

«EffiMi» – Ein Berechnungstool- zum standardisierten Vergleich der Effizienz von Milchproduktionssystemen

S. INEICHEN, B. DÜR UND B. REIDY
BFH-HAFL, Länggasse 85, CH-3052 Zollikofen
beat.reidy@bfh.ch

Einleitung und Problemstellung

Wiederkäuer nehmen in der tierischen Produktion eine spezielle Rolle ein. Durch die Fütterung mit rohfaserreichen Futtermitteln können für den Menschen nicht verwertbare Energie- und Proteinquellen zu Nahrungsmitteln (Milch und Fleisch) transformiert werden (PEYRAUD UND PEETERS, 2016). Insbesondere in Regionen, in welchen aus topografischen oder klimatischen Gründen kein Ackerbau möglich ist, haben Wiederkäuer eine besondere Bedeutung für die Ernährung des Menschen.

Die Nachfrage nach Lebensmitteln nimmt aufgrund der wachsenden Weltbevölkerung stetig zu. Die Zunahme des Mittelstandes führt in einigen Weltregionen zu einer überproportionalen Nachfrage nach tierischen Produkten. Gleichzeitig limitieren endliche natürliche Ressourcen wie Boden und Wasser die Produktion. Eine effiziente Nutzung der Produktionsfaktoren gewinnt nicht nur aus ökonomischen Gründen zunehmend an Relevanz (van Zanten *et al.*, 2016).

In den vergangenen Jahrzehnten wurden Wiederkäuer, insbesondere Kühe, aufgrund der Leistungssteigerungen und der notwendigerweise höheren Nährstoffkonzentration in der Futtermittelherstellung immer mehr zu Konkurrenten der Humanernährung (Erdin und Giuliani, 2011; CAST, 1999; Bradford, 2009). Neben der direkten Lebensmittel-Konkurrenz, wenn Futtermittel, welche ebenfalls menschliche Nahrungsmittel sind (z.B. Weizen) als Kraftfuttermittel den Tieren verfüttert werden, konkurrenziert der Anbau der Futtermittel die Nahrungsmittelproduktion bezüglich Ackerfläche auch indirekt (van Zanten *et al.* 2016). In den letzten Jahren wurden deshalb verschiedene Konzepte entwickelt um die Konkurrenzierung der Humanernährung durch den Wiederkäuer zu quantifizieren (WILKINSON, 2011; Ertl *et al.*, 2015; Steinwider *et al.*, 2016).

Bis anhin beschränkten sich Effizienzbetrachtungen von Milchproduktionssystemen meist auf einzelne Zielvariablen. Es fehlt eine ganzheitliche Betrachtung, bei der Effizienzparameter und Zielkonflikte abgebildet, aber auch das Ausmass der vorhandenen Unsicherheiten erkannt werden können. Es bedarf folglich einer standardisierten Berechnungsmethode, mit welcher die Effizienzunterschiede auf Stufe Produktionssystem abgebildet werden können. Auf Grundlage der Arbeiten von THOMET UND REIDY (2013) entwickelte deshalb KNEUBÜHLER (2017) das Excel-basierte Tool «Effiziente Milchproduktion» (EffiMi), welches eine standardisierte Betrachtung verschiedener Effizienzparameter eines Milchviehbetriebes ermöglicht.

Material und Methoden

In EffiMi werden Angaben zu Flächen und Futtermitteln sowie zu deren Herkunft erhoben. Ausserdem werden tierische Leistungen und weitere betriebliche Kennzahlen erfasst. Bei fehlenden Angaben sind Standardwerte hinterlegt, die zur Berechnung herangezogen werden können. So können zentrale Grössen wie z.B. die Nährstoffgehalte der Futtermittel betriebsindividuell oder basierend auf Standardwerten gemäss schweizerischer Futtermitteldatenbank erfasst werden.

Eine Gegenüberstellung der auf dem Betrieb zur Verfügung stehenden Grundfuttermittel (zugeführte bzw. solche von betriebseigenen Flächen) mit der Verzehrsschätzung (Abbildung 1) gemäss schweizerischem Fütterungsplan (AGRIDEA, 2013) ermöglicht die

Erstellung einer Grundfutterbilanz auf Stufe Milchviehherde. Als Grundfutter werden in EffiMi alle Futtermittel mit einem Rohfaseranteil von mehr als 120 g/kg TS bezeichnet, jene mit einem tieferen Rohfasergehalt als Krafffutter. Die Gegenüberstellung der Jahresration der Herde mit dem Bedarf derselben (Leistung, Erhaltung, Bewegung, Trächtigkeit) erlaubt eine Plausibilisierung der erhobenen Daten über die Energiebilanz.

B	C	D	E	F	G	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
Saisonalität der Fütterung						Plausibilisierung der Fütterung								
Beginn Grünfütterung			31.03.2014			Grund- und Saftfutter verfügbar (dt TS)					2'707			
Beginn Sommerfütterung			25.04.2014			Grund- und Saftfutter zugeteilt (dt TS)					2'324			
Beginn Zufütterung im Herbst			20.10.2014			Lagerungs- und Krippenverluste Grund- und Saftfutter (%)					14.2			
Beginn Winterfütterung			06.11.2014			ø Verzehr (kg TS/Kuh/Tag)					18.7			
Weide														
Weidebeginn			31.03.2014			Gesamtennergiebedarf der Milchkuhe (GJ NEL)					1'545			
Weideende			05.11.2014			Verzehnte Energie aus Krafffutter ohne Saftfutter (GJ NEL)						208		
Tage ohne Weide			2			Verzehnte Energie aus Grund- und Saftfutter (GJ NEL)						1'410		
Weidegänge pro Tag			1			Kontrolle Energieüberschuss					1'545	1'618		
ø Entfernung Weidekoppeln			180	m		ø Gehalt Jahresration (MJ NEL/kg TS)					6.28			
ø Höhenunterschied				m										
Schätzung Grundfutterverzehr (inklusive Saftfutter) Laktierende Milchviehbetrieb (kg TS/Kuh/Tag)														
						Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September
Basisverzehr						14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7
Laktationsphase						-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1
Lebendgewicht						0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Jahresmilchleistung						-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
Körperkondition														
Fütterungszeit						1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Krippenreste														
Fütterungsbeginn														

Abb. 1: Auszug aus dem Blatt «Fütterung» des Tools «EffiMi» (Kneubühler 2017) mit der Plausibilisierung der Futterration.

Betriebsindividuelle Unterschiede der Datenqualität bzw. der Definition der Systemgrenze erschweren in Effizienzberechnungen oft die Vergleichbarkeit. In EffiMi beschränken sich die Betrachtungen deshalb gemäss KNEUBÜHLER (2017) nicht auf den «physischen» Milchviehbetrieb, sondern auf das System Milchproduktion. So werden die Auslagerung von Aufzucht- bzw. Galtkühen, der Zu- und Verkauf von Zuchtkühen, die Alpung sowie Zu- und Verkäufe von Futtermitteln rechnerisch ebenfalls berücksichtigt. Der Aufzuchtbedarf wird anhand der Remontierungsrate und dem Erstkalbealter mittels einer Regressionsgleichung ermittelt. Die Remontierungsrate wird nach Zu- und Verkäufen sowie Anteil Erstlaktierender an der Gesamtherde standardisiert. So kann verhindert werden, dass betriebliche Strategieentscheidungen (wie Auslagerung der Aufzucht) die Remontierungsrate und den Aufzuchtbedarf beeinflussen.

Aus der plausibilisierten Jahresration kann der Input an Trockensubstanz (TS), Energie oder Protein ins Milchproduktionssystem abgeleitet werden. Die Gehalte der Futtermittel können dabei entweder individuell gemäss Herstellerangaben/Futtermittelanaysen oder aber als Standardwerte gemäss schweizerischer Futtermitteldatenbank (AGROSCOPE, 2016) erfasst werden. Den Output des Milchproduktionssystems stellen Milch und Fleisch dar. Der Gesamtgehalt der Milch wurde auf 3.14 MJ und 32 g RP festgelegt (standardisiert für 1 kg ECM bei 4.0 % Fett, 3.2 % Eiweiss und 4.8 % Laktose). Die Schlachtausbeute wurde für Kälber bei 58 % und für Kühe bei 45 % des Lebendgewichtes festgelegt, der Fleischanteil am Schlachtkörper bei 70 % bzw. 67 %. Der RP-Gehalt des Fleisches wurde bei 193.5 g/kg für die Kälber bzw. bei 173.2 g/kg für die Schlachtkühe angenommen.

In EffiMi können diverse Effizienzparameter sowohl auf Basis Energie, Rohprotein als auch TS errechnet werden.

Mittels Division des gesamten Outputs (Milch und Fleisch) durch den gesamten Input in Form von Futterenergie (bzw. -protein) lässt sich die Futterkonvertierungseffizienz (FKE) berechnen. In Anlehnung an die Methoden von WILKINSON (2011) und Ertl *et al.* (2015a) wird zur Berechnung der Lebensmittelkonvertierungseffizienz (LKE) in EffiMi jedem Futtermittel ein Wert für den verwertbaren Anteil in der Humanernährung (vAH) hinterlegt.

Der vAH verkörpert den Anteil der Futtermittel (Energie bzw. Protein), welcher in der menschlichen Ernährung direkt verwertet werden könnte. Diese Werte (Tabelle 1) beruhen auf den Szenarien von Ertl *et al.* für «low» (2015a) bzw. «CURR» (2016). Aktuell wird in EffiMi die unterschiedliche Wertigkeit der tierischen bzw. pflanzlichen Proteine (z.B. essentielle Aminosäuren) nicht berücksichtigt.

Um die Anwendbarkeit und die Plausibilität der Resultate in der Praxis zu testen, wurden 36 Schweizer Milchproduktionsbetriebe mit dem Tool untersucht. Beispielhaft für andere Effizienzparameter wird im Folgenden auf die Futter- bzw. Lebensmittelkonvertierungseffizienz nach Protein für die Milchkuhherde (ohne Aufzucht) eingegangen.

Ergebnisse und Diskussion

Die untersuchten Betriebe wiesen, bezogen auf die Jahresration, Grundfutteranteile von über 70 % auf (Abbildung 2). Der Kraftfuttereinsatz lag zwischen 0 und 249 g TS/kg ECM. Die Futterkonvertierungseffizienz (FKE) nach Rohprotein lag zwischen 0.13 und 0.26 (Abbildung 3). WILKINSON (2011) errechnete FKE-Werte, die in einem ähnlichen Bereich lagen. Laisse *et al.* (2016) errechneten bei graslandbasierter Fütterung FKE von 0.24 - 0.25. Die grosse Spannweite der untersuchten Betriebe verdeutlicht, dass die Betriebe den Rohproteingehalt der Ration sehr unterschiedlich effizient ausnutzen. Insbesondere Betriebe mit einem sehr hohen Wiesenfutteranteil weisen für Protein eine relativ tiefe FKE auf. Eine mögliche Erklärung hierfür bieten die hohen Rohproteingehalte im frischen Wiesenfutters und der Mangel an schnell verfügbarer Energie, der sich auch in erhöhten Milchharnstoffwerten manifestierte.

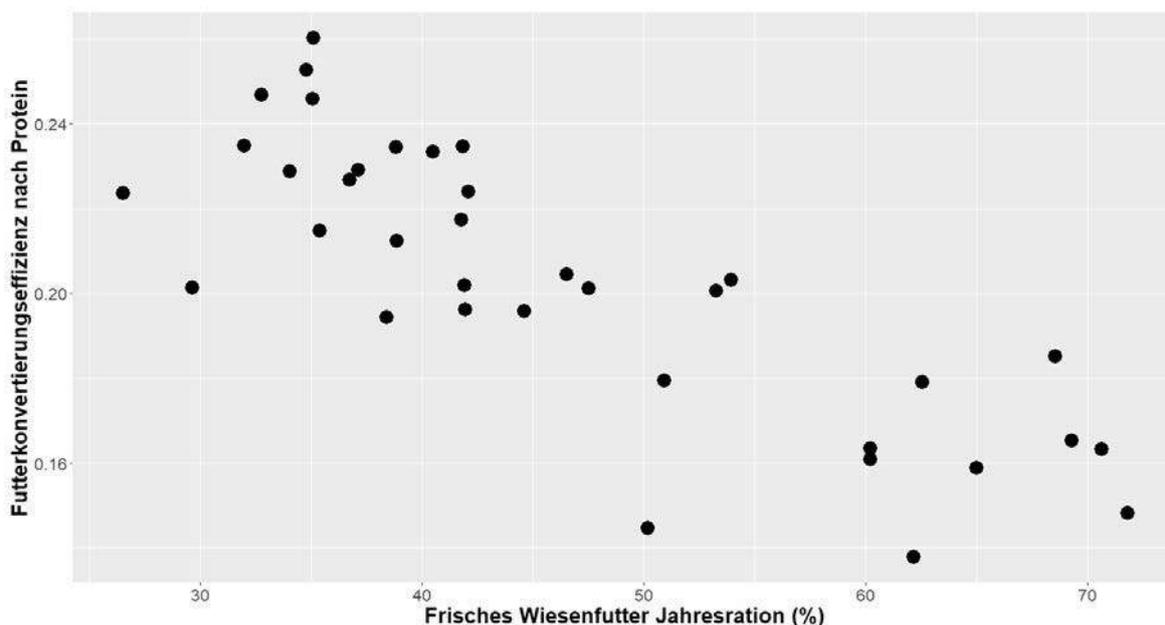


Abb. 2 : Futterkonvertierungseffizienz nach Rohprotein in Abhängigkeit des Wiesenfutteranteils für 36 graslandbasierte Schweizer Milchbetriebe.

Durch die Berücksichtigung des verwertbaren Anteils in der Humanernährung (vAH) wird der Input (Menge Futtermittel x vAH) reduziert. Dies erhöht entsprechend die Lebensmittelgegenüber der Futterkonvertierungseffizienz, insbesondere, wenn viele Futtermittel mit einem tiefem vAH verfüttert werden. Alle untersuchten Betriebe produzierten mehr menschlich direkt verwertbares Protein als sie in der Fütterung einsetzen (Werte >1, Abbildung 3). Grundfuttermittel weisen meist tiefe vAH auf. So überrascht es nicht, dass auch die LKE der untersuchten Betriebe mit zunehmendem Grundfutteranteil in der

Jahresration ansteigt. Krafffutterlose Betriebe erreichen sehr hohe Werte für die LKE, da die verfütterten Futtermittel meist sehr geringe Anteile an menschlich direkt verwertbarem Protein aufweisen.

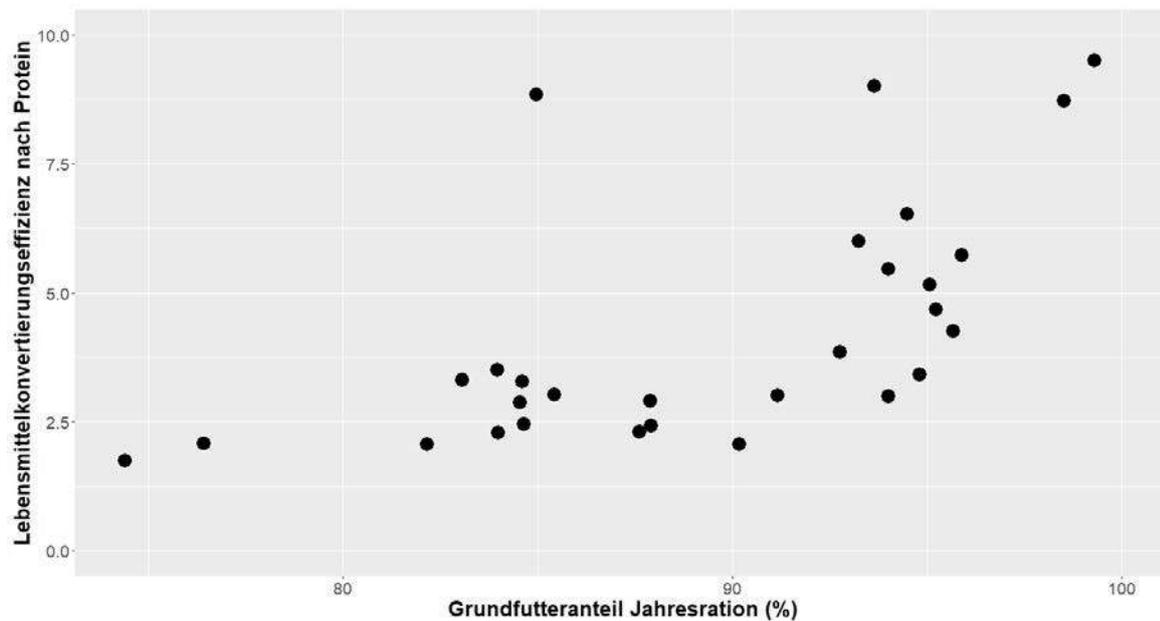


Abb. 3 : Lebensmittelkonvertierungseffizienz nach Protein für 30 graslandbasierte Schweizer Milchproduktionsbetriebe. Sechs untersuchte, krafffutterfreie Betriebe fehlen auf der Abbildung, da diese eine weitaus höhere Lebensmittelkonvertierungseffizienz aufweisen (Maximalwert bei 401).

Auf Praxisbetrieben in Österreich errechneten Ertl *et al.* (2015b) LKE für Protein zwischen 1.11 und 2.51 bei wesentlich höherem Krafffuttereinsatz (durchschnittlich 227 – 338 g TS Krafffutter/kg ECM). Laisse *et al.* (2016) errechneten für wiesenfutterbasierte Systeme LKE von zwischen 0.94 und 2.33 bei einem Krafffuttereinsatz von 41 – 16 % der Jahresration Steinwider *et al.* (2016) fanden in einem Systemvergleich (Hofstetter *et al.* 2011) eine LKE zwischen 1.9 bei einer Stallfütterung mit Totalmischration (115 g TS Krafffutter/kg ECM) und 6.6 bei Vollweidefütterung (48 g FS Krafffutter/kg ECM). Die mit EffiMi ermittelten Werte sind mit Berechnungen anderer Autoren für Systeme mit sehr tiefem Krafffuttereinsatz vergleichbar oder liegen, bei Betrieben ohne Krafffuttereinsatz, wesentlich darüber.

Schlussfolgerungen

- Das Tool EffiMi (KNEUBÜHLER 2017) erlaubt es praxistauglich, diverse Effizienzparameter in einem standardisierten Berechnungsverfahren auf unterschiedlichen Stufen eines Milchproduktionsbetriebes zu quantifizieren.
- Strategieabhängige spezifische Einflussfaktoren (z.B. Grundfutterqualität, Auslagerung der Aufzucht, Alpengang, unterschiedliche Remontierungsanteile, etc.) können berücksichtigt werden und erlauben so einen Vergleich zwischen verschiedenen Produktionssystemen.
- Der (weitgehende) Verzicht auf einen Krafffuttereinsatz in der Milchviehration führt zu einer exponentiellen Zunahme der Lebensmittelkonvertierungseffizienz für Rohprotein.

Literatur

- AGROSCOPE (2016): Schweizerische Futtermitteldatenbank, abgerufen am 11.08.2017, www.feedbase.ch.
- BRADFORD, G.E. (1999): Contributions of animal agriculture to meeting global human food demand. *Livestock Production Science* 59: 95-112.
- CAST (COUNCIL FOR AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY, 1999). *Animal Agriculture and Global Food Supply*. Task Force Report No. 135.
- ERDIN, D. & GIULIANI, S. (2011): Krafffutterverbrauch der gemolkenen Kühe. *LMZ Aktuell* 5: 4-6
- ERTL, P., ZEBELI, Q., ZOLLITSCH, W. & KNAUS, W. (2015A): Feeding of by-products completely replaced cereals and pulses in dairy cows and enhanced edible feed conversion ratio. *Journal of Dairy Science* Vol.98 No. 2: 1225-1233.
- ERTL, P., KLOCKER, H., HÖRTENHUBER, S., KNAUS, W. & ZOLLITSCH, W. (2015B): The net contribution of dairy production to human food supply: The case of Austrian dairy farms. *Agricultural Systems* 137: 119-125.
- ERTL, P., STEINWIDDER, A., SCHÖNAUER, M., KRIMBERGER, K., KNAUS, W. & ZOLLITSCH, W. (2016): Net food production of different livestock: A national analysis for Austria including relative occupation of different land categories. *Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment*, 67 (2), 1–13, abgerufen am 29.11.2016.
- KNEUBÜHLER, L. (2017): Entwicklung einer Berechnungsmethode zur Beurteilung der Effizienz von Milchproduktionssystemen. Masterarbeit. Berner Fachhochschule, Hochschule für Agrar-, Forst und Lebensmittelwissenschaften HAFL.
- HOFSTETTER, P., FREY, H.J., PETERMANN, R., GUT, W., HERZOG, L. & KUNZ, P. (2011): Stallhaltung versus Weidehaltung – Futter, Leistungen und Effizienz. *Agrarforschung Schweiz* 2 (9): 402-4011.
- LAISSE, S., ROUILLE B., BAUMONT, R. & PEYRAUD, J.L. (2016) : Evaluation de la contribution nette des systèmes bovins laitiers français à l’approvisionnement alimentaire protéique pour l’être humain. *Rec. Rech. Ruminants* 23: 263-266.
- PEYRAUD, J.L. & PEETERS, A. (2016): The role of grassland based production system in the protein security. *Grassland Science in Europe* 21: 29-43.
- STEINWIDDER, A., HOFSTETTER, P., FREY, H.-J. & GAZZARIN, C. (2016): Lebensmittel-Konversionseffizienz von stall- und weidebasierten Milchproduktionssystemen. *Agrarforschung Schweiz* 7: 448-455.
- THOMET, P. & REIDY, B. (2013): Entwicklung von neuen Effizienzparametern zur Charakterisierung von Milchproduktionssystemen. In: LfL (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft) (Hrsg.). *Mehr Eiweiß vom Grünland und Feldfutterbau Potenziale, Chancen und Risiken*. 57. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V. in Triesdorf (Franken) vom 29. – 31. August 2013. Tagungsband, 70–76.
- VAN ZANTEN, H.H.E., MOLLENHORST, H., KLOOTWIJK, C.W., VAN MIDDELAAR, C.E. & DE BOER, I.J.M. (2016): Global food supply: land use efficiency of livestock systems. *International Journal of Life Cycle Assessment* 21: 747–758.
- WILKINSON, J.M. (2011): Re-defining efficiency of feed use by livestock. *Animal* 5: 1014-1022.