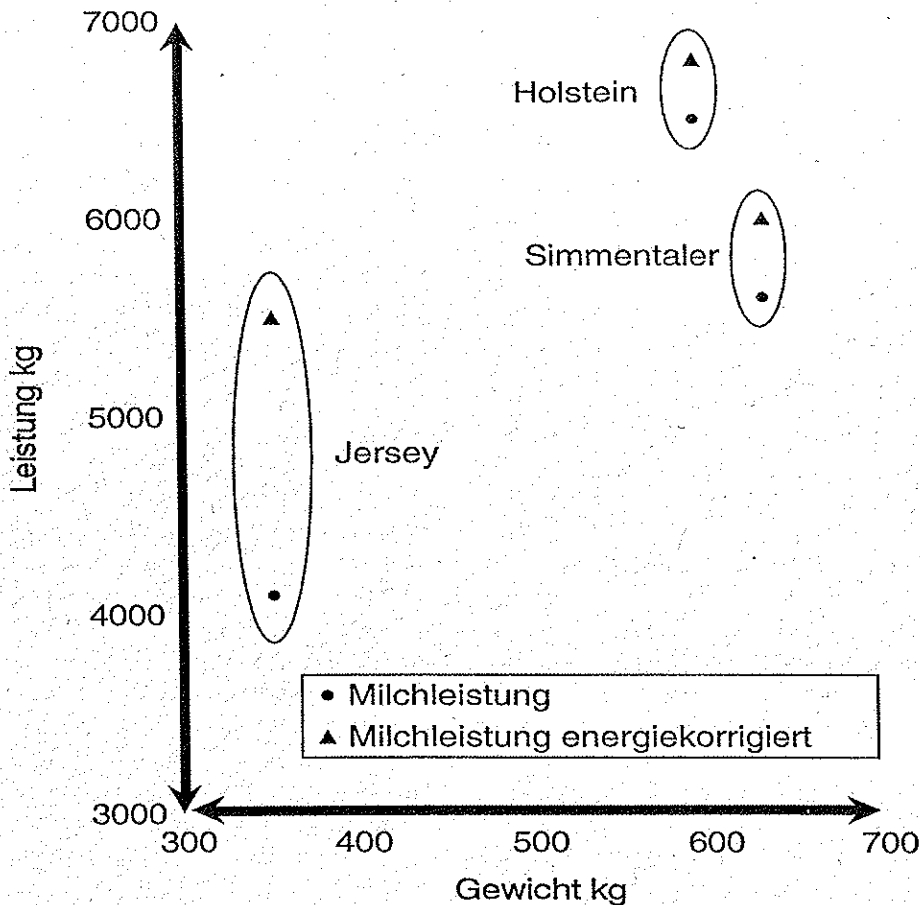


Abb. 2. Gewicht und Laktationsleistung der untersuchten Rassen.

renzen nicht von grosser Bedeutung: Für eine 600 kg schwere Kuh berechnet, würde dies 34,6 MJ NEL bei Holstein, 35,5 MJ NEL bei Jersey und 33,5 MJ NEL bei Simmentälern entsprechen.

Fütterungsnormen für alle Rassen gültig

Die drei untersuchten Rassen vertreten Typen, die im Spektrum der Milchviehrassen einen grossen Bereich abdecken. Unsere Untersuchung zeigte, dass sowohl die Verdaulichkeit beziehungsweise die Umsetzbarkeit der Energie wie auch der Wirkungsgrad ihrer Umwandlung in Milchenergie nicht rassenabhängig war. Daraus lässt sich ableiten, dass die Fütterungsnormen, die aufgrund von Versuchen mit bestimmten Rassen vorgeschlagen werden, grundsätzlich auch für andere Typen gültig sind. Voraussetzungen dafür sind die Berücksichtigung des Gewichtes der Tiere wie auch der Produktionsintensität und der Milchzusammensetzung. Für die Züchtung beim Rindvieh ist die Folgerung zu ziehen, dass Effizienzmasse, die sich auf die Vorgänge der Nahrungsverwertung beziehen, durch die Selektion im wesentlichen nicht beeinflusst

werden. Auch der Erhaltungsbedarf, bezogen auf ein biologisch sinnvolles Mass für die Körpergrösse, scheint sich kaum verändert zu haben. Wirksam ist Zuchtarbeit vor allem beim Leistungs- und Futteraufnahmevermögen und damit bei der Produktionsintensität. Auch die Aufteilung der verfügbaren Nährstoffe in verschiedene Leistungskomponenten wie Milch, die verschiedenen Milchbestandteile, Protein- und Fettansatz, wird verschoben. Daraus ergeben sich sowohl aufgrund der unterschiedlichen Verwertung der Nahrung für Erhaltung und die erwähnten Leistungen Veränderungen in der Gesamt- beziehungsweise, je nach Bewertung, der ökonomischen Effizienz.

RÉSUMÉ

Efficacité chez des vaches de type différent

L'efficacité de la transformation des aliments, en particulier de l'énergie, fut étudiée dans un essai avec trois races de vaches (Holstein, Jersey et Simmental) pendant une lactation, y inclus la période de préparation. 10 animaux de chaque race étaient soumis à 6 essais de bilan. Les races laitières spécialisées (Jersey, Holstein) avaient une capacité relative d'ingestion plus élevée que la

Simmental, race à deux fins. La production de lait corrigée à la même teneur en énergie était comparable entre les Jersey et les Simmental; par rapport au poids métabolique, les Jersey étaient supérieures aux Holstein. L'efficacité totale (rapport production de lait : ingestion) des Holstein et des Jersey était similaire, tandis que celle des Simmental était légèrement inférieure. La transformation de l'énergie (digestibilité, métabolisabilité, taux d'utilisation de l'énergie métabolisable) n'était pas différente entre les races; l'estimation des besoins d'entretien montrait des écarts insignifiants.

SUMMARY

Efficiency of different cow breed types

The efficiency of nutrient utilization, especially of feed energy, was studied with three dairy cow breeds (Holstein, Jersey and Simmental) during one lactation including the 4 weeks prior to calving. 6 balance experiments were made with 10 animals of each breed. Specialized dairy breeds (Jersey, Holstein) had a higher relative food intake capacity than the dual purpose breed (Simmental). Energy corrected milk production was comparable between Jersey and Simmental; relative to metabolic body weight, Jersey were superior to Holstein. Total efficiency (relation of milk production to intake) of Holstein and Jersey was similar; Simmental were slightly lower. Measures of energy utilization (digestibility, metabolizability, utilization of metabolizable energy) were not different between breeds; the estimation of maintenance requirement showed small, but insignificant differences.

KEY WORDS: dairy cow, breeds, efficiency, energy

LITERATUR

- Bauman D.E., McCutcheon S.N., Steinhour W.D., Eppard P.J. and Sechen S.J., 1984. Sources of variation and prospects for improvement of productive efficiency in the dairy cow: a review. *Journal of Animal Science* 60 (2), 583-592.
- Ingvarsen K.L. and Weisbjerg M.R., 1993. Jersey cows have a higher feed intake capacity and higher rate of passage than Friesian cows. *Arch. Tierzucht* 36 (5), 495-498.
- Münger A., 1994. Energie- und Stoffumsatz bei Milchkühen verschiedener Rassen. Diss. ETH Zürich. In Vorbereitung.
- Schneeberger H. und Landis J., 1984. Fütterungsnormen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer. Verlag LMZ, Zollikofen. 148 S.
- Smith N.E. and Baldwin R.L., 1974. Effects of breed, pregnancy and lactation on weight of organs and tissues in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 57 (9), 1055-1060.