

Lebensmittel-Konversionseffizienz von stall- und weidebasierten Milchproduktionssystemen

Andreas Steinwider¹, Pius Hofstetter², Hansjörg Frey³ und Christian Gazzarin⁴

¹Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt (HBLFA) Raumberg-Gumpenstein, Bio-Institut, 8951 Stainach-Trautenfels, Österreich

²Berufsbildungszentrum Natur und Ernährung (BBZN), 6170 Schüpfheim, Schweiz

³Berufsbildungszentrum Natur und Ernährung (BBZN), 6276 Hohenrain, Schweiz

⁴Agroscope, Institut für Nachhaltigkeitswissenschaften INH, 8356 Ettenhausen, Schweiz

Auskünfte: Andreas Steinwider, E-Mail: andreas.steinwider@raumberg-gumpenstein.at und Pius Hofstetter, E-Mail: pius.hofstetter@edulu.ch



Die Lebensmittel-Konversionseffizienz (LKE) befasst sich mit der Konkurrenz um die Lebensmittel (Protein und Energie) zwischen Mensch und Nutztieren. Graslandbasierte Milchproduktionssysteme schneiden dabei sehr gut ab. (Foto: Gabriela Brändle, Agroscope)

Einleitung

Im Vergleich zu anderen europäischen Ländern ist in der Schweiz der Anteil Grasland mit 69% der landwirtschaftlichen Nutzfläche überdurchschnittlich hoch (Eurostat 2016). Die Silomaisfläche ist eher gering, auch wegen des hohen Ertragspotenzials der Natur- und Kunstwiesen sowie den begrenzten Ackerbauflächen (Reidy und

Ineichen 2016). Die Frage, welche Milchproduktionssysteme mit welchen Kraftfutteranteilen wirtschaftlich, ökologisch und ernährungsphysiologisch vertretbar sind, wird in zunehmendem Masse konkreter analysiert (Zehetmeier *et al.* 2011; Hofstetter *et al.* 2014b; Leiber *et al.* 2015; Leiber 2016). Auch Futtermittelindustrie und

Grossverteiler sind sich der Problematik der gängigen Eiweissversorgung des Milchviehs mit importiertem Soja bewusst und suchen innerhalb der gesamten Wertschöpfungskette vermehrt Alternativen auf dem europäischen Kontinent (Soja Netzwerk Schweiz 2016; Grüter 2016). Wiederkäuer tragen durch ihre Fähigkeit, für die Menschen nicht verdauliche, struktorkohlenhydratreiche Futtermittel zu nutzen, wesentlich zur Lebensmittelversorgung bei. Steigende Einzeltierleistungen und intensivere Fütterungsstrategien führen allerdings auch in der Schweiz dazu, dass auch in der Wiederkäuerfütterung vermehrt lebensmitteltaugliche Futtermittel eingesetzt werden (Baur 2011; Erdin und Giuliani 2011; Reidy und Ineichen 2015). Damit steigt die Ressourcenkonkurrenz hinsichtlich Ackerflächen und Lebensmittelversorgung (Ertl *et al.* 2015). Demnach ist bei der Milchviehfütterung nicht nur die Frage der Futtermitteleffizienz, sondern im Besonderen die Lebensmittel-Konversionseffizienz (LKE) von grosser Bedeutung (Wilkinson 2011). Dabei wird der humanernährungstaugliche Output von Nutztieren (Fleisch, Milch etc.) dem potenziell humanernährungstauglichen Input über Futtermittel, gesondert für Protein und Energie, gegenüber gestellt. Durch Berücksichtigung der Aminosäurenqualität, sowohl auf der Input- als auch Output-Seite, wird die Aussagekraft der LKE für Protein verbessert, da im Durchschnitt tierische Produkte eine höhere Proteinqualität aufweisen als pflanzliche Rohstoffe (Ertl *et al.* 2016a). Ziel der vorliegenden Arbeit war es, zwei Milchproduktionssysteme, Vollweide vs. Stallhaltung mit Teilmischration, hinsichtlich ihrer Lebensmittel-Konversionseffizienz zu bewerten.

Tiere, Material und Methoden

Im Forschungsprojekt «Systemvergleich Milchproduktion Hohenrain I» wurden über drei Jahre die Milchproduktionssysteme Stall- und Vollweidehaltung auf einem geteilten Versuchsbetrieb hinsichtlich produktionstechnischer, ökonomischer und ökologischer Aspekte verglichen und die Resultate ausführlich publiziert (Hofstetter *et al.* 2011; Gazzarin *et al.* 2011; Wyss *et al.* 2011; Sutter *et al.* 2013; Hofstetter *et al.* 2014a; Wolfthaler *et al.* 2016).

Auf dem Teilbetrieb Stallhaltung (SH) wurden auf 15,8 ha 24 Milchkühe gehalten (53% Braunvieh und 47% Holstein). Der SH-Herde wurde ganzjährig eine Teilmischration bestehend aus Grassilage, Maissilage, Proteinausgleichs- und Mineralfutter gefüttert. Das Proteinkraftfutter für die SH-Herde wurde zugekauft. Diese Milchkühe erhielten zusätzlich noch Milchleistungsfut-

Zusammenfassung ■ In einer dreijährigen Schweizer Systemstudie wurden die Milchproduktionssysteme Stall- (SH) und Vollweidehaltung (VW) auf einem geteilten Versuchsbetrieb hinsichtlich produktionstechnischer, ökonomischer und ökologischer Aspekte verglichen. In der vorliegenden Arbeit wurden darauf aufbauend die Milchproduktionssysteme SH und VW hinsichtlich ihres Beitrags zur Netto-Lebensmittelversorgung untersucht. Je nach Berücksichtigung an für den Menschen verwertbaren Nährstoffen in den Futtermitteln produzierte das System VW über die tierischen Produkte zwischen 6,6 bis 11,2 mal mehr für den Menschen verwertbares Protein und 3,5 bis 6,6 mal mehr verwertbare Energie als die Tiere über das eingesetzte Futter verbrauchten. Für das SH-System waren diese Faktoren deutlich niedriger, aber immer noch in einem positiven Bereich (1,0 bis 2,5 für das Protein und 0,9 bis 1,9 für die Energie). Darüber hinaus war die Proteinqualität in den tierischen Produkten wesentlich höher als die Proteinqualität in den für den Menschen potenziell essbaren Futterkomponenten.

Tab. 1 | Daten des Systemvergleichsversuchs (nach Gazzarin *et al.* 2011; Hofstetter *et al.* 2011 bzw. ergänzende Berechnungen¹)

	Stallhaltung (SH)	Vollweide (VW)
Milchkühe, Stück/Betrieb	24,3	27,9
abgelieferte Milch, t/Jahr	194,11	165,21
Milchfett (bzw. Milcheiweiss), %	4,1 (3,5)	3,8 (3,4)
Kälberverkauf, Stück (kg LG/Betrieb u. Jahr)	22,8 (1733)	27,9 (2065)
Flächenaufteilung und Futterbedarf je Betrieb		
Grünland, ha (t TM/Betrieb u. Jahr ¹)	8,61 (86,61)	14,60 (146,41)
Maissilage, ha (t TM/Betrieb u. Jahr ¹)	2,89 (48,11)	0 (0)
Futterweizen, ha (t TM/Betrieb u. Jahr)	0,76 (4,98)	0,50 (3,09)
Körnermais, ha (t TM/Betrieb u. Jahr)	0,64 (4,98)	0,41 (3,09)
Sojakuchen, ha ² (t TM/Betrieb u. Jahr)	1,712 (5,15)	0,11 ² (0,31)
Maiskleber, ha ² (t TM/Betrieb u. Jahr)	1,202 (7,28)	0,05 ² (0,31)
Weitere Futtermittel – Futterbedarf je Betrieb		
Trockenschnitzel, t TM/Betrieb u. Jahr	0	0,13
Pflanzenöl, t TM/Betrieb u. Jahr	0,26	0
Melasse, t TM/Betrieb u. Jahr	0,18	0

¹ t/TM je Betrieb u. Jahr: Berechnungen aus Energieaufnahme der Rationskomponenten (Basisdaten: Hofstetter *et al.* 2011)

² «Schattenfläche» – Allokation siehe Hofstetter *et al.* 2011. LG = Lebendgewicht, TM = Trockenmasse

ter leistungsgerecht über eine Transponder-Station. Die Stallherde erreichte mit 1094 kg Kraftfutter pro Kuh und Laktation eine Milchleistung von 9607 kg ECM (energiekorrigierte Milch).

Die Herde der Vollweidehaltung (VW) bestand aus 28 Milchkühen (50% Braunvieh und 50% Fleckvieh). Das Abkalben der VW-Herde erfolgte saisonal von Februar bis April. Der Flächenanteil dieses Teilbetriebes betrug 15,7 ha. Die VW-Kühe wurden zu Laktationsbeginn (Januar bis März) *ad libitum* mit qualitativ hochwertigem Belüftungsheu sowie begrenzt mit Kraftfutter gefüttert. Sobald es die Vegetation erlaubte, wurde auf Kurzrasenweide umgestellt. Die Weidekühe erhielten nur 285 kg Kraftfutter und gaben bei saisonaler Vollweidehaltung 5681 kg ECM pro Laktation.

Die Energieaufnahme aus dem Weidefutter lag für das SH-System bei 4,2%, aus der Grassilage bei 40,5% und aus der Maissilage bei 32,2% der gesamten Energieaufnahme. Die VW-Kühe nahmen aus dem Weidegras 62,7% und aus dem belüfteten Dürrfutter 25,4% der Gesamtenergie auf (Hofstetter *et al.* 2011).

Die durchschnittlich verkaufte jährliche Milchmenge lag bei 194 t für die SH-Herde und bei 165 t für die VW-Herde (Tab. 1). Die Kälber, jährlich 23 in der SH-Herde

und 28 in der VW-Herde, wurden mit durchschnittlich 76 beziehungsweise 74 kg Lebendgewicht verkauft. Die Bestandenserneuerung erfolgte über Jungkühe und lag bei 6,2 respektive 5,8 Stück pro Jahr bei SH beziehungsweise VW (Gazzarin *et al.* 2011).

Die Lebensmittel-Konversionseffizienz wurde als Quotient aus dem potenziellen Lebensmittelanteil am Output (Milch, Kalbfleisch) und dem Lebensmittelanteil im Input (Futtermittel) errechnet (Ertl *et al.* 2015; Ertl *et al.* 2016a, b). Die LKE wurde anhand des Rohproteins (XP) und der Bruttoenergie (BE) getrennt für zwei Szenarien berechnet. In Szenario IST wurde die derzeitig technologisch leicht realisierbare Nutzung der jeweiligen Futtermittelkomponente als Lebensmittel berücksichtigt. Szenario MAX bildet jene Situation ab, die nach dem derzeitigen Stand der Technik der maximal möglichen Nutzung des Proteins und der Energie als Lebensmittel auf der In- und Output-Seite entspricht. Der für die menschliche Ernährung verwertbare Anteil an Protein und Energie in den Futtermitteln wurden von Ertl *et al.* (2015 bzw. 2016a, b) übernommen (Tab. 2).

In der vorliegenden Arbeit wurden auf der Inputseite der Futterbedarf in der Aufzucht und auf der Outputseite der Fleischertrag über die Altkühe nicht berück-

sichtigt. Vom Lebendgewicht der jährlich verkauften Kälber wurde der Anteil des verwertbaren Proteins und der Gesamtenergie berechnet, unter der Berücksichtigung der Ausschachtung von 50% und der Verwertung der Schlachtkörper für den Konsum im IST-Szenario von 64,5% und im MAX-Szenario von 82% (Ertl *et al.* 2016b). Der Gehalt an Gesamtenergie und Rohprotein des verwertbaren Schlachtkörpers wurde mit 7,08 kJ/g und 194 g/kg berechnet. Der Anteil an verwertbarem Protein und der Gesamtenergie der Milch wurde aus der Liefermilchmenge, unter Berücksichtigung der Milchinhaltstoffe, berechnet. In der LKE weisen Werte über 1,0 darauf hin, dass im betreffenden Tierhaltungssystem ein positiver Beitrag zur Lebensmittelversorgung gegeben ist. Zusätzlich zur quantitativen Betrachtung anhand LKE wurde auch die Proteinqualität für die Input- und die Output-Seite bewertet und verglichen. Auf Basis der Aminosäuregehalte und Verdaulichkeiten wurde der Protein-Qualitäts-Score (PQS) für den In- und Output bestimmt und daraus das Protein-Qualitäts-Verhältnis ermittelt, indem PQS-Output durch PQS-Input geteilt wurde. Das Produkt aus $LKE_{\text{Protein}} \cdot PQV$ beschreibt die Veränderung im Wert des Proteins für die menschliche Ernährung (Quantität und Qualität; Ertl *et al.* 2016a).

Resultate und Diskussion

In Tabelle 3 sind die Ergebnisse zur LKE für Protein und Energie sowie $LKE_{\text{Protein}} \cdot PQV$ zusammengefasst. Auf der

Input-Seite lag die SH-Herde im potenziellen Lebensmittelanteil sowohl beim Protein als auch bei der Energie deutlich über der Vollweidegruppe (VW). Im Szenario IST lag der potenzielle Lebensmittelinput für Protein und Energie für das SH-System bei 2713 kg XP und 333 GJ BE beziehungsweise für das VW-System bei 513 kg XP und 77 GJ BE. Demnach war der humanernährungstaugliche Protein-Input für die SH-Herde 5,3-mal höher und der Energie-Input 4,3-mal höher als für die VW-Herde. Würde für die Maissilage kein potenzieller Lebensmittelanteil unterstellt werden, dann würden sich für die SH im IST-Szenario auf der Input-Seite die Einsatzmengen auf 1973 kg XP (-27%) und 165 GJ BE (-50%) verringern. Bedingt durch die höhere Milchproduktion ergab sich für die SH-Herde auf der Output-Seite eine höhere Brutto-Lebensmittelbereitstellung als für die VW-Herde. Im IST-Szenario lag der potenzielle Lebensmitteloutput für Protein und Energie für die SH-Herde bei 6902 kg XP und 624 GJ BE beziehungsweise für die VW-Herde bei 5746 kg XP und 509 GJ BE. Somit war sowohl der Protein- als auch Energie-Output im SH-System um 1,2-mal höher als im VW-System.

Über die LKE errechnete sich für Protein beziehungsweise Energie bei der SH-Herde im IST-Szenario mit 2,5 respektive 1,9 eine positive Bilanz. In der Vollweideherde lag die LKE mit 11,2 für Protein und 6,6 für Energie deutlich höher. Diese grossen LKE-Unterschiede zwischen der SH- und VW-Herde sind vorwiegend auf die deutlichen Systemdifferenzen, insbesondere auf der Input-Seite,

Tab. 2 | Potenziell verwertbarer Anteil an Energie und Protein für die Humanernährung für das IST- und MAX-Szenario (in %) sowie der Aminosäuren-Score (DIAAS; Ertl *et al.* 2016a, b)

	Energie (%)		Protein (%)		DIAAS (%) ¹
	IST	MAX	IST	MAX	
Grünlandfutter (Heu, Grassilage, Weide)	0	0	0	0	n. e.
Maissilage	19	45	19	45	42
Körnermais	70	90	70	90	42
Weizen	60	100	60	100	40
Zuckerrübenschnitzel	0	0	0	0	n. e.
Maiskleberfutter	0	40	0	40	42
Sojakuchen	42	65	50	97	97
Pflanzenöl	0	80	0	0	n. e.
Melasse	0	80	0	80	n. e.
Vollmilch	100	100	100	100	116
Kalbfleisch	100	100	100	100	109

¹ DIAAS = *digestible indispensable amino acid score* (verdaulicher unverzichtbarer Aminosäuren-Score; IDF 2014); n. e.: nicht erfasst

Tab. 2 | Potenziell verwertbarer Anteil an Energie und Protein für die Humanernährung für das IST- und MAX-Szenario (in %) sowie der Aminosäuren-Score (DIAAS; Ertl *et al.* 2016a, b)

	Stallhaltung (SH)				Vollweide (VW)			
	Energie (GJ)		Protein (kg)		Energie (GJ)		Protein (kg)	
	IST	MAX	IST	MAX	IST	MAX	IST	MAX
Input – konsumierbare/s Energie/Protein								
Maissilage	169	399	740	1752	0	0	0	0
Mais	65	84	328	422	40	52	204	262
Weizen	54	91	377	628	34	2	234	390
Trockenschnitzel	0	0	0	0	0	0	0	0
Maiskleberfutter	0	67	0	1.956	0	3	0	83
Sojakuchen	45	70	1269	2334	3	0	76	140
Pf.Öl + Melasse + Trockenschnitzel	0	10	0	20	0	87	0	0
Summe Input	333	721	2713	7111	77	144	513	874
Input-Proteinqualität-Score (PQS_i)			0,68	0,60			0,49	0,50
Output: konsumierbare/s Energie / Protein								
Erzeugung Milch je Betrieb	620	620	6794	6794	505	505	5617	5617
Erzeugung Fleisch	4	5	108	138	5	6	129	164
Summe Output	624	625	6902	6932	509	511	5746	5781
Output-Proteinqualität-Score (PQS_o)	–	–	1,16	1,16	–	–	1,16	1,16
Effizienzfaktoren (Output: Input)								
Proteinqualität-Verhältnis (PQV)¹			1,7	1,9			2,3	2,3
LKE für Energie u. Protein¹	1,9	0,9	2,5	1,0	6,6	3,5	11,2	6,6
LKE_{Protein} * PQV¹	–	–	4,4	1,9	–	–	26,2	15,3

¹ Effizienzfaktoren: Werte >1 weisen auf eine positive Netto-Lebensmittelproduktion bzw. auf eine Zunahme im Wert der Proteinversorgung für die menschliche Ernährung hin.

zurückzuführen. Ertl *et al.* (2015) untersuchten Milchviehbetriebe in Österreich und stellten dabei für den gesamten Milchproduktionszweig (inkl. Aufzucht) grosse Betriebsunterschiede in der LKE für Energie (Durchschnittszenario: 0,5–3,0) und Protein (0,5–2,2) fest. Die Autoren stellten eine negativ Korrelation zwischen der LKE und dem Kraftfuttereinsatz beziehungsweise Ackerflächenbedarf pro kg Milch sowie eine positive Korrelation zum Grünlandfutter-Rationsanteil fest. Im Vergleich zu den vorliegenden Ergebnissen wurden in allen Österreichischen Produktionssystemen tiefere LKE-Werte festgestellt. Dies weist auf eine grundsätzlich hohe Effizienz in beiden Schweizer Systemvergleichsgruppen hin, wobei sich vor allem die Vollweidegruppe deutlich abhob. Bei der Interpretation der vorliegenden Ergebnisse ist aber auch zu beachten dass, im Gegensatz zu Ertl *et*

al. (2015), in den Berechnungen die Remontierungstiere (bzw. die Aufzucht) sowie die Abgangskühe nicht berücksichtigt wurden. Mit steigender Fütterungsintensität und damit häufig verbundenem geringerem Grünlandfutteranteil in der Aufzucht, würde sich die LKE verringern. Vor allem bei der Vollweidehaltung müsste berücksichtigt werden, dass ein angestrebtes Erstkalbealter von 24–25 Monaten zu einem höheren Kraftfutter- und Maissilage-Einsatz führen kann.

In Szenario MAX ging die LKE in beiden Herden zurück, weil vor allem eine höhere potenzielle Verwertung der Futtermittel für die menschliche Ernährung unterstellt wurde, während die Verwertung der Milch in beiden Varianten gleich hoch war (100%). Für die SH-Herde ergab sich für MAX eine etwa ausgeglichene LKE (0,9–1,0). Die VW-Herde jedoch trug mit einer LKE von 6,6 für Protein

und 3,5 für Energie auch in der Variante MAX zu einer deutlich positiven Lebensmittelversorgung bei.

Entsprechend Ertl *et al.* (2015) wurde für die Maissilage bei der Bewertung des humanernährungstauglichen Energie- beziehungsweise Proteinanteils eine direkte Verwertbarkeit für die menschliche Ernährung unterstellt. Dieser Anteil bildet die Möglichkeit der Kornnutzung durch Abreifung der Maispflanzen auf Gunststandorten ab. Würde man wie bei Wilkinson (2011) für die Maissilage keine Nutzungsmöglichkeit für die Humanernährung unterstellen, dann ergäbe sich für das SH-System im IST-Szenario eine LKE von 3,5 für Protein und 3,8 für die Energie. Auch unter dieser Bedingung läge die LKE des VW-Systems für Protein und Energie um den Faktor 3,2 beziehungsweise 1,7 deutlich höher als diejenige der SH-Herde.

Werden für Protein Unterschiede in der Quantität und in der Qualität auf der In- und Outputseite berücksichtigt ($LKE_{\text{Protein}} \cdot PQV$), dann verbessert sich die Effizienz in beiden Gruppen. Dieser Effekt ist auf die geringere Proteinqualität in den verfütterten pflanzlichen Produkten im Vergleich zum tierischen Protein zurückzuführen (Ertl *et al.* 2016a, b). Die Wertigkeit des Proteins ($LKE_{\text{Protein}} \cdot PQV$) für die menschliche Ernährung lag im IST-Szenario in den tierischen Produkten um 4,4-mal in SH beziehungsweise 26,2-mal in VW höher als in den Futtermitteln. Würde der Maissilage kein potenzieller Lebensmittelanteil unterstellt, stiege die Wertigkeit des Proteins in SH auf 5,3.

Die Aufzuchttrinder sowie die Abgangskühe wurden in dieser Studie nicht berücksichtigt. Es darf gefolgert werden, dass mit steigender Fütterungsintensität und damit häufig verbunden geringerem Grünlandfutteranteil in der Aufzucht sich die LKE entsprechend verringern wird. Neben der Kraftfuttermenge beeinflusst auch die Kraftfuttermittelzusammensetzung die LKE. Durch den vermehrten Einsatz von (vorwiegend strukturkohlenhydratreichen)

industriellen Nebenprodukten in der Fütterung kann die LKE gesteigert werden.

Auch wenn die Ergebnisse der LKE bezogen auf diese dreijährige Systemstudie in die gleiche Richtung wie die betriebswirtschaftlichen Resultate weisen (Gazzarin *et al.* 2011), dürfen die Ergebnisse noch nicht verallgemeinert werden. Mit zunehmender Weltbevölkerung und der damit einhergehenden Verknappung der Ressourcen kann jedoch erwartet werden, dass sich eine bessere Lebensmittelkonversions-Effizienz zunehmend monetär positiv auswirkt.

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der Lebensmittel-Konversionseffizienz weisen auf den positiven Beitrag der weide- und graslandbasierten Milchviehhaltung zur Lebensmittelversorgung hin. Obwohl in der Stallhaltungsherde bei bedarfsgerechter Kraftfuttermittelzuteilung eine hohe Milchleistung pro Einzeltier und auch eine hohe Grundfutterleistung erreicht wurden, lag die SH-Herde in der LKE auf tieferem Niveau als die Vollweideherde. Die deutliche Systemdifferenz ist vorwiegend auf den geringeren Input des VW-Systems an potenziell in der menschlichen Ernährung einsetzbaren Futtermitteln zurückzuführen.

Das Szenario einer maximal möglichen Nutzung des Proteins und der Energie als Lebensmittel reduziert den LKE-Wert, weil vor allem die Inputseite in Form von zusätzlichen lebensmitteltauglichen Futtermitteln erhöht wird.

Der Output an konsumierbarer Energie beziehungsweise konsumierbarem Protein wird hauptsächlich über die Erzeugung von Milch realisiert. Der Anteil über die Erzeugung von Fleisch über Kälber ist marginal, mit leichtem Vorteil für das VW-System. ■

Literatur

- Baur P., 2011. Sojaimporte Schweiz. Möglichkeiten und Grenzen der Reduktion/Vermeidung von Sojaimporten in die Schweiz. *Schlussbericht, Agrofutura AG*, CH-5070 Frick.
- Erdin D. & Giuliani S., 2011. Kraftfuttermittelverbrauch der gemolkene Kühe. Bundesamt für Statistik (BFS), SBV Statistik. LMZ 5/2011.
- Ertl P., Klocker H., Hörtenhuber S., Knaus W. & Zollitsch W., 2015. The net contribution of dairy production to human food supply: The case of Austrian dairy farms. *Agricultural Systems* **137**, 119–125.
- Ertl P., Knaus W. & W. Zollitsch, 2016a. An approach to including protein quality when assessing the net contribution of livestock to human food supply. *Animal*: doi:10.1017/S1751731116000902.
- Ertl P., Steinwider A., Schönauer M., Krimberger K., Knaus W. & Zollitsch W., 2016b. Net food production of different livestock: A national analysis for Austria including occupation of different land categories. *Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment* **67** (2), 91–103.
- Gazzarin C., Frey H.-J., Petermann R. & Höltschi M., 2011. Weide- oder Stallfütterung – was ist wirtschaftlicher? *Agrarforschung Schweiz* **2** (9), 418–423.
- Grüter L., 2016. Eiweissversorgung aus der Sicht der Futtermittelindustrie. Umdenken in der Eiweissversorgung der Nutztiere. *ETH-Schriftenreihe zur Tierernährung* **39** (Hrsg. Kreuzer M., Lanzini T., Liesegang A., Bruckmaier R. & Ulbrich S.E.), Zürich.
- Hofstetter P., Frey H., Petermann R., Gut W., Herzog L. & Kunz P., 2011. Stallhaltung versus Weidehaltung – Futter, Leistungen und Effizienz. *Agrarforschung Schweiz* **2** (9), 402–411.
- Hofstetter P., Frey H.-J., Gazzarin C., Wyss U. & Kunz P., 2014a. Dairy farming: indoor v. pasture-based feeding. *The Journal of Agricultural Science* **152**, 994–1011.
- Hofstetter P., Akert F., Kneubühler L., Kunz P., Frey H.-J., Estermann, J., Gut, W., Höltschi, M., Menzi, H., Petermann, R., Schmid, H. & Reidy, B., 2014b. Optimierung von Milchproduktionssystemen mit Eingrasen. Systemvergleich Hohenrain II. In: *Grasland- und weidebasierte Milchproduktion* (Hrsg. Reidy B., Gregis B. & Thomet P.), *Mitteilung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau* **16**, 27–31.
- IDF, 2014. Interpretation of Protein Quality Methodology: Change to DIAAS. International Dairy Federation (IDF), Brüssel, IDF Factsheet. Zugang: <http://www.idfdairynutrition.org/Files/media/FactSheetsHP/IDF-Factsheet---Interpretation-of-Protein-Quality.pdf> [24.5.2016].
- Leiber F., 2016. Eiweiss für CH-Biotiere: klare Optionen beim Rind, offene Fragen bei Huhn und Schwein. Umdenken in der Eiweissversorgung der Nutztiere. *ETH-Schriftenreihe zur Tierernährung* **39** (Hrsg. Kreuzer M., Lanzini T., Liesegang A., Bruckmaier R., Ulbrich S.E.), Zürich.
- Leiber F., Dorn K., Probst J.K., Isensee A., Ackermann N., Kuhn A. & Spengler Neff A., 2015. Concentrate reduction and sequential roughage offer to dairy cows: effects on milk protein yield, protein efficiency and milk quality. *J. Dairy Research* **82**, 272–278.
- Reidy B. & Ineichen S., 2016. Wiesenfutter – die wichtigste Eiweissquelle für Wiederkäuer. Umdenken in der Eiweissversorgung der Nutztiere. *ETH-Schriftenreihe zur Tierernährung* **39** (Hrsg. Kreuzer M., Lanzini T., Liesegang A., Bruckmaier R., Ulbrich S.E.), Zürich.
- Reidy B. & Ineichen S., 2015. Rationenzusammensetzung und Futterautonomie von Schweizer Milchproduktionsbetrieben. 59. Jahrestagung der AGGF in Aulendorf, Tagungsband (Hrsg. Messner J. & Elsässer M.), Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW).
- Soja Netzwerk Schweiz, 2016. Zugang: <http://www.sojanetzwerk.ch> [24.5.2016].
- Sutter M., Nemecek T. & Thomet P., 2013. Vergleich der Ökobilanzen von stall- und weidebasierter Milchproduktion. *Agrarforschung Schweiz* **4** (5), 230–237.
- Wilkinson J. M., 2011. Re-defining efficiency of feed use by livestock. *Animal* **5** (7), 1014–1022.
- Wyss U., Mauer J., Frey H. J., Reinhard T., Bernet A. & Hofstetter P., 2011. Aspekte zur Milchqualität und Saisonalität der Milchlieferungen. *Agrarforschung Schweiz* **2** (9), 412–417.
- Wolfthaler J., Frey H., Hofstetter P., Gazzarin C., Kattelhardt J., Kirchwegger S. & Steinwider A., 2015. Ökonomische Bewertung der Milchproduktionssysteme «Vollweide- und Stallhaltung» auf Basis eines Systemvergleich-Versuchs für die kleinstrukturierte Landwirtschaft im Berggebiet des Alpenraums. Abschlussbericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2016, 66 S.
- Zehetmeier, M., Baudracco, J., Hoffmann, H. & Heissenhuber, A., 2011. Dose increasing milk yield per cow reduce greenhouse gas emissions? A system approach. *Animal* **6**, 154–166.

Riassunto**Efficienza di conversione alimentare dei sistemi di produzione lattieri in stalla e a pascolo**

Uno studio sistemico svizzero ha confrontato, nell'arco di tre anni, il sistema di produzione lattiero basato sull'afforaggiamento in stalla con quello a pascolo integrale, paragonandone gli aspetti produttivi, economici ed ecologici in un'azienda sperimentale divisa. Partendo da questo studio, nel presente lavoro si è analizzato il contributo dei due sistemi alla produzione alimentare netta. A seconda di come si considerano le sostanze nutritive degli alimenti per animali assimilabili dall'uomo, i prodotti di origine animale derivanti dal sistema a pascolo integrale contenevano una quantità di proteine assimilabili dall'uomo tra le 6,6 e le 11,2 volte superiore rispetto a quella assunta dal bestiame attraverso il foraggio e un valore di energia tra le 3,5 e le 6,6 volte superiore. Nel sistema basato sulla nutrizione in stalla questi valori erano decisamente inferiori, per quanto pur sempre positivi (tra 1,0 e 2,5 per quanto riguarda le proteine e tra 0,9 e 1,9 per quanto riguarda l'energia). La qualità delle proteine dei prodotti di origine animale era inoltre nettamente superiore rispetto a quella riscontrata nelle componenti del foraggio potenzialmente commestibili per l'uomo.

Summary**Analysis of pasture-based- or indoor-feeding-dairy production on the net contribution to human food supply**

In a whole-system study in lowland of Central Switzerland from 2007 to 2010 compared the performance, efficiency, land productivity and profitability of indoor-feeding (SH) dairy production with that of pasture-based feeding (VW) dairy production. In the present study the net contribution of these systems to human food protein and energy supply was analysed. Depending on the presumed human-edible fraction, the system VW produced between 6.6 until 11.2 times more human-edible protein and 3.5 to 6.6 times more human-edible energy via animal products than the animals consumed via feeds. For the group SH, these factors were clearly lower but still in a positive range (1.0 until 2.5 and 0.9 until 1.9 for protein and for energy respectively). In addition, protein quality in the animal products was considerable higher than protein quality in the potentially human-edible feed components.

Key words: dairy farming, food conversion efficiency, indoor feeding, pasture-based feeding, energy and protein, protein quality.