

## Analysen zur Netto-Lebensmittelproduktion und zum Ackerflächenbedarf von Rindermastsystemen

A. STEINWIDDER<sup>1</sup>, P. ERTL<sup>2</sup>, T. GUGGENBERGER<sup>3</sup>, J. HÄUSLER<sup>4</sup> und W. STARZ<sup>1</sup>

### Zusammenfassung

Die zukünftigen Rahmenbedingungen lassen eine steigende Ressourcenkonkurrenz zwischen Nahrungs- und Futtermittelproduktion erwarten. Gerade die Rindermast wird in diesem Zusammenhang sehr oft kritisch betrachtet. Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es daher, unterschiedlich intensive Rindermastsysteme hinsichtlich ihres Ackerflächenbedarfs und ihres Beitrags zur Netto-Lebensmittelproduktion zu untersuchen. Die Analysen beruhen auf Daten eines Mastversuchs mit Kalbinnen, Ochsen und Stiere der Rasse Fleckvieh auf Grassilage- bzw. Maissilagebasis. Die Tiere der Grassilagegruppen wurden auf drei unterschiedlichen Kraftfutterniveaus (extensiv, niedrig, hoch) und die Maissilagegruppen auf hohem Kraftfutterniveau gemästet.

Die Lebensmittelkonversionseffizienz (LKE, humanernährungstauglicher Output/humanernährungstauglicher Input) verringerte sich bei den Grassilage-Fütterungsgruppen mit steigender Kraftfuttermenge und war für die Maissilage-Fütterungsgruppen sowohl auf Basis Bruttoenergie als auch Rohprotein am niedrigsten. Im Mittel über alle Versuchsgruppen lag die  $LKE_{\text{Energie}}$  mit 0,29 (0,16–0,56) und  $LKE_{\text{Protein}}$  mit 0,44 (0,21–0,87) unter den derzeitigen Bedingungen deutlich unter 1, was einer negativen Netto-Lebensmittelproduktion entspricht. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass die Proteinqualität auf der Output-Seite um den Faktor 1,5 bis 1,9 höher war als auf der Input-Seite. Kombiniert man diese qualitativen Unterschiede mit den quantitativen Änderungen im humanernährungstauglichen Protein, so steigern extensiv gefütterte Kalbinnen und Ochsen die Wertigkeit des Proteins für die menschliche Ernährung. Mit steigender Fütterungsintensität stieg die Nährstoffversorgung über Futtermittel von Ackerflächen in den Grassilagegruppen deutlich an und der höchste Ackerflächenbedarf ergab sich in den Maissilagegruppen.

**Schlüsselwörter:** Rindermast, Wiederkäuer, Ernährungssicherung, Lebensmitteleffizienz, Ackerflächen

<sup>1</sup> HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Biologische Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere, Trautenfels 15, A-8950 Stainach-Pürgg, E-Mail: andreas.steinwiddler@raumberg-gumpenstein.at

<sup>2</sup> Universität für Bodenkultur, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Nutztierwissenschaften, Gregor Mendel-Str.33, 1180 Wien

<sup>3</sup> HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Tier, Technik und Umwelt, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

<sup>4</sup> HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

## Summary

### Analyses of different beef production systems regarding their net contribution to human food supply and arable land occupation

A further increasing competition between animal feed and human food supply is expected in the future. In this regard, especially beef production is discussed critically. In the present study, the net food production and the arable land occupation of different beef cattle systems were studied. The data were taken from results of a published beef cattle fattening research project where the performance of Simmental heifers, steers and bulls were compared at different concentrate feeding intensities (high, low, extensive) using grass silage, or corn silage at high concentrate supplementation.

In grass silage groups the net contribution to human food supply (LKE, human-edible inputs/human-edible outputs) for gross energy and crude protein decreased with increasing concentrate input. The lowest LKE were found in the corn silage groups. Under current conditions the average LKE of the experimental groups was 0.29 (0.16–0.56) for energy and 0.44 (0.21–0.87) for protein. As the values were significantly below 1, the results indicate a negative net food production. However, it has to be considered that the protein quality of the output was 1.5 to 1.9 times higher than that of the input. As a result of combining protein quality with LKE, extensively fattened heifers and steers increased the value of protein available for human consumption. With increasing feeding intensity the nutrient supply from arable land increased in the grass silage groups. The highest arable land requirements were found in the corn silage beef cattle systems.

**Keywords:** cattle, fattening, ruminants, feed versus food competition, human-edible feed conversion efficiency, arable land, food security

## 1 Einleitung

Wiederkäuer tragen durch ihre Fähigkeit für die Menschen nicht verdauliche, strukturkohlenhydratreiche Futtermittel zu nutzen wesentlich zur Lebensmittelversorgung bei (HULETT et al., 2015). Steigende Einzeltierleistungen bzw. intensivere Fütterungsstrategien führten und führen allerdings dazu, dass auch in der Wiederkäuerfütterung vermehrt humanernährungstaugliche Futtermittel eingesetzt werden und damit die Ressourcenkonkurrenz hinsichtlich Ackerflächen zwischen Nahrungs- und Futtermittelproduktion steigt (ERTL et al., 2015). Die oftmals verwendeten klassischen Angaben zum Futteraufwand pro kg Produkt können diese Konkurrenzsituation nicht bzw. nur bedingt beschreiben. Werden beispielsweise Grünlandfuttermittel bzw. Futtermittel mit höherem Gehalt an Strukturkohlenhydraten (z.B. industrielle Nebenprodukte) in der Wiederkäuerfütterung an Stelle von Futtermitteln mit hoher Nährstoffdichte (z.B. Getreide) eingesetzt, dann steigt zumeist der Futteraufwand pro kg Produkt, aber es verringert sich die Ressourcenkonkurrenz zwischen Nutztier und Mensch. Zur Beurteilung dieser Konkurrenzsituation wurden in den letzten Jahren oftmals die Lebensmittelkonversionseffizienz (LKE) bzw. der Ackerflächenbedarf in der Wiederkäuerfütterung als Maßzahlen herangezogen (FAO, 2011; WILKINSON, 2011; ERTL et al., 2015; ERTL et al., 2016b; STEINWIDDER et al., 2016). Bei der Berechnung der LKE wird der humanernährungstaugliche Output von Nutztieren (Fleisch, Milch etc.) dem potenziell humanernährungstauglichen Input über Futtermittel gegenübergestellt. Üblicherweise erfolgt eine getrennte Beurteilung der LKE für Energie ( $LKE_{\text{Energie}}$ ) und Protein ( $LKE_{\text{Protein}}$ ). Neben diesen quantitativen Veränderungen sind aber auch qualitative Unterschiede von Interesse, weil tierische Produkte im Durchschnitt eine höhere Proteinqualität als pflanzliche Rohstoffe aufwei-

sen (FAO, 2013; ERTL et al., 2016a). Da global betrachtet die Versorgung der Menschen mit hochwertigem Protein zu den erstlimitierenden Faktoren zählt, verbessert die Berücksichtigung der Proteinqualität hinsichtlich Verdaulichkeit und Aminosäuren-Zusammensetzung die Aussagekraft der LKE. Trotz Berücksichtigung von quantitativen und qualitativen Veränderungen, bewertet dieses Konzept jedoch nicht, dass Futtermittel welche nicht für die menschliche Ernährung verwendet werden, auch auf wertvollen Ackerflächen kultiviert werden können und damit in Konkurrenz zur Versorgung der Menschen stehen (VAN ZANTEN et al., 2016; ERTL et al., 2016b). Die Berücksichtigung des Ackerflächenbedarfs für die Bereitstellung des Futterproteins und der Futterenergie und/oder des Ackerflächenbedarfs pro Tier bzw. Produkteinheit trägt diesem Umstand Rechnung.

ERTL et al. (2015) untersuchten 30 Milchviehbetriebe in Österreich und stellten dabei große Betriebsunterschiede in der LKE für Energie (Durchschnittszenario: 0,5–3,0) und Protein (0,5–2,2) fest. Etwa 50% der Betriebe lagen in der LKE für Energie und Protein unter 1, was auf eine negative Netto-Lebensmittelproduktion hinweist. Die Autoren stellten eine negative Korrelation zwischen der LKE und dem Kraftfuttereinsatz bzw. Ackerflächenbedarf pro kg Milch, sowie eine positive Korrelation zwischen der LKE und dem Rationsanteil an Grünlandfutter fest. HULETT et al. (2015) zeigten, dass durch den vermehrten Einsatz von vorwiegend strukturreicheren Nebenprodukten in der Milchviehfütterung die LKE für Protein im Vergleich zu üblichen US-Rationen von 0,8 auf 1,3 gesteigert werden kann. ERTL et al. (2016b) untersuchten auf nationaler Ebene die LKE der Nutztiere in Österreich. Für österreichische Milchkühe wurde im Durchschnitt sowohl für Protein (IST-Szenario: 1,5) als auch Energie (1,1) eine positive LKE ermittelt. Die Masttiere lagen demgegenüber sowohl in der LKE für Protein als auch Energie mit 0,5 bzw. 0,3 unter 1,0. Bei Berücksichtigung der Unterschiede in der Proteinqualität zwischen humanernährungstauglichen Output und Input stieg die Effizienz für das Protein bei den Masttieren auf 0,7 an. Im Landesschnitt kamen in der Maststierfütterung nur 9,5 bzw. 10,7% der gesamten Futterenergie bzw. des Futterproteins von Grünlandflächen. WILKINSON (2011) analysierte verschiedene Nutztiersysteme in Großbritannien und stellte für die getreidebetonte Rindermast eine noch tiefere LKE von 0,3 (Protein) bzw. 0,2 (Energie) fest.

Da für die üblichen Rindermastsysteme in Mitteleuropa keine Ergebnisse zur LKE bzw. zum Ackerflächenbedarf vorliegen, sollten in dieser Arbeit die Auswirkungen unterschiedlicher Rindermastverfahren bzw. Fütterungsstrategien auf die LKE und den Futterflächenbedarf von Ochsen und Kalbinnen im Vergleich zu Maststieren untersucht werden.

## 2 Material und Methoden

### *Datenbasis*

Die vorliegende Arbeit wurde auf Basis von Daten eines Mastversuchs mit Tieren der Rasse Fleckvieh erstellt (STEINWIDDER et al., 2002; FRICKH et al., 2002; FRICKH et al., 2003). Im Versuch wurde der Einfluss von unterschiedlichen Fütterungsniveaus auf die Mast- und Schlachtleistung sowie Fleischqualität geprüft. Es wurden dazu Kalbinnen, Ochsen und Stiere bei unterschiedlichen Fütterungsintensitäten (extensiv, niedrig, hoch) mit Grassilage (Dauergrünland) bzw. Maissilage als Raufutter gemästet. Kalbinnen (K) und Ochsen (O) erhielten Grassilage ad libitum und zusätzlich 3 unterschiedliche Kraftfutterniveaus (extensiv: K und O erhielten bis 400 bzw. 450 kg Lebendgewicht (LG) kein Kraftfutter (nur Grassilage) und in der Endmast zusätzlich 3,0 kg T Kraftfutter; niedrig: 1,5 kg T Kraftfutter über die gesamte Mast; hoch: Kraftfuttergaben wurden im Verlauf

der Mast von 1,5 auf 3,5 kg T gesteigert). Das gefütterte Kraftfutter setzte sich zusammen aus: 40% Triticale, 40% Körnermais und 20% Erbsen. Diese grünlandbetonten Rationen wurden mit einem praxisüblichen intensiven Mastverfahren auf Maissilage-Basis und hohem Kraftfutterniveau (Steigerung von 1,5 auf 3,5 kg T, inkl. 0,9 kg Sojaextraktionsschrot) verglichen. Dazu wurden neben Kalbinnen und Ochsen auch Stiere gemästet. Das LG zu Versuchsbeginn betrug 185 kg, das mittlere LG zu Mastende war für Kalbinnen, Ochsen und Stiere 530, 570 bzw. 640 kg (Tab. 1).

Tab. 1. Basisdaten des Rindermastversuchs mit Fleckviehtieren (STEINWIDDER et al., 2002; FRICKH et al., 2002; FRICKH et al., 2003)  
Data of the fattening experiment with Simmental cattle

		K	O	K	O	K	O	K	O	S
		extensiv	extensiv	niedrig	niedrig	hoch	hoch	Maissil	Maissil	Maissil
<b>Mastleistung</b>										
Lebendmasse	kg	184	187	180	200	171	195	177	180	194
– Beginn										
Lebendmasse	kg	538	566	522	586	533	563	532	575	637
– Ende										
Mastdauer	Tage	401	438	373	385	346	316	315	323	292
Tages-	g	883	866	918	1.003	1.047	1.166	1.128	1.224	1.519
zunahmen										
<b>Futterbedarf je Tier</b>										
Grassilage	kg T	2.806	3.269	2.340	2.705	1.705	1.777	0	0	0
Maissilage	kg T	0	0	0	0	0	0	1.284	1.465	1.406
Triticale	kg T	154	124	231	239	386	371	254	271	251
Körnermais	kg T	154	124	231	239	386	371	254	271	251
Erbse	kg T	77	62	115	119	193	186	127	136	125
Sojaextrak-	kg T	0	0	0	0	0	0	283	290	262
tionsschrot										
Futteraufwand	kg T/kg	9,19	9,65	8,77	8,74	7,58	7,57	6,39	6,32	5,32
	LG-Zuwachs									
Energie-	MJ ME/kg	87,1	90,0	85,8	84,9	79,2	78,6	71,1	70,1	58,9
aufwand	LG-Zuwachs									
<b>Schlachtleistung</b>										
Schlacht-	kg	269	300	266	302	270	298	284	319	351
körper (kalt)										
Muskel-	kg	161,1	196,9	159,4	197,6	162,3	192,9	170,9	208,0	239,9
gewebe										
Fettgewebe	kg	40,6	31,2	38,0	35,8	39,5	37,7	40,0	39,1	15,8
Blut	kg	16,7	17,5	16,2	18,2	16,5	17,5	16,5	17,8	19,7

### Lebensmittelkonversionseffizienz

Die Lebensmittelkonversionseffizienz (LKE) wurde als Quotient aus dem potenziell humanernährungstauglichen Output (Schlachtleistung) und dem potenziell essbaren Input (humanernährungstaugliche Futtermittel und Fleisch der Kälber, die ins Mastsystem kommen) errechnet (WILKINSON, 2011; ERTL et al., 2015). Die LKE wurde auf Basis Rohprotein ( $LKE_{\text{Protein}}$ ) und Bruttoenergie ( $LKE_{\text{Energie}}$ ) jeweils getrennt für zwei Szenarien berechnet. In Szenario „IST“ wurde die derzeitige technologisch leicht realisierbare Nutzung („Verwertbarkeit“) des Proteins bzw. der Energie in der jeweiligen Komponente (Futter, tierisches Produkt) als Lebensmittel berücksichtigt. Szenario „MAX“ bildet jene Situation ab, welche 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 wurde von ERTL et al. (2016b) übernommen (Tab. 2). Zur vollständigen Bewertung der LKE in der Rindermast wurde der humanernährungstaugliche Input über das Fleisch der Kälber sowie der potenzielle humanernährungstaugliche Input über die Fütterung in der Fresseraufzucht (80 kg bis Versuchsbeginn) eingerechnet. Unter Berücksichtigung der Ausschachtung (50%), der Verwertung der Schlachtkörper für den Konsum (IST-Szenario: 64,5%; MAX-Szenario: 82%) sowie dem Gesamt-

Tab. 2. Potenziell verwertbarer Anteil an Energie und Protein für die Humanernährung für das IST- und MAX-Szenario (in %) sowie berechneter Proteinqualitäts-Score (DIAAS) für den In- und Output (nach ERTL et al., 2016a, b)  
*Presumed human-edible fractions (% of protein and energy) of feedstuffs for a current (IST) and maximum (MAX) scenario and calculated digestible indispensable amino acid score (DIAAS) of the main human-edible in- and output sources (ERTL et al., 2016a, b)*

	Energie, %		Protein, %		DIAAS, % <sup>1)</sup>
	IST	MAX	IST	MAX	
Grassilage und Heu	0	0	0	0	n.e.
Maissilage	19	45	19	45	42
Körnermais	70	90	70	90	42
Futterweizen	60	100	60	100	40
Triticale	60	100	60	100	50
Gerste	40	80	40	80	47
Zuckerrübenschnitzel	0	0	0	0	n.e.
Sojaextraktionsschrot	42	65	50	92	97
Futtererbsen	37	90	70	90	65
Pflanzenöl	0	80	0	0	n.e.
Vollmilch bzw. Milchaustauscher	100	100	100	100	116
Muskelgewebe	100	100	100	100	109
Fettgewebe	0	100	0	0	n.e.

<sup>1)</sup> DIAAS = digestible indispensable amino acid score (Verdaulicher unverzichtbarer Aminosäuren-Score); n.e. nicht erfasst.

tenergie- und Proteingehalt von 7,08 MJ/kg und 194 g/kg verwerteter Schlachtkörper wurde der Anteil an verwertbarem Protein und der Gesamtenergie der 80 kg schweren Kälber berechnet (vergl. ERTL et al., 2016b). Der durchschnittliche Futterbedarf in der Fleckvieh-Fresseraufzucht (80 kg LG bis Versuchsbeginn) wurde dazu aus Untersuchungen von PREISINGER et al. (2008) übernommen. Es wurde ein Futterbedarf von 73 kg T Heu, 80 kg T Maissilage, 29 kg T Milchaustauscher, 39 kg T Rapsextraktionsschrot, jeweils 37 kg T Weizen und Gerste, 17 kg T Trockenschnitzel und 1 kg Rapsöl angesetzt. Zur Berechnung des humanernährungstauglichen Outputs wurden die im Versuch erho-benen Gewichte an Muskel- und Fettgewebe herangezogen (vergl. FRICKH et al., 2002). Der Muskelgewebeanteil wurde sowohl im IST- als auch MAX-Szenario mit einer Verwertbarkeit von 100% und der Fettgewebeanteil mit 0% im IST- und 100% im MAX-Sze-nario angesetzt. Die Energie- und Proteingehalte wurden mit 13,34 MJ und 173 g im Muskelgewebe, 4,13 MJ und 178 g im Blut, 6,23 MJ und 184 g in den wertvollen Inne-reien bzw. 6,8 MJ und 202 g je kg Frischmasse in den nutzbaren Schlachtabfällen bewert-et. Für das Fettgewebe wurde ein Bruttoenergiegehalt von 32,09 MJ unterstellt (ERTL et al., 2016b). Das bei der Schlachtung anfallende Blutgewicht wurde für jede Versuchs-gruppe entsprechend den Ergebnissen von VELIK et al. (2015), mit 3,1% vom Lebend-gewicht bei der Schlachtung, errechnet. Wie in ERTL et al. (2016b) beschrieben, wurde im IST-Szenario eine Verwertung des Blutes für die Humanernährung im Ausmaß von 25% und im MAX-Szenario von 100% angesetzt. Weiter wurde im IST-Szenario eine Nut-zung der wertvollen Innereien im Ausmaß von 3,68% vom Lebendgewicht sowie im MAX-Szenario eine Nutzung aller Schlachtnebenprodukte von 12% vom Lebendgewicht (inkl. Blut) berücksichtigt (ERTL et al., 2016b). Zusätzlich zur quantitativen Betrachtung via LKE wurde auch die Proteinqualität für die Input- und Output-Seite auf Basis der Aminosäuregehalte bzw. -zusammensetzung und Verdaulichkeit bewertet und ver-glichen. Die Proteinqualität wurde anhand des Digestible Indispensable Amino Acid Scores (DIAAS) bestimmt. Die Methode wurde erst kürzlich von der FAO als bevorzugte Methode zur Beurteilung der Proteinqualität vorgeschlagen (FAO, 2013). Das Protein-Qualitäts-Verhältnis (PQV) beschreibt die durchschnittliche Proteinqualität des Outputs durch die durchschnittliche Proteinqualität des Inputs (ERTL et al., 2016a). Das Produkt aus  $LKE_{\text{Protein}} \cdot PQV$  beschreibt dabei die Veränderung im Wert des Proteins für die menschliche Ernährung (unter Berücksichtigung von Quantität und Qualität) im jewei-ligen Nutzungssystem (ERTL et al., 2016a).

### Flächenbedarf

Für die Berechnung des Flächenbedarfs ( $m^2$  je Tier, je kg Schlachtkörpergewicht kalt bzw. je kg Muskelgewebe) wurden der Futterbedarf (Aufzucht ab 80 kg + Mastperiode) für jede Gruppe und die Durchschnittserträge in Österreich (BMLFUW, 2015) des Jahres 2014 herangezogen. Bei den Nebenprodukten (Extraktionsschrote, Trockenschnitzel, Futteröl) wurden dabei die jeweiligen Ausbeuten berücksichtigt. Der Milch- und Ergä-nzungsfutterbedarf in der Kälberaufzucht bis 80 kg Lebendgewicht ging nicht in die Be-rechnungen des Flächenbedarfs ein. Mit folgenden Trockenmasseerträgen wurde ge-rechnet: Maissilagen 15.050 kg; Grassilage-Dauergrünland (mehrmähdig) 8.500 kg, Heu-Dauergrünland (mehrmähdig) 8.000 kg, Triticale 5.190 kg, Körnermais 9.495 kg, Weizen 5.350 kg, Gerste 5.870 kg, Futtererbsen 2.235 kg, Sojaextraktionsschrot 1.925 kg, Rapsextraktionsschrot 1.920 kg, Trockenschnitzel 3.505 kg TM. Im Ergebni-steil wird der Gesamtflächenbedarf und der Ackerflächenbedarf (Ackerflächen + Ackerflächen für Co-Produkte) angegeben. Ebenso wurden die eingesetzten Futtermittel in die Gruppen „Grünland“, „Acker“ klassifiziert und jeweils deren relativer Beitrag zur Energie- und Proteinversorgung berechnet.

## Ergebnisdarstellung

Im Ergebnisteil werden die Berechnungsergebnisse jeweils für die im Versuch festgestellten Gruppenmittelwerte angegeben. Zusätzlich wird auch ein Mittelwert über alle Versuchsgruppen gebildet, um den relativen Unterschied der jeweiligen Gruppe zum gemeinsamen Mittel darstellen zu können. Gruppendifferenzen über 30% werden als deutliche Gruppenunterschiede und Gruppendifferenzen zwischen 15 und 30% als geringfügige Gruppenunterschiede angesprochen.

## 3 Ergebnisse

In Tabelle 3 sind die Ergebnisse zur LKE für Protein und Energie für das IST-Szenario zusammengefasst. Der potenziell humanernährungstaugliche Input an Energie bzw. Protein variierte deutlich und zwar zwischen 5,0 und 16,7 GJ bzw. 44 und 171 kg Protein je gemästetem Rind. Mit steigendem Kraftfuttereinsatz stieg dieser Input bei Grassilagefütterung an. In den Maissilagegruppen lag der humanernährungstaugliche Input sowohl bei Energie als auch Protein etwa dreimal so hoch wie in den extensiv gefütterten Grassilagegruppen.

Im humanernährungstauglichen Output wurden demgegenüber nur geringfügigere Gruppenunterschiede festgestellt. Dieser variierte im IST-Szenario für Energie zwischen 2,3 und 3,4 GJ bzw. für Protein zwischen 32 und 47 kg Protein je gemästetem Rind. Mit steigendem Mastendgewicht stieg dieser von den Mastkalbinnen über die Ochsen bis zu den Maststieren leicht an.

Im Durchschnitt über alle Versuchsgruppen wurde für das Protein mit 0,44 eine höhere LKE als für die Energie (0,29) festgestellt. Vergleicht man die Grassilage-Gruppen „extensiv“ und „hoch“, dann zeigt sich eine etwa um 50% verringerte LKE bei intensiverer Kraftfütterung. In den Maissilagegruppen wurde sowohl für Energie (0,16–0,22) als auch Protein (0,21–0,29) die geringste LKE festgestellt. Die extensiv gemästeten Ochsen und Kalbinnen lagen in der LKE etwa dreimal höher als die entsprechenden Maissilage-Gruppen. Vergleicht man die Kategorien Ochsen und Kalbinnen, dann zeigt sich für die Ochsen im Durchschnitt eine um 19% (11–29%) bzw. 18% (13–26%) höhere LKE für Energie bzw. Protein als für die Kalbinnen. Mit steigender Fütterungsintensität nahmen diese Kategorie-Unterschiede ab. Innerhalb der Maissilage-Gruppen nahm die LKE für Energie bzw. Protein von den Kalbinnen mit 0,16 bzw. 0,21 über die Ochsen mit 0,18 bzw. 0,24 (+11 bzw. 13%) bis zu den Stieren mit 0,22 bzw. 0,29 (+27 bzw. 28%) zu. Würde man für die Maissilage keine Nutzungsmöglichkeit für die Humanernährung unterstellen, dann würde sich die LKE für Energie und Protein für die Kalbinnen, Ochsen und Stiere in der Maissilagegruppe um 0,07–0,11 für Energie und 0,03 bis 0,06 für Protein erhöhen. In diesem Fall lägen die Maissilage-Gruppen in der LKE günstiger als die Versuchsgruppen „hoch“ bei Grünlandfütterung, jedoch immer noch tiefer als die Gruppen „extensiv“ und „niedrig“.

Der Score für die Proteinqualität unterschied sich deutlich zwischen dem Input (0,6–0,7) und dem Output (1,1). Daraus resultierte ein PQV zwischen 1,5 und 1,9. Bei Berücksichtigung der Quantität und Qualität in der Bewertung der Protein-Effizienz ( $LKE_{\text{Protein}} \cdot PQV$ ) lag die Wertigkeit des Proteins für die menschliche Ernährung in den Schlachtprodukten (Output) der Gruppen  $K_{\text{extensiv}}$  und  $O_{\text{extensiv}}$  beim IST-Szenario um den Faktor 1,1 bzw. 1,5 höher als im Input (Futter + Kälber). Die Futtergruppen  $K_{\text{niedrig}}$  und  $O_{\text{niedrig}}$  lagen mit 0,9 bzw. 1,0 im Bereich von 1. Die intensiv gefütterten Gruppen lagen auch in diesem Fall mit dem Faktor 0,3–0,7 in der Wertigkeit deutlich unter 1.

Tab. 3. Humanernährungstauglicher In- und Output an Energie bzw. Protein, Proteinqualitätsverhältnis (PQV), Lebensmittel-Konversionseffizienzen (LKE) pro Tier für das IST-Szenario *Input and output of human-edible energy and protein, protein quality-ratio (PQV), human-edible feed conversion efficiencies (LKE = human-edible output/human-edible input) per animal for the current scenario (IST)*

	Mittelwert	K extensiv	O extensiv	K niedrig	O niedrig	K hoch	O hoch	K Maissil	O Maissil	S Maissil	
<b>Energie</b>											
konsumierbarer Input <sup>1)</sup>	GJ	10,9	5,8	5,0	7,9	8,1	12,1	11,7	15,5	16,7	15,6
konsumierbarer Output	GJ	2,7	2,3	2,8	2,3	2,8	2,3	2,7	2,4	2,9	3,4
<b>LKE<sub>Energie</sub></b>		<b>0,29</b>	<b>0,40</b>	<b>0,56</b>	<b>0,29</b>	<b>0,35</b>	<b>0,19</b>	<b>0,23</b>	<b>0,16</b>	<b>0,18</b>	<b>0,22</b>
relativ zu Mittelwert in %		100	140	195	101	122	66	80	56	63	77
<b>Protein</b>											
konsumierbarer Input <sup>2)</sup>	kg	102,6	51	44	68	69	102	98	162	171	158
konsumierbarer Output	kg	37,1	32	39	32	39	32	38	34	41	47
<b>LKE<sub>Protein</sub></b>		<b>0,44</b>	<b>0,64</b>	<b>0,87</b>	<b>0,47</b>	<b>0,56</b>	<b>0,32</b>	<b>0,39</b>	<b>0,21</b>	<b>0,24</b>	<b>0,29</b>
relativ zu Mittelwert in %		100	144	196	106	126	72	88	47	54	65
Proteinqualitätsverhältnis (PQV)		1,70	1,76	1,73	1,82	1,85	1,88	1,88	1,49	1,49	1,51
<b>LKE<sub>Protein</sub> * PQV</b>		<b>0,78</b>	<b>1,13</b>	<b>1,52</b>	<b>0,86</b>	<b>1,03</b>	<b>0,61</b>	<b>0,73</b>	<b>0,31</b>	<b>0,36</b>	<b>0,45</b>
relativ zu Mittelwert in %		100	144	194	110	131	78	93	40	46	64

<sup>1)</sup> Davon 0,2 GJ für Kalb und 1,4 GJ für Fresserfütterung

<sup>2)</sup> Davon 5 kg für Kalb und 12 kg für Fresserfütterung

Tabelle 4 bildet die Ergebnisse des Szenarios „MAX“ ab. Im Vergleich zum IST-Szenario wirkte sich dies deutlicher auf der Input-Seite (+73% für Energie, +66% für Protein) als auf der Output-Seite aus (+48% für Energie, + 21% für Protein). Dementsprechend verringerte sich die LKE im Szenario MAX im Vergleich zu IST sowohl für Energie (Ø -10%) und noch stärker für das Protein (Ø -23%). Die im IST-Szenario beschriebenen Unterschiede zwischen den Futtergruppen bzw. Tierkategorien bilden sich auch im Szenario MAX ab.

Der Flächenbedarf sowie der relative Beitrag der Flächenkategorien zur Nährstoffversorgung sind in Tabelle 5 ersichtlich. Mit steigender Fütterungsintensität verringerte sich der Gesamtflächenbedarf pro Tier bzw. Produkteinheit, demgegenüber stieg der Ackerflächenbedarf deutlich an. Je kg Schlachtkörpergewicht benötigten die extensiv gemästeten Kalbinnen und Ochsen 4,7 bzw. 3,7 m<sup>2</sup> an Ackerflächen. Im Vergleich dazu lag der

Tab. 4. Humanernährungstauglicher In- und Output an Energie bzw. Protein, Proteinqualitätsverhältnis (PQV) und Lebensmittel-Konversionseffizienzen (LKE) pro Tier für das MAX-Szenario *Input and output of human-edible energy and protein and human-edible feed conversion efficiencies (LKE = human-edible output/human-edible input) per animal for the scenario with maximum potentially human-edible fractions (MAX)*

	Mittelwert	K extensiv	O extensiv	K niedrig	O niedrig	K hoch	O hoch	K Maissil	O Maissil	S Maissil	
<b>Energie</b>											
konsumierbarer Input <sup>1)</sup>	GJ	18,9	9,5	8,2	12,9	13,2	19,5	19,0	28,4	30,7	28,9
konsumierbarer Output	GJ	4,0	3,8	4,0	3,7	4,2	3,8	4,2	3,9	4,4	4,1
<b>LKE<sub>Energie</sub></b>		<b>0,26</b>	<b>0,40</b>	<b>0,49</b>	<b>0,29</b>	<b>0,32</b>	<b>0,19</b>	<b>0,22</b>	<b>0,14</b>	<b>0,14</b>	<b>0,14</b>
relativ zu Mittelwert in %		100	155	189	112	124	73	85	54	54	54
<b>Protein</b>											
konsumierbarer Input <sup>2)</sup>	kg	170	80	71	104	106	152	147	287	302	280
konsumierbarer Output	kg	45	40	47	39	47	40	46	41	49	55
<b>LKE<sub>Protein</sub></b>		<b>0,34</b>	<b>0,49</b>	<b>0,65</b>	<b>0,37</b>	<b>0,44</b>	<b>0,26</b>	<b>0,31</b>	<b>0,14</b>	<b>0,16</b>	<b>0,20</b>
relativ zu Mittelwert in %		100	146	194	110	131	77	92	42	48	60
Proteinqualitätsverhältnis (PQV)		1,63	1,78	1,75	1,84	1,84	1,90	1,90	1,49	1,51	1,51
<b>LKE<sub>Protein</sub> * PQV</b>		<b>0,60</b>	<b>0,88</b>	<b>1,14</b>	<b>0,69</b>	<b>0,81</b>	<b>0,50</b>	<b>0,59</b>	<b>0,21</b>	<b>0,24</b>	<b>0,30</b>
relativ zu Mittelwert in %		100	147	190	115	135	83	98	35	40	57

<sup>1)</sup> Davon 0,2 GJ für Kalb und 2,7 GJ für Fresserfütterung

<sup>2)</sup> Davon 6 kg für Kalb und 26 kg für Fresserfütterung

Ackerflächenbedarf je kg Schlachtkörpergewicht in den Maissilagegruppen bei 14,7 m<sup>2</sup> für die Kalbinnen, 13,9 m<sup>2</sup> für die Ochsen und 11,8 m<sup>2</sup> für die Stiere. Diese Zusammenhänge zeigten sich auch in der Herkunft der Futterenergie und des Futterproteins. In den Maissilagegruppen erfolgte die Versorgung der Tiere nahezu vollständig von Ackerflächen (der Energie- und Proteinversorgungsanteil aus dem Grünland lag nur zwischen 2 und 3%). Demgegenüber nahmen die extensiv gemästeten Kalbinnen und Ochsen mehr als 80% der Energie und des Proteins aus Grünlandfutter auf.

#### 4 Diskussion

Um den Beitrag der Tierhaltung zur Humanernährung zu beurteilen, gibt es unterschiedliche Vorgehensweisen (z.B. WILKINSON, 2011; VAN ZANTEN et al., 2016). Bei der LKE

Tab. 5. Futterflächenbedarf (m<sup>2</sup>) und Herkunft des Futterproteins und der Futterenergie (% von gesamt)  
*Land requirement for feed production (m<sup>2</sup>) and origin of feed energy and protein (% of total)*

	Mittelwert	K extensiv	O extensiv	K niedrig	O niedrig	K hoch	O hoch	K Maissil	O Maissil	S Maissil	
<b>Gesamtfutterflächenbedarf</b>	m <sup>2</sup> /Tier	4.610	4.643	5.032	4.495	4.965	4.556	4.564	4.189	4.435	4.144
je kg Schlachtkörper	m <sup>2</sup> /kg	15,9	17,6	17,1	17,3	16,8	17,2	15,6	15,1	14,2	12,0
je kg Muskelgewebe	m <sup>2</sup> /kg	24,7	28,8	25,6	28,2	25,1	28,1	23,7	24,5	21,3	17,3
<b>Ackerflächenbedarf<sup>1)</sup></b>	m <sup>2</sup> /Tier	2.558	1.250	1.095	1.652	1.692	2.460	2.383	4.098	4.344	4.053
je kg Schlachtkörper	m <sup>2</sup> /kg	8,7	4,7	3,7	6,3	5,7	9,3	8,2	14,7	13,9	11,8
je kg Muskelgewebe	m <sup>2</sup> /kg	13,5	7,8	5,6	10,4	8,6	15,2	12,4	24,0	20,9	16,9
<b>Herkunft der Futterenergie</b>											
Grünland	%	49,6	82,0	85,8	74,4	76,5	59,0	60,7	2,6	2,4	2,5
Acker <sup>1)</sup>	%	50,4	18,0	14,2	25,6	23,5	41,0	39,3	97,4	97,6	97,5
<b>Herkunft des Futterproteins</b>											
Grünland	%	50,3	82,9	86,5	75,6	77,7	60,6	62,3	2,3	2,1	2,3
Acker <sup>1)</sup>	%	49,7	17,1	13,5	24,4	22,3	39,4	37,7	97,7	97,9	97,7

<sup>1)</sup> Ackerfläche + Ackerfläche für Co-Produkte (Trockenschnitzel, Extraktionsschrot, Futteröl)

wird der potenziell humanernährungstaugliche Input in Nutztierhaltungssysteme dem jeweiligen Output, üblicherweise gesondert für Protein und Energie, gegenübergestellt. Da sowohl die Bezugsbasis (z.B. Energiemaßstab, Proteinbewertung) als auch die unterstellten potenziellen humanernährungstauglichen Nährstoffanteile im In- und Output zwischen den Untersuchungen differieren, sind direkte Ergebnisvergleiche zwischen verschiedenen Studien nur bedingt möglich. In der vorliegenden Arbeit wurde auf die Methodik von kürzlich publizierten Arbeiten von ERTL et al. (2015; 2016a, b) zurückgegriffen. Dementsprechend wurde die LKE auf Basis Rohprotein (LKE<sub>Protein</sub>) und Bruttoenergie (LKE<sub>Energie</sub>) jeweils getrennt für zwei Szenarien berechnet. Bei der Berechnung der LKE finden auf der Inputseite jene Futtermittel bzw. Nährstoffe keinen Eingang, welche in der Humanernährung nicht verwendet werden. Damit kann die Flächen-Konkurrenzsituation über die LKE allerdings nicht abgebildet werden. Daher wird zusätzlich die Berechnung des Ackerflächenbedarfs für die Bereitstellung des Futterproteins und der Futterenergie und/oder des Ackerflächenbedarfs pro Tier bzw. Produkteinheit empfohlen (vergl. ERTL et al., 2016b).

Als Basis für die vorliegende Arbeit wurden die Ergebnisse eines Fütterungsversuches verwendet. Mit den exakt erhobenen Daten konnte ein breites Feld der derzeit üblichen Rindermastverfahren (Kalbinnen, Ochsen und Stieren) und Fütterungsstrategien (grünland- oder maissilage-basierte Mast; differenzierte Kraftfutterniveaus) im Alpenraum gut abgebildet werden konnte. Demgegenüber ermöglichen die Versuchsdaten jedoch nur eingeschränkte Aussagen zu Einflüssen der Kraftfutterzusammensetzung auf die LKE, da die Kraftfutterkomponenten innerhalb der geprüften Systeme nicht differierten. Literaturdaten weisen darauf hin, dass durch den Ersatz hochverdaulicher Kraftfutterkomponenten durch struktorkohlenhydratreiche Nebenprodukte die  $LKE_{\text{Energie}}$  und insbesondere die  $LKE_{\text{Protein}}$  verbessert werden kann (HULETT et al., 2015; ERTL et al., 2016a). Auf den Ackerflächenbedarf sind hingegen nur geringere Auswirkungen zu erwarten.

Die LKE von Nutztierhaltungssystemen wird nach ERTL et al. (2016b) vorwiegend von 3 Parametern beeinflusst: 1.) dem humanernährungstauglichen Anteil der Fütterung; 2.) der Futterumwandlungseffizienz; 3.) dem Nährstoffgehalt der tierischen Produkte. Auf der Proteinseite kommen noch Unterschiede in der Proteinqualität zwischen Output und Input (PQV) hinzu. Vergleicht man die Ergebnisse zur Rindermast mit jenen von Milchkühen, dann muss im Schnitt in der Fleischerzeugung von einer geringeren LKE ausgegangen werden (WILKINSON, 2011; ERTL et al., 2016b). Dieser Effekt ist vorwiegend auf die ungünstigere Futterumwandlungseffizienz in der Fleisch- als in der Milchproduktion zurückzuführen. Stellt man die Fleischerzeugung mit Schweinen oder Geflügel den Mastrindern gegenüber, dann zeigt sich in der Rindermast ein deutlich höherer Protein- und Energieaufwand pro kg Zuwachs (ERTL et al., 2016b). Unter intensiven Fütterungsbedingungen schneiden Mastrinder dementsprechend in der LKE ungünstiger ab. Eine positive LKE kann daher in der Rindermast nur bei grünlandfutterbetonter Fütterung und/oder Einsatz von Ergänzungsfuttermitteln mit geringen Anteilen an humanernährungstauglichen Rationskomponenten erwartet werden (vergl. ERTL et al., 2016b).

Die LKE-Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen große Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen, wobei diese Differenzen stärker von der Fütterungsstrategie als von der Tierkategorie (Geschlecht) beeinflusst wurden. Trotz kürzerer Mastdauer und damit verbundenem geringerem Gesamtfuttermittelverbrauch pro kg Zuwachs, ging bei zunehmender Kraftfutterfütterung in den Grassilage-Gruppen die LKE sowohl bei den Ochsen als auch bei den Kalbinnen zurück. Dies war darauf zurückzuführen, dass der humanernährungstaugliche Input an Energie und Protein mit zunehmender Fütterungsintensität stark zunahm, wohingegen sich der Output nur geringfügig veränderte. ERTL et al. (2015) untersuchten Milchviehbetriebe und stellten ebenfalls einen signifikant negativen Zusammenhang zwischen dem Kraftfuttereinsatz und der LKE für Protein und Energie fest. Ganz allgemein gilt die Reduktion des Einsatzes von potenziell humanernährungstauglichen Futtermitteln als ein wichtiger Schlüsselfaktor für eine nachhaltigere Tierhaltung (EISLER et al., 2014). Berechnungen zur getreidebetonten Rindermast in Großbritannien zeigten ebenfalls eine tiefe LKE für Protein (0,3) bzw. Energie (0,2) (WILKINSON, 2011). Für die Stiermast in Österreich errechneten ERTL et al. (2016b) eine durchschnittliche  $LKE_{\text{Protein}}$  von 0,5 bzw. eine durchschnittliche  $LKE_{\text{Energie}}$  von 0,3. Unter Berücksichtigung der Proteinqualität stieg die Effizienz für das Protein auf 0,7 an. In der vorliegenden Arbeit lagen die auf Maissilage-Basis gemästeten Masttiere sowohl in der  $LKE_{\text{Protein}}$  (0,3) als auch in der  $LKE_{\text{Energie}}$  (0,2) und auch bei Berücksichtigung der Protein-Qualität ( $LKE_{\text{Protein}} \cdot \text{PQV}$  (0,5)) auf niedrigerem Niveau, was insbesondere auf den geringeren Grünlandfutter-Rationsanteil zurückzuführen ist. Kamen bei ERTL et al. (2016b), etwa 10% der Energie bzw. des Proteins aus Grünlandfutter, so lagen diese Werte in der vorliegenden Arbeit bei Maissilagefütterung auf hohem Kraftfutterniveau nur bei 2–3%. Bei den extensiven Ochsen konnte hingegen ein Wert von 87% erreicht werden. Dementspre-

chend ergab sich für die intensiv gemästeten Tiere auch der größte Ackerflächenbedarf. Im Vergleich zu den intensiv gemästeten Maissilagegruppen (14,7 bzw. 13,8 m<sup>2</sup>/kg Schlachtkörper) benötigten die extensiv gefütterten Kalbinnen bzw. Ochsen mit 4,7 m<sup>2</sup> bzw. 3,7 m<sup>2</sup> pro kg Schlachtkörpergewicht nur 32% bzw. 27% der Ackerfläche, demgegenüber lag der Gesamtflächenbedarf unter den extensiven Bedingungen jedoch um 15–20% höher.

In der vorliegenden Arbeit schnitten innerhalb der jeweiligen Futtergruppen die Ochsen im Vergleich zu den Kalbinnen in der LKE und im Flächenbedarf geringfügig besser ab. Dieser Effekt ist vorwiegend auf den geringeren Futteraufwand pro kg Zuwachs und in geringerem Ausmaß auf das höhere Mastendgewicht (höherer Output) bei den Ochsen zurückzuführen (vergl. STEINWIDDER et al., 2002). Da mit steigender Fütterungsintensität der humanernährungstaugliche Input im Vergleich zum Output bei allen Kategorien überproportional zunahm, gingen die Unterschiede in der LKE zwischen Ochsen und Kalbinnen mit zunehmender Fütterungsintensität zurück.

Die Maissilagegruppen lagen in der LKE tiefer als die vergleichbaren Grassilage-Futtergruppen. Entsprechend ERTL et al. (2015) wurde bei der Bewertung des humanernährungstauglichen Energie- bzw. Proteinanteils in den Futtermitteln für die Maissilage eine direkte Verwertbarkeit für die menschliche Ernährung unterstellt. Dieser Anteil bildet die Möglichkeit der Kornnutzung durch Abreifung der Maispflanzen auf Gunststandorten ab. Nach SCHÖNAUER (2016) könnten auf Grund der Klimabedingungen durchschnittlich etwa 64% der österreichischen Silomaisbestände theoretisch abreifen und damit zur Korngewinnung herangezogen werden. Darüber hinaus lag der Proteinergänzungsbedarf in der Mast mit Maissilage im Vergleich zu den Grassilagegruppen signifikant höher (STEINWIDDER et al., 2002). Beide Faktoren zusammen führten dazu, dass in den Maissilagegruppen, trotz höherer Mastleistung die geringste LKE<sub>Energie</sub> und eine relativ noch niedrigere LKE<sub>Protein</sub> errechnet wurden. Dies zeigt sehr deutlich, warum die Parameter Mastleistung oder die klassische Definition von Futteraufwand in kg je kg Produkt für sich allein nicht wirklich zufriedenstellende Parameter darstellen, um die Leistungen eines tierischen Produktionssystems zu beurteilen. Würde man wie bei WILKINSON (2011) für die Maissilage keine Nutzungsmöglichkeit für die Humanernährung unterstellen, dann würden die Maissilage-Gruppen in der LKE günstiger als die vergleichbaren Grassilage-Versuchsgruppen „hoch“, jedoch immer noch tiefer als die Gruppen „extensiv“ und „niedrig“, liegen.

Innerhalb der Maissilagegruppen schnitten die Stiere in der LKE und im Ackerflächenbedarf deutlich günstiger als die Ochsen und insbesondere die Kalbinnen ab. Dies ist sowohl auf den signifikant geringeren Futteraufwand pro kg Zuwachs als auch den höheren Output (Mast- und Schlachtleistung) bei den Stieren zurückzuführen (vergl. STEINWIDDER et al., 2002; FRICKH et al., 2002).

Durch Berücksichtigung der Proteinqualität, sowohl auf der Input- als auch Output-Seite, wird die Aussagekraft der LKE<sub>Protein</sub> verbessert, da im Durchschnitt tierische Produkte eine höhere Proteinqualität als pflanzliche Rohstoffe aufweisen (ERTL et al., 2016a). In der vorliegenden Arbeit lag der Protein-Qualität-Score auf der Input-Seite zwischen 0,6–0,7 und auf der Output-Seite bei 1,1. Dem entsprechend verbesserte sich die LKE<sub>Protein</sub> unter Berücksichtigung des PQV. In den Schlachtprodukten (Output) der Gruppen K<sub>extensiv</sub> und O<sub>extensiv</sub> lag die Wertigkeit (Quantität und Qualität) des Proteins für die menschliche Ernährung (LKE<sub>Protein</sub> \* PQV) um die Faktoren 1,1 bzw. 1,5 höher als im Input (Futter + Kälber). Die Futtergruppen K<sub>niedrig</sub> und O<sub>niedrig</sub> lagen mit 0,9 bzw. 1,0 im Bereich von 1, die intensiv gefütterten Gruppen lagen mit Faktoren zwischen 0,3 und 0,7 in der Wertigkeit deutlich unter 1.

Vergleicht man die LKE-Ergebnisse im Szenario MAX mit jenen des Szenario IST, dann zeigt sich in allen Versuchsgruppen ein deutlicher LKE-Rückgang. Dies ist darauf zurück-

zuführen, dass im Szenario MAX vor allem eine höhere potenzielle Verwertbarkeit der Futtermittel für die menschliche Ernährung (Input) zum Tragen kam, während die Verwertbarkeit des Outputs (Schlachtleistung) im Vergleich zu IST weniger stark anstieg. Die Ergebnisse zum Szenario MAX müssen jedoch generell mit Vorsicht interpretiert werden. Unter ressourcenknappen Bedingungen ist zu erwarten, dass sich hier nicht nur die Verwertbarkeit sondern auch die Produktionssysteme ändern würden. Vor allem intensive Verfahren würden deutlich an Effizienz und Relevanz verlieren, während extensive Verfahren noch eine positive Netto-Lebensmittelproduktion aufweisen könnten.

## Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zu Rindermastsystemen zeigen, dass sowohl der Ackerflächenbedarf als auch die Lebensmittelkonversionseffizienz deutlich von der Fütterungsstrategie beeinflusst werden. Bei steigender Fütterungsintensität muss, trotz verbesserter Mastleistung und geringerem Futteraufwand pro kg Zuwachs, mit einer Zunahme der Ressourcenkonkurrenzsituation zwischen der Futter- und Nahrungsmittelproduktion gerechnet werden. Eine positive LKE kann in der Rindermast nur mit grünlandfutterbetonter Fütterung und durch den Einsatz von Ergänzungsfuttermitteln mit geringen Anteilen an humanernährungstauglichen Rationskomponenten erwartet werden.

## Literatur

- BMLFUW (Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft), (2015): Grüner Bericht 2015. Herausgeber: Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Stubenring 1, 1010 Wien, 56. Auflage, 312 S.
- EISLER, M.C., M.R.F. LEE, J.F. TARLTON, G.B. MARTIN, J. BEDDINGTON, J.A.J. DUNGAIT, H. GREATHEAD, J.X. LIU, S. MATHEW, H. MILLER, T. MISSELBROOK, P. MURRAY, V.K. VINOD, R. VAN SAUN and M. WINTER, (2014): Steps to sustainable livestock. *Nature* 507, 32–34.
- ERTL, P., H. KLOCKER, S. HÖRTENHUBER, W. KNAUS and W. ZOLLITSCH, (2015): The net contribution of dairy production to human food supply: The case of Austrian dairy farms. *Agricultural Systems* 137, 119–125.
- ERTL, P., W. KNAUS and W. ZOLLITSCH, (2016a): An approach to including protein quality when assessing the net contribution of livestock to human food supply. *Animal*: 10, 1883–1889.
- ERTL, P., A. STEINWIDDER, M. SCHÖNAUER, K. KRIMBERGER, W. KNAUS and W. ZOLLITSCH, (2016b): Net food production of different livestock: A national analysis of Austria including occupation of different land categories. *Die Bodenkultur – Journal of Land Management, Food and Environment* 67, 91–103.
- FAO, (2011): World livestock 2011. Livestock in food security. FAO, Rome, Italy.
- FAO, (2013): Dietary protein quality evaluation in human nutrition – Report of an FAO Expert Consultation. Food and Nutrition Paper 51. FAO, Rome, Italy.
- FRICKH, J., A. STEINWIDDER und R. BAUMUNG, (2002): Einfluss von Rationsgestaltung, Geschlecht und Mastendmasse auf die Schlachtleistung von Fleckvieh-Tieren. *Züchtungskunde*, 74, 362–375.
- FRICKH, J., A. STEINWIDDER und A. und R. BAUMUNG, (2003): Einfluss von Rationsgestaltung, Geschlecht und Mastendmasse auf die Fleischqualität von Fleckvieh-Tieren. *Züchtungskunde*, 75, 16–30.

- HULETT, M., C. YLIOJA, T. WICKERSHAM and B. BRADFORD, (2015): Spinning Straw into Milk: Can an all-byproduct diet support milk production? Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports: Vol. 1: Iss. 8.
- PREISINGER, W., A. OBERMAIER und H. SPIEKERS, (2008): Unterschiedliche Rohprotein-gehalte in der intensiven Fresseraufzucht mit Fleckvieh. Tagungsband Forum angewandte Forschung 09-10.04.2008, Rind, 1-4. [http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ite/dateien/26777\\_unterschiedl\\_xp\\_gehalt\\_kraftfutter.pdf](http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ite/dateien/26777_unterschiedl_xp_gehalt_kraftfutter.pdf) (besucht 16.06.2016).
- SCHÖNAUER, M., (2016): Abschätzung des Futtermittelanteils in Rationen österreichischer Nutztiere mit direkter potenzieller Verwertungsmöglichkeit in der menschlichen Ernährung. Masterarbeit Universität für Bodenkultur. 113 S.
- STEINWIDDER, A., J. FRICKH, K. LUGER, T. GUGGENBERGER, A. SCHAUER, J. HUBER und L. GRUBER, (2002): Einfluss von Rationsgestaltung, Geschlecht und Mastendmasse auf Futteraufnahme und Mastleistung bei Fleckvieh-Tieren. Züchtungskunde, 74, 104-120.
- STEINWIDDER, A., P. HOFSTETTER, H. FREY und C. GAZZARIN, (2016): Analysen zur Lebensmittel-Konversionseffizienz von stall- und weidebasierten Milchproduktionssystemen. Agrarforschung Schweiz 7, 448-455.
- VAN ZANTEN, H.E., H. MOLLENHORST, C.W. KLOOTWIJK, C.E. van MIDDELAAR and I.J.M. BOER, (2016): Global food supply: land use efficiency of livestock systems. Int. J. Life Cycle Assess 21, 747-758.
- VELIK, M., G. TERLER, J. GASTEINER, A. GOTTHARDT, A. STEINWIDDER, R. KITZER, A. ADELWÖHRER und J. KAUFMANN, (2015): Stiermast auf hohe Mastendgewichte bei unterschiedlicher Proteinversorgung in der Endmast – Einfluss auf Tageszunahmen, Schlachtleistung, Fleischqualität und Wirtschaftlichkeit. Abschlussbericht, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irndning-Donnersbachtal.
- WILKINSON, J.M., (2011): Redefining efficiency of feed use by livestock. Animal 5, 1014-1022.