

Systemvergleich Milchproduktion Hohenrain

Stallhaltung versus Weidehaltung – Futter, Leistungen und Effizienz

Pius Hofstetter¹, Hansjörg Frey², Remo Petermann¹, Walter Gut², Lukas Herzog² und Peter Kunz³¹Berufsbildungszentrum Natur und Ernährung BBZN, 6170 Schüpfheim²Berufsbildungszentrum Natur und Ernährung BBZN, 6276 Hohenrain³Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft SHL, 3052 Zollikofen

Auskünfte: Pius Hofstetter, E-Mail: pius.hofstetter@edulu.ch, Tel. +41 41 485 88 27



Die Stallherde setzte sich aus Milchkühen der Rassen Holstein-Friesian und Braunvieh zusammen. Die Teilmischung wurde auf 27 kg Milch ausgelegt. Die Energieaufnahme der Kühe erfolgte vor allem über Grassilage (40,5 %), über Maissilage (32,2 %) und über Kraftfutter (19,6 %).



Die Weideherde bestand aus Milchkühen der Rassen Braunvieh und Swiss Fleckvieh. Sie nahmen die Energie vorwiegend über Weidegras (62,7 %) und über belüftetes Dürrfutter (25,4 %) auf. Der Anteil des Kraftfutters betrug nur 7,0 % der gesamten Energieaufnahme.

Einleitung¹

Um im zukünftigen Milchmarkt bestehen zu können, sind die Schweizer Milchproduzenten gefordert, Kosten zu senken und effizienter zu werden. Im vorliegenden Projekt wurden zwei weltweit verbreitete Milchproduktionssysteme verglichen. Das System der **Stallhaltung (SH)** setzt auf eine überdurchschnittliche Milchleistung pro Kuh, meistens mit Total- oder Teil-Mischung (TMR) bei bedarfsgerechter Fütterung und unter Anwendung moderner technischer Hilfsmittel. Das System der **Weidehaltung (WH)** strebt eine hohe Milchleistung pro Hektare Weidefläche an, vielfach in Kombination mit saisonaler Abkalbung im Frühling, bei konsequenter

Reduzierung des Kraftfuttereinsatzes, der Maschinen- und Strukturkosten.

Beide Strategien wurden anfangs 2000 auf Pionierbetrieben aufgebaut und analysiert (Blättler *et al.* 2004). In letzter Zeit wurde in der Schweiz ausgiebig über das Vollweidesystem geforscht (Steiger Burgos *et al.* 2007; Schlussbericht Projekt «Weidekuh-Genetik» 2010; Schori und Münger 2010; Hofstetter *et al.* 2011). Gemäss unseres Wissens wurde das Vollweide- mit dem Stallhaltungssystem auf dem gleichen Betrieb in dieser umfassenden Art in Europa noch nie verglichen.

Ziel des Projektes war, unter gleichen Bedingungen und bei gleicher Futterfläche auf dem gleichen Landwirtschaftsbetrieb das SH- dem WH-System zeitgleich gegenüber zu stellen und hinsichtlich Futterbau, Tierhaltung, Milchqualität/Saisonalität, Ökologie und Tierwohl, sozialer Aspekte, Arbeitswirtschaft und Betriebswirtschaft zu vergleichen.

¹Wir danken den Schweizer Milchproduzenten SMP, den Zentralschweizer Milchproduzenten ZMP, der Dienststelle für Landwirtschaft und Wald lawa, Kanton Luzern, und der Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaus AGFF für die finanzielle Unterstützung.

Unter Einhaltung der gesetzlichen Rahmenbedingungen wurden bei beiden Systemen die Effizienz und die Produktivität optimiert um bei vorgegebener Fläche einen maximalen Arbeitsverdienst zu generieren. Dabei wurde im SH-System eine durchschnittliche Laktationsleistung der Kühe von mindestens 8500 kg Milch und im WH-System eine mittlere Laktationsleistung von 6300 kg Milch angestrebt. Die Futtermittel mussten innerhalb der vorgegebenen Fläche angebaut, ausser die Proteinkraftfuttermittel durften zugekauft werden.

Tiere, Material und Methoden

Standort und Versuchsbeschreibung

Das Projekt dauerte von 2008 bis 2010 auf dem Schulgutsbetrieb des Berufsbildungszentrums Natur und Ernährung (BBZN) in Hohenrain (Luzern). Der gemischtwirtschaftliche und arrondierte Betrieb liegt in einem bevorzugten Graslandgebiet auf 620 m. ü. M. und hatte im Durchschnitt der Versuchsjahre 1171 (\pm 131) mm Jahresniederschläge. Die durchschnittliche Jahrestemperatur betrug 9,4 (\pm 0,5) °C. Auf zwei beinahe gleich grossen landwirtschaftlichen Nutzflächen (LN) von durchschnittlich 15,8 ha für die SH und 15,7 ha für die WH (Tab. 1) wurde je eine Herde Milchkühe gehalten. Die Düngung der Kulturen erfolgte nach der Berechnungsmethode der Suisse-Bilanz (2008). Im Durchschnitt der drei Jahre

Tab. 1 | Flächen für das Grundfutter sowie für das Energie- und das Proteinausgleichsfutter in ha [Mittelwert und Standardabweichung (SD)] für die SH- und die WH-Herde von 2008 bis 2010.

	SH		WH	
	Mittelwert	(\pm SD)	Mittelwert	(\pm SD)
Landwirtschaftliche Nutzfläche, ha	15,80	(0,37)	15,70	(0,70)
Hauptfutterfläche (HFF), ha	11,50	(0,56)	14,60	(0,58)
Weide / Heuland, ha	0,93	(0,40)	13,69	(0,58)
Grassilage, ha	6,77	(0,10)		
Maissilage, ha ¹	2,89	(0,23)		
Ökoflächen, ha	0,91	(0,00)	0,91	(0,00)
Futterweizen, ha ¹	0,76	(0,19)	0,50	(0,11)
Körnermais, ha ¹	0,64	(0,15)	0,41	(0,16)
Sojaextraktionsschrot (Sojakuchen), ha ^{2,4}	1,71	(0,60)	0,11	(0,18)
Maiskleber, ha ^{3,4}	1,20	(0,33)	0,05	(0,09)

¹Maissilage, Futterweizen und Körnersilage wurden im ersten Versuchsjahr grossmehrfach zugekauft. ²Die Allokation für den Sojakuchen erfolgte über das Sojaextraktionsschrot. Unter Berücksichtigung einer Allokation von 67 % und einem Flächenertrag von 35,4 kg FS Sojaextraktionsschrot je ha. ³Unter Berücksichtigung einer Allokation von 6,4 % und einem Flächenertrag von 71,6 kg FS Maiskörner je ha. ⁴Eiweissergänzungsfutter wurde nur 2008 eingesetzt.

Zusammenfassung

Ziel des Projektes war, unter gleichen Bedingungen und bei gleicher Futterfläche auf dem gleichen Landwirtschaftsbetrieb von 2008 bis 2010 zwei Strategien der Milchproduktion, die Stallhaltung (SH) und die Weidehaltung (WH), zu vergleichen. Im SH-System mit 15,8 ha landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) (42,9 % Grassilage, 18,3 % Maissilage, 8,9 % Getreide, 18,4 % Proteinkraftfuttermittel, 5,8 % Weide, 5,8 % Ökoflächen) wurden zwölf Holstein-Friesian und zwölf Braunvieh Kühe in einem Laufstall gehalten und mit einer Teil-Mischration, bestehend aus Maissilage, Grassilage und Proteinausgleichsfutter, gefüttert. Kraftfutter wurde bedarfsgerecht über eine Futterstation verabreicht. Die SH-Kühe produzierten pro Laktation mit 1094 kg Frischsubstanz (FS) Kraftfutter 9607 kg energiekorrigierte Milch (ECM) und pro Standardlaktation 675,4 kg Fett und Eiweiss. Im WH-System mit 15,7 ha LN (87,2 % Weide- und Heuland, 5,8 % Getreide, 1,0 % Proteinkraftfuttermittel, 5,8 % Ökoflächen) wurden 14 Swiss Fleckvieh und 14 Braunvieh Kühe bei Laktationsbeginn, von Januar bis März, im Laufstall gehalten, anschliessend während der Vegetationszeit auf einer Kurzrasenweide, aufgeteilt in vier Parzellen. Das Dürrfutter wurde im Sommer von den Parzellen geerntet, belüftet und ab Herbst im Laufstall verfüttert, während der Startphase *ad libitum*. Die WH-Kühe erzeugten pro Laktation mit 285 kg FS Kraftfutter 5681 kg ECM und pro Standardlaktation 434,9 kg Fett und Eiweiss. Die Serviceperiode (SH: 121,3 vs. WH: 85,0 Tage, $P < 0,01$) und die Zwischenkalbezeit waren bei den WH-Kühen kürzer. Die SH-Herde produzierte 12717 kg ECM/ha LN/Jahr und die WH-Herde 10307 kg ECM/ha LN/Jahr. Die höhere Produktivität und Effizienz der SH-Herde im Vergleich zur WH-Herde wurden über eine höhere Energiedichte des Futters und eine grössere Nährstoffzufuhr *postpartum* erreicht.

wurde der düngbaren Fläche des SH- 176,6 (\pm 9,5) und derjenigen des WH-Systems 166,1 (\pm 2,2) kg N pro ha in Form von Hof- und Kunstdünger zugeführt.

Tiere und Herden

Die SH-Herde bestand im Durchschnitt der drei Versuchsjahre aus 24,0 (\pm 0,8) Kühen mit einem mittleren Alter von 61,4 (\pm 31,0) Monaten, einer durchschnittlichen Laktationsnummer von 3,0 (\pm 2,2) und einem mittleren Lebendgewicht von 698,3 (\pm 86,2) kg. Diese Herde setzte sich aus durchschnittlich 12,6 (\pm 0,2) Schweizer Braunvieh (BS) und 11,3 (\pm 0,8) Schweizer Holstein-Friesian (HF) Kühen zusammen. Der durchschnittliche Gesamt- ➤

Tab. 2 | Chemische Zusammensetzung und Nährwerte des Grundfutters und des Kraftfutters [Mittelwert und Standardabweichung (SD)] für die SH- und die WH-Herde von 2008 bis 2010.

			TS ¹		RP ²		NDF ³		ADF ⁴		NEL ⁵ (Dairy One)		APDE ⁶		APDN ⁶		
			%		g/kg TS		g/kg TS		g/kg TS		MJ NEL/kg TS		g/kg TS		g/kg TS		
			n	M ⁷	(±SD)	M	(±SD)	M	(±SD)	M	(±SD)	M	(±SD)	M	(±SD)	M	(±SD)
SH	3 Jahre	Grassilage	48	44,9	(8,2)	164,6	(29,2)	447,8	(47,1)	306,7	(24,5)	6,1	(0,4)	77,3	(6,8)	103,4	(18,2)
SH	3 Jahre	Maissilage	3	36,9	(2,0)	84,7	(5,0)	363,3	(31,4)	215,0	(20,7)	7,3	(0,2)	66,0	(1,0)	52,7	(3,1)
WH	3 Jahre	Weidegras	51	15,9	(2,7)	260,4	(27,0)	378,5	(41,1)	241,6	(25,6)	6,3	(0,4)	118,2	(5,5)	174,6	(17,6)
WH	3 Jahre	Dürrfutter	5	87,3	(1,6)	161,1	(28,8)	426,5	(52,3)	290,5	(24,5)	6,1	(0,4)	92,6	(4,2)	103,3	(18,7)
SH	2008–09	PAF ⁸	1	89,0		584,3		92,0		48,0		7,8		374,2		460,7	
SH	2010	PAF ⁹	1	89,0		696,6		110,0		68,0		8,5		514,6		576,4	
WH	2008–10	EAF ¹⁰	1	89,0		116,9		99,0		38,0		8,1		107,9		85,4	
SH	2008–10	LF ¹¹	1	89,0		197,8		143,0		57,0		8,5		137,1		144,9	

¹TS: Trockensubstanz, ²RP: Rohprotein, ³NDF: Neutrale Detergenzfaser, ⁴ADF: Saure Detergenzfaser, ⁵NEL: Nettoenergie Laktation in Megajoule, ⁶APDE: Absorbierbares Protein im Darm, das auf Grund der verfügbaren Energie aufgebaut werden kann und APDN: Absorbierbares Protein im Darm, das auf Grund des abgebauten Rohproteins aufgebaut werden kann; g APDE und g APDN; Berechnung nach Grünes Buch (2006), ⁷M: Mittelwert, ⁸Zusammensetzung: 47,5 % Sojakuchen, 47,5 % Maiskleber, 3,5 % Monocalciumphosphat und 1,5 % kohlensaurer Kalk sowie Vieh- und Mineralsalz. ⁹Maiskleber, ¹⁰Zusammensetzung im Durchschnitt: 48,7 % Maiskörner 48,7 % Futterweizen, 2 % Zuckerrübenmelasse, 0,3 % Monokalziumphosphat, 0,3 % kohlensaurer Kalk. ¹¹LF enthielt im Durchschnitt je 35,8 % Futterweizen und Maiskörner, 15,7 % Sojakuchen, 7,7 % Maiskleber, 1,5 % Melasse, 1,8 % kristallines Fett, 0,7 % Monokalziumphosphat und 1 % kohlensaurer Kalk.

zuchtwert (GZW) für die BS war 107,5 (± 6,2) und der mittlere «Gesamtindex für wirtschaftliche Milchviehzucht» (ISEL) für die HF-Kühe war 1032,9 (± 59,2). Die SH-Kühe kalbten ganzjährig ab mit einer Häufung im Juni und August. Während der Vegetationszeit konnten diese Kühe während drei Stunden pro Tag auf eine Weide.

Die WH-Herde bestand durchschnittlich aus 28,1 (± 0,5) Kühen mit einem mittleren Alter von 52,1 (± 15,7) Monaten, einer durchschnittlichen Laktationsnummer von 2,5 (± 1,2) und einem mittleren Lebendgewicht von 610,2 (± 69,6) kg. Diese Herde setzte sich aus durchschnittlich 13,9 (± 0,1) BS- und 14,1 (± 0,6) Schweizer Fleckvieh (FV) Kühen zusammen. Der GZW für diese BS-betrag im Mittel 96,5 (± 6,0) und derjenigen für die FV-Kühe 98,2 (± 6,7). Die WH-Kühe kalbten von Februar bis April ab mit einer Deckperiode vom 20. April bis zum 20. Juli. Die Haltung der beiden Herden erfolgte getrennt in einem Boxenlaufstall.

Erhebung des Lebendgewichtes und Bestimmung des Body Condition Score

Die Kühe wurden alle vier Wochen nach dem Melken jeweils um 06.30 Uhr gewogen. Alle zwei Wochen wurde von derselben Person der Body Condition Score (BCS) nach Edmonson *et al.* (1989) beziehungsweise in leicht abgeänderter Form nach Metzner *et al.* (1993), mit einer Skala von 1 bis 5, ermittelt.

Fütterungssysteme, Futterzusammensetzung und Analytik

Die ganzjährige Fütterung der SH-Kühe erfolgte mit einer Teil-Mischration bestehend aus Mais- (MS) und Grassilage (GS), ergänzt mit einem Proteinausgleichsfutter (PAF). Die TMR wurde mittels eines Vertikalfuttermischwagens im Sommer täglich und im Winter alle zwei Tage vorgelegt. Ab einer Tagesleistung von 27 kg Milch wurde den SH-Kühen ein Leistungsfutter (LF) bedarfsgerecht und tierindividuell mittels Transponder über eine Kraftfutterstation verabreicht, gemäss den Angaben aus der Berechnung des Futterplans CPM-Dairy (2006), basierend auf den Bedarfsnormen nach NRC (2001). Die Galkühe erhielten separat in einem Anbindestall unbelüftetes Dürrfutter von den ökologischen Ausgleichsflächen (Ökoheu) und Krippenreste der TMR.

Den WH-Kühen wurden zu Beginn der Laktation im Stall (Januar bis März) *ad libitum* belüftetes Dürrfutter und beschränkte Kraftfuttermengen über die Krippe verfüttert, basierend auf dem AGRIDEA Fütterungsplan für Milchvieh (FUPLAN 2008). Bis zum Beginn der Vollweideperiode erhielten die Kühe max. 4 kg Frischsubstanz (FS, lufttrocken) Energieausgleichsfutter (EAF)/Tag. Anschliessend erhielten die Kühe max. 2 kg FS EAF/Tag, welches zusätzlich 4 % Magnesiumoxid enthielt. Das Weidemanagement auf der Kurzrasenweide, welche in vier Koppeln unterteilt wurde, erfolgte nach den in einem früheren Versuch beschriebenen Abläufen («Wei-

Tab. 3 | Vergleich Lebendgewichte (LG) in den verschiedenen Laktationsphasen [Mittelwert (\pm Standardfehler des Mittelwertes)] der SH- und der WH-Kühe von 2008 bis 2010.

	SH			WH			P-Value
	n	Mittelwert	(\pm SE)	n	Mittelwert	(\pm SE)	
LG vor Abkalben, kg	39	759,1	(13,1)	60	698,7	(8,6)	**
LG vor Abkalben minus Kalb, kg	39	712,6	(12,8)	60	654,1	(8,4)	**
LG im Intervall d.pp 281–308 ¹ , kg	39	744,3	(10,7)	60	679,2	(9,2)	**
Schwankungsbereich ² , kg	39	55,2	(5,9)	60	78,8	(4,2)	**
LG Nadir ³ , kg	39	657,4	(9,4)	60	575,4	(6,6)	**
Zeitpunkt Nadir, Tage (d.pp)	39	73,8	(8,3)	60	111,7	(6,2)	**
Körpergewichtsverlust ⁴ , %	39	7,8	(0,7)	60	11,6	(0,6)	**
Täglicher Gewichtsverlust bis Nadir, g	39	1199,9	(192,9)	60	946,3	(117,7)	n. s.

¹Zeitpunkt der Messungen im Intervall zwischen dem 281. u. 308. Tag der Laktation (d.pp: Tage nach der Geburt (pp: postpartum)), ²Grösste Differenz zwischen LG vor dem Abkalben minus LG Kalb und dem Nadir, ³Nadir: tiefster Wert, ⁴Differenz höchster und tiefster Wert des Lebendgewichtes in %.

dekuh-Genetik» 2010). Die Dürrfütterernte erfolgte gestaffelt aus den Koppeln. Ab Mitte Oktober, wenn das Futterangebot auf den Weiden nicht mehr ausreichte, wurde den WH-Kühen ergänzend Belüftungsheu angeboten und nach dem Trockenstellen Ökoheu und Stroh.

Repräsentative Grasproben wurden alle zwei Wochen von den beweideten Flächen entnommen. Vom Heu- und Emdstock wurden zu Beginn des Winters mit einer Stechsonde diagonal mehrere repräsentative Proben entnommen. Alle Grundfuttermittel wurden im Trockenschrank auf dem Hof während 24 Stunden bei 105°C getrocknet zwecks TS-Bestimmung. Für den Versand zur Analyse wurde ein Teil der Futterproben bei 55°C während 24 Stunden vorgetrocknet. Alle Futtermittel, inklusive die Kraftfuttermittel, wurden mit Hilfe der NIRS-Methode, ausgehend von der van Soest Analyse (van Soest *et al.* 1991) im Labor der Firma Dairy One, Ithaca, New York, analysiert. Mit Hilfe der Rohnährstoffanalysen wurde mit dem Berechnungsprogramm von Arrigo (Das Grüne Buch, 2006) die Menge an absorbierbarem Protein (APDE und APDN, g) berechnet.

Flächenbedarf für Grund- und Kraftfutter sowie Graswachstum

Die Berechnung des Flächenbedarfes der einzelnen Kulturen für die SH-Herde erfolgte auf Grund der mit dem CPM-Dairy Fütterungsplan berechneten notwendigen Futtermengen pro Jahr, unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Erträge der Kulturen von 2003 bis 2006. Für die Berechnung der Flächen an Grasland dienten die Daten des «Kuhtypenvergleiches» der SHL (2005) auf Bur-

grain (Luzern). Für die zugekauften Proteinträger (Sojakuhen und Maiskleber) wurde eine Allokation gemäss Zimmermann (2009, 2006) vorgenommen. Die Lagerung der Mais- und Grassilage erfolgte in Rund- und Quaderballen. Die Graswachstumskurve wurde auf vier repräsentativen Parzellen nach Corral und Fenlon (1978), modifiziert nach Mosimann (2001), bestimmt und dann gemittelt.

Futterverzehr und Energiebilanz der Herden

Nach der Ernte wurden jeweils die Futtermengen der einzelnen Kulturen gewogen. Anhand der Analysewerte der Kulturen konnte für die einzelne Herde das gesamte Energie- und Nährstoffangebot berechnet werden. Der gesamte Energie- und Nährstoffbedarf der Kühe bzw. der Herden ergab sich aus der Milchleistung (unterteilt in die verschiedenen Perioden) und aus dem Gewicht der Milchkühe. Dabei wurde bei beiden Milchviehherden mit dem gleichen energetischen Erhaltungsbedarf der Kühe (NEL_{Er} , MJ= 0,293 x $LG^{0,75}$, MJ) gerechnet.

Messung der Milchmenge und der Milchinhaltsstoffe

Die Milchmengen und Milchinhaltsstoffe wurden über die offiziellen Milchleistungsprüfungen der entsprechenden Zuchtverbände bestimmt. Für die Jahre 2008 und 2009 lagen Messungen zu 22 Zeitpunkten und für 2010 zu 23 Zeitpunkten vor. Die Kühe wurden jeweils am Morgen ab 05.15 Uhr und abends ab 16.00 Uhr in einer 2x5 Fischgrät Melkanlage gemolken. Zuerst wurden immer die Kühe der SH und dann diejenigen der WH gemolken. Die Berechnung der energiekorrigierten Milchmenge (ECM) erfolgte gemäss Methode nach Sjaunia *et al.* (1990). ➤

Tab. 4 | Voll- und Standardabschlüsse: Milch- und Gehaltsmengen [Mittelwert (± Standardabweichung)] der SH- und der WH-Kühe von 2008 bis 2010.

	SH			WH			P-Value
	n	Mittelwert	(±SD)	n	Mittelwert	(±SD)	
Vollabschlüsse							
Lakt,-tage ¹	67	328,1	(58,8)	88	280,5	(39,4)	**
Milch, kg	67	9353,6	(2278,2)	88	5891,7	(1293,7)	**
ECM, kg	67	9607,4	(2304,2)	88	5681,1	(1233,3)	**
Standardlaktationen/-abschlüsse							
Lakt,-tage	62	301,0	(8,4)	67	293,6	(11,5)	**
Milch, kg	62	8900,4	(1583,2)	67	6073,8	(1078,4)	**
Fett, %	62	4,1	(0,3)	67	3,8	(0,4)	**
Fett, kg	62	364,2	(68,9)	67	228,3	(42,6)	**
Eiweiss, %	62	3,5	(0,2)	67	3,4	(0,2)	**
Eiweiss, kg	62	311,2	(48,4)	67	206,6	(33,1)	**

¹Laktationstage

Fruchtbarkeit und Geburtsgewicht der Kälber

Die Fruchtbarkeitsereignisse und die Geburtsgewichte der Kälber wurden vom Stallpersonal erfasst. Kontrolliert wurden sie von einem erfahrenen Tierarzt, der die Kühe auch vom Abkalben bis zur Diagnose der Trächtigkeit rektal und vaginal im Abstand von zwei Wochen untersuchte.

Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm NCSS (2004). Die Ergebnisse der Parameter wie Lebendgewicht, BCS sowie Milchleistung und Milch Inhaltsstoffe wurden einander gegenüber gestellt. Es wurden Mittelwerte aus 28 Laktationstagen in unterschiedlichen Laktationsphasen nach dem Abkalben (postpartum: pp) und zusätzlich für das Lebendgewicht und die BCS vor dem Abkalben gebildet und mittels Tests miteinander vergli-

chen. Bei normal verteilten Daten verwendeten wir den Equal-Variance t-Test. Wurde bei Normalverteilung der Variance-Ratio Equal-Variance Test verworfen, erfolgte die Auswertung mit dem Aspin-Welch Unequal-Variance Test. Bei nicht normal verteilten Daten wurde der Wilcoxon Rank-Sum Test verwendet. Bei den Tests geben wir nachfolgende Wahrscheinlichkeiten an: nicht signifikante Unterschiede (n.s.): P> 0,05; (*): P< 0,05 und (**): P<0,01.

Bei den Parametern der SH-Kühe wurden für einen Jahresabschnitt jeweils die Daten zwischen dem 1. Oktober des zurückliegenden Jahres und dem 30. September berücksichtigt. Für 2010 wurden Daten bis Ende Dezember miteinbezogen. Die Jahres-Zuordnung der Daten für die WH-Herde entspricht dem effektiven Jahreszyklus.

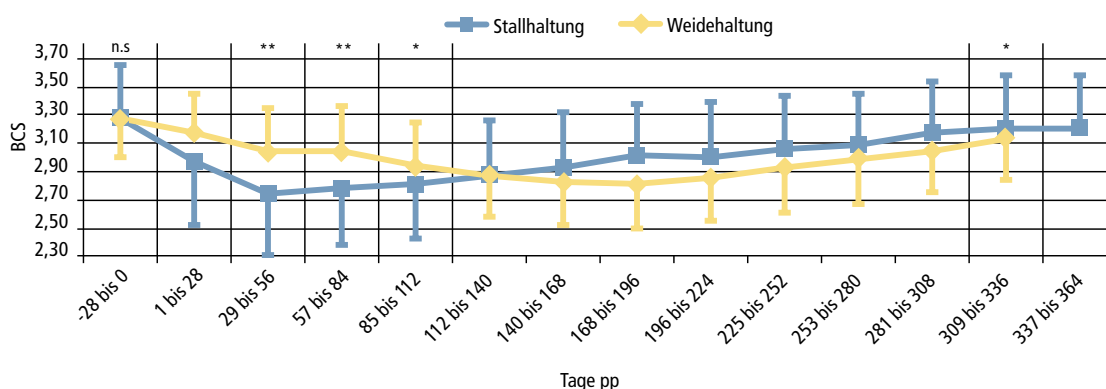


Abb. 1 | Verlauf des durchschnittlichen Body Condition Score (BCS) der SH- und der WH-Kühe von 2008 bis 2010.

Tab. 5 | Fruchtbarkeitskennzahlen der Kühe und Geburtsgewicht der Kälber [Mittelwert (\pm Standardabweichung)] der SH- und der WH-Herde von 2008 bis 2010.

	SH			WH			P-Value
	n	Mittelwert	(\pm SD)	n	Mittelwert	(\pm SD)	
Besamungsindex	86	2,1	(1,4)	86	1,6	(1,0)	n. s.
Zwischenkalbezeit, Tage	55	405,1	(58,9)	74	373,5	(30,1)	**
Serviceperiode, Tage	57	121,3	(57,5)	75	85,0	(29,6)	**
Rastzeit, Tage	57	84,0	(20,8)	75	70,2	(19,3)	**
Verzögerungszeit, Tage	57	37,3	(52,1)	76	14,8	(22,1)	**
Trächtigkeitsdauer, Tage	72	284,9	(6,8)	86	288,5	(5,8)	**
Geburtsgewicht Kälber ¹ , kg	73	44,2	(5,5)	88	43,4	(5,7)	n. s.

¹Alle Abkalbungen

Resultate

Erträge, Futterqualität und Tierbesatz

Der durchschnittliche jährliche Ertrag der GS betrug 138,1 (\pm 8,0) dt Trockensubstanz (TS)/ha und derjenige der MS 177,1 (\pm 19,2) dt TS/ha. Der durchschnittliche Flächenertrag des Futterweizens betrug 7913 (\pm 991) kg FS/ha und derjenige des Körnermais 9466 (\pm 1900) kg FS/ha. Die nach Corral and Fenlon (1978) gemessenen Graserträge betragen 142,3 (\pm 4,9) dt TS/ha. Tabelle 2 zeigt die chemische Zusammensetzung und die Nährwerte des Grundfutters und des Kraftfutters. Auffallend beim Weidegras waren der hohe RP-Gehalt sowie die hohen APDE- und APDN-Werte und beim Dürrfutter der hohe RP-Gehalt sowie der hohe Energiewert. Die Vollweidefütterung dauerte im Mittel der drei Versuchsjahre 179 (\pm 12) und die gesamte Weidezeit 242 (\pm 2) Tage. Der Tierbesatz war im Durchschnitt der Jahre bei der SH mit 2,09 (\pm 0,06) Milchkühe/ha Hauptfutterfläche (HFF) leicht höher als bei der WH mit 1,93 (\pm 0,10) Milchkühe/ha HFF.

Die Energieaufnahme der SH-Herde erfolgte vor allem über die Grassilage mit 40,5 (\pm 4,3) %, über die Maissilage mit 32,2 (\pm 4,3) % und über Kraftfutter mit 19,6 (\pm 2,7) %. Der Anteil Weidegras betrug 4,5 (\pm 0,2) % und der Ökoheuanteil 3,2 (\pm 0,2) %. Die WH-Herde nahm die Energie vorwiegend über das Weidegras mit 62,7 (\pm 4,2) % und über belüftetes Dürrfutter mit 25,4 (\pm 2,6) % auf. Der Anteil an der Energieaufnahme über Kraftfutter betrug bei den WH-Kühen 7,0 % (\pm 1,0), über Ökoheu 4,2 (\pm 1,9) % und über Stroh 0,7 (\pm 1,3) %.

Lebendgewicht und Body Condition Score

Wie aus Tabelle 3 ersichtlich, war der prozentuale Körpergewichtsverlust bei den WH-Kühen höher. Hingegen war der tägliche Gewichtsverlust der SH-Kühe grösser

bis zum Nadir, welcher pp früher erreicht wurde. Der Zeitpunkt des Nadirs des BCS war bei den WH-Kühen erheblich später als bei den SH-Kühen [SH: 89,5 (\pm 9,7) vs. WH: 175,5 (\pm 6,0) Tage pp, $P < 0,05$]. Dies bewirkte den Unterschied im Abfall des BCS nach dem Abkalben (Abb. 1).

Verlauf der Milchinhaltsstoffe

Aus Abbildung 2 geht hervor, dass in der Mitte der Laktation die Differenz des Fettgehaltes zwischen den Herden erheblich war. In Bezug auf den Verlauf des Eiweissgehaltes waren die Werte der WH-Herde ab dem 85. Laktationstag tiefer und dann gegen Ende der Laktation höher als diejenigen der SH-Herde (Abb. 3). Die Harnstoffgehalte bei den SH-Kühen waren während der gesamten Laktation stabil mit Werten zwischen 23 und 25 mg/dl Milch. Hingegen stiegen die Werte bei den WH-Kühen bis zum 196. Laktationstag auf über 50,0 mg/dl kontinuierlich an. Anschliessend sanken die Harnstoffwerte bei der WH-Herde bis zur letzten Messperiode auf durchschnittlich 28,6 (\pm 1,5) mg/dl Milch ab.

Vollabschlüsse und Standardlaktationen

Wie Tabelle 4 zeigt, dauerten die Laktationen der SH-Kühe mit dem Vollabschluss im Durchschnitt 47,6 Tage länger. Die durchschnittlichen Leistungen der SH-Herde über den Vollabschluss und über die Standardlaktation waren beachtlich höher. Die WH-Kühe wiesen im Vergleich zu den SH-Kühen eine tiefere Persistenz auf. Zudem produzierten die SH-Kühe im Durchschnitt pro Standardlaktation 240 kg mehr Fett- und Eiweiss.

Fruchtbarkeitskennzahlen

Bei den WH-Kühen waren die Fruchtbarkeitskennzahlen in den meisten Parametern deutlich tiefer (Tab. 5), ausser bei der Trächtigkeitsdauer.

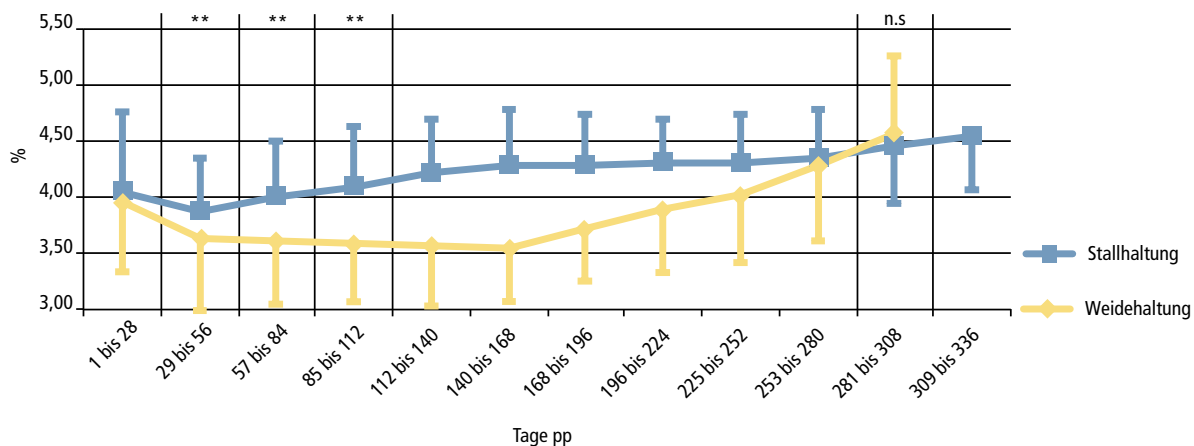


Abb. 2 | Verlauf des durchschnittlichen Fettgehaltes (%/kg Milch) der SH- und der WH-Kühe von 2008 bis 2010.

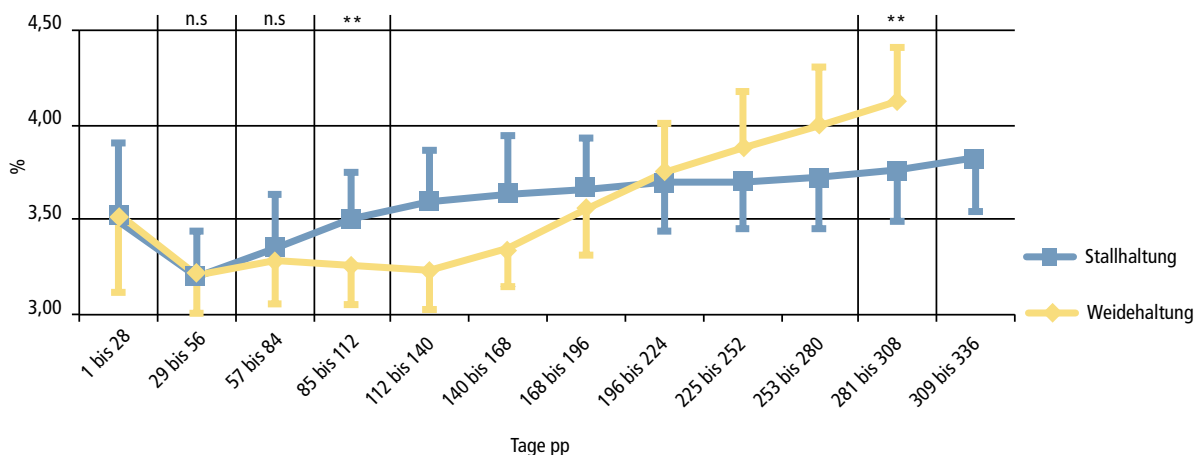


Abb. 3 | Verlauf des durchschnittlichen Eiweissgehaltes (%/kg Milch) der SH- und der WH-Kühe von 2008 bis 2010.

Produktivität und Effizienz

Im Durchschnitt der drei Jahre (Tab. 6) produzierte die SH-Herde mittels höherer Futterverwertung und -effizienz mehr kg ECM/ha LN. Dagegen produzierte die WH-Herde mehr Kälbermasse. Bei der SH-Herde waren die Kraftfutterkosten deutlich höher.

Diskussion

Erträge der Kulturen und analysierte Roh Nährstoffe

Die durchschnittlich gewachsene Grasmenge stimmte gut überein mit der mittleren Ertragsmenge auf dem Gutsbetrieb Burgrain (Luzern) (Steiger Burgos *et al.* 2007).

Die nach «Dairy One» berechneten Werte der Nettoenergie Laktation (MJ NEL) für die MS und für das Dürrfutter (Tab. 2) sowie die NDF- und ADF-Werte für die GS als auch der RP-Gehalt für das Gras waren im Ver-

gleich zu Schweizerischen Normen (ALP 2008) hoch. Dies ist auf die weltweit nicht standardisierte van Soest Methode und auf die verschiedenen Regressionsformeln zur Schätzung des NEL-Gehaltes zurückzuführen. Der beachtliche Anteil an zugekauften Eiweissfuttermitteln bei der SH-Herde von 18,4% der gesamten LN ist problematisch in Bezug auf die Umwelt und auf die sozio-ökonomische Situation in den Herkunftsländern.

Lebendgewicht und Body Condition Score

Unter der Annahme, dass der energetische Wert des Körpergewichtsverlustes 19,3 MJ/kg ausmacht und 83% der Körperreserven zu Milch umgesetzt werden (Moe *et al.* 1971; Gibb *et al.* 1992) produzierten die SH-Kühe aus den Körperreserven bis zum Nadir im Durchschnitt täglich 6,1 kg ECM und insgesamt 451,8 kg ECM, d.h. 4,7% der Gesamtmilchmenge. Die WH-Kühe produzierten aus den

Tab. 6 | Flächen- und Tierproduktivität, Futtereffizienz, Kraftfuttermenge und -kosten [Mittelwert (\pm Standardabweichungen)] der SH- und der WH-Herde von 2008 bis 2010.

	n	SH		WH		Vergleich
		Mittelwert	(\pm SD)	Mittelwert	(\pm SD)	SH zu WH, %
ECM / ha Hauptfutterfläche, kg	3	17513	-926	11080	-639	158,1
ECM / ha LN, kg	3	12717	-201	10307	-616	123,4
NEL / kg Futter TS, MJ	3	6,58	(0,02)	6,07	(0,1)	108,4
Produktionsintensität ¹	3	2,93	(0,04)	2,42	(0,05)	121,1
ECM / kg Futter TS ² , kg	3	1,28	(0,04)	1,08	(0,03)	118,5
ECM / kg LG ^{0,75} , kg	3	61,1	(1,9)	46,6	(0,7)	131,1
Energieverwertung für die Milch ³ , %	3	64,4	(0,39)	57,1	(0,9)	112,8
Kälbermasse / ha LN, kg	3	66,8	(2,9)	80,8	(5,0)	82,7
Kraftfutter / Kuh / Laktation, kg FS	3	1094,2	(149,6)	285,2	(26,3)	383,7
Kraftfutter / kg ECM, g FS	3	131,1	(14,7)	53,9	(6,0)	248,2
Kraftfutterkosten / kg ECM, Rp	3	11,0	(1,1)	3,4	(0,7)	326,5

¹Nettoenergie Laktation (NELtotal; kg ECM \times 3,14 MJ) plus Erhaltungsbedarf (NEL_{er}; kg LG^{0,75} \times 0,293 MJ \times 365) / NEL_{er} (ALP, 2008), ²Futterverwertung, ³Anteil der Energie für die Milchproduktion in % der Gesamtenergieaufnahme.

Körperreserven täglich 4,8 kg ECM und insgesamt 539,3 kg ECM bis zum Nadir, d.h. 9,5 % der Gesamtmilchmenge. Bei der SH-Herde dauerte offenbar die Nährstoffunterversorgung nur noch kurze Zeit nach dem tiefsten Punkt des Lebendgewichtes, da 15 Tage später ein Anstieg des BCS festgestellt wurde. Hingegen stieg bei der WH-Herde der BCS erst ab dem 176. Laktationstag an. Daraus folgern wir, dass die WH-Herde ca. 12 % der Gesamtmilchmenge aus den Körperreserven produzierte. Ein Hauptgrund für diese lang andauernde Phase des Gewichtsverlustes der WH-Herde war, dass im vorliegenden Versuch die Nährstoffversorgung, insbesondere im Sommer, tief war, infolge der hohen ADF-Werte und des folglich tiefen Energiegehaltes des Grases.

Verlauf der Milchinhaltsstoffe

Der stabile Harnstoffgehalt und das durchschnittliche Fett/Eiweissverhältnis von 1,2:1 bei der SH-Herde in den untersuchten Intervallen deuten auf eine über das Jahr gleichmässige Nährstoffversorgung hin. Der hohe Harnstoffgehalt der WH-Kühe im Sommer weist auf eine unausgeglichene Nährstoffversorgung mit einem N-Überschuss hin. Dies ist erklärbar durch den tiefen Zucker- und Energiegehalt des Grases im Juli und August gegenüber im Frühling und Herbst, was sich auch auf das durchschnittliche Fett/Eiweissverhältnis auswirkte (1,1:1). Im Vergleich zu den Schweizer Rassendurchschnitten (Schweizer Holsteinzuchtverband 2011; Schweizer Braunviehzuchtverband 2011) konnten

unsere Kühe im SH-System, unter anderem durch eine ausgeglichene Fütterung, eine überdurchschnittliche Leistung in Bezug auf den Fett- und Eiweissgehalt erbringen. Die entsprechende Leistung unserer WH-Kühe war unterdurchschnittlich, da durch das Vollweidesystem das genetische Potenzial nicht ausgeschöpft werden konnte.

Vollabschlüsse und Standardlaktationen

Mit Hilfe von Futteranalysen und der Berechnung von Futterplänen konnten die Kühe der SH bedarfsgerecht gefüttert werden. Dies war der Hauptgrund für die im Vergleich zu den Rassendurchschnitten hohen Milchleistungen und Milchgehalte der SH-Kühe. Hingegen waren die Fett- und Eiweissmengen/Laktation der WH-Kühe 15 % tiefer als der Rassendurchschnitt des Braunviehs und leicht tiefer als der Rassendurchschnitt des Swiss Fleckvieh (Swiss Herdbook 2011). Gründe hierfür sind die bereits erörterte reduzierte Nährstoffzufuhr. Zudem praktizieren viele Milchproduzenten in der Schweiz während der Vegetationszeit eine Mischform aus Halbtagsweide und Fütterung im Stall, was zu einem erhöhten TS-Verzehr führt wie Kolver und Muller (1998) und Kaufmann *et al.* (2011) an Holstein-Friesian sowie Hofstetter *et al.* (2011) an Schweizer Braunvieh und Fleckvieh Kühen zeigten. Die Laktationsleistungen in kg ECM der WH-Kühe waren leicht höher als die Milchleistungen der Schweizer Kühe im Projekt «Weidekuh-Genetik» (2010) im gleichen weidebetonten Produktionssystem. In Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Urdl *et al.* ➤

(2007) waren die Hauptursachen für die Unterschiede in Milchleistung und Milchinhaltsstoffen der Herden die unterschiedliche Futter- und Energieversorgung postpartum.

Fruchtbarkeitskennzahlen

Die Dauer der Zwischenkalbezeit war bei den SH-Kühen über- und bei den WH-Kühen unterdurchschnittlich im Vergleich zu den Rassendurchschnitten. Der Besamungsindex war hoch, insbesondere bei den Kühen der SH, im Vergleich zu den Ergebnissen von Reist *et al.* (2000). Die Rastzeiten beider Herden waren tiefer als die Durchschnitte der Schweizer Milchviehrassen. In Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Butler (2005), Butler und Smith (1989) sowie Barb und Kraeling (2004) über die negative Energiebilanz pp könnte der grössere tägliche Gewichtsverlust (+250 g) innerhalb einer kürzeren Zeitspanne bei den SH-Kühen ein Grund sein für die längeren Rast- und Verzögerungszeiten im Vergleich zu den WH-Kühen.

Produktivität und Effizienz

Die Gesamtmenge an ECM je Laktation der WH-Kühe mit 6074 kg stimmte sehr gut überein mit den Ergebnissen von Kühen neuseeländischer Genetik im gleichen weidebetonten Produktionssystem (Schlussbericht Projekt «Weidekuh-Genetik» 2010). Die Futterverwertung (kg ECM/kg Futter TS) der WH-Herde lag in der Tendenz etwas tiefer als Ergebnisse der Versuche in Sorens (FR) von Schori und Münger (2010). Die mittlere Milchproduktionseffizienz der WH-Kühe (kg ECM/kg LG^{0,75}) von 46,4 stimmte sehr gut überein mit den Ergebnissen von anderen Versuchen in der Schweiz mit gleichen weidebetonten Produktionssystemen (Steiger Burgos *et al.* 2007; Schori und Münger 2010; Thomet *et al.* 2010). Ob allenfalls und inwieweit ein höherer Energieaufwand auf der Weide, infolge höherer physikalischer Aktivitäten (Kaufmann *et al.* 2011), die Effizienz der WH-Herde verändert hatte, wurde nicht untersucht. Obwohl die Produktionsintensität der SH-Herde nur 21 % höher war als diejenige der WH-Herde, produzierte die SH-Herde 31 % mehr kg ECM/kg LG^{0,75}. Die höhere Effizienz der SH-Herde war das Ergebnis der relativ grösseren Milchleistung in Bezug auf den Erhaltungsbedarf im Vergleich zu den WH-Kühen.

Die im Vollweidesystem produzierte Kälbermasse war grösser als diejenige der SH, da die WH-Herde zahlenmässig grösser war. Dieser Faktor muss aus betriebswirtschaftlichen Gründen berücksichtigt werden.

Flächenproduktivität und Kraftfutterkosten

Die Flächenproduktivität je ha HFF der SH-Herde war sehr gross, weil in der HFF die Kraftfutterfläche (27,3 %

der LN) nicht inbegriffen ist. Die durchschnittliche Milchleistung von 10307 kg/ha LN der WH-Herde war tiefer als diejenige des Versuches auf Burgrain (Steiger Burgos *et al.* 2007) und erheblich tiefer als in den Vollweidesystemversuchen der Forschungsanstalt Moorepark, Irland von McEvoy *et al.* (2009) und Curran *et al.* (2010), welche jedoch mit einer wesentlich höheren N-Düngung (+80 kg/ha) und einem beinahe doppelten Tierbesatz arbeiteten. Zudem berücksichtigten die Versuche in Moorepark, wo günstigere klimatische Bedingungen herrschen, nicht die gesamte Laktation.

Bei der SH-Herde bewegten sich die Kraftfutterkosten in einem ähnlichen Rahmen wie bei den mit den Vollkostenrechnungen ausgewerteten Talbetrieben von Haas und Höltschi (2010). Hingegen waren die Kraftfutterkosten der WH-Herde im Vergleich zu den Vollweidebetrieben in der erwähnten Untersuchung erheblich tiefer.

Schlussfolgerungen

- Bei einer Stallhaltungs-Herde mit einer Teil-Mischration und ca. 1100 kg Kraftfutter/Kuh und Laktation sind Laktationsleistungen von über 9000 kg Milch mit überdurchschnittlichen Milchgehalten möglich.
- Die hohe Produktivität der Kühe der Stallherde wurde über eine dem Bedarf angepasste Fütterung und über den Zukauf von Eiweissergänzungsfutter erreicht.
- Die hohe Produktionsintensität der Stallherde führte zu einer besseren Futter- und Energieverwertung im Vergleich zur Weideherde.
- In unserer Futterbauregion sind im Vollweidesystem mit ca. 300 kg Kraftfutter/Kuh und Laktation Laktationsleistungen von 6000 kg möglich.
- Infolge der Saisonalität des Vollweidesystems schwankten die Milchmengen und die Milchgehalte der Weideherde während des Jahres.
- Die Haltung, die Fütterung und die tiefere Produktionsintensität der Weideherde führten zu besseren Fruchtbarkeitskennzahlen im Vergleich zur Stallherde. ■

Riassunto**Confronto tra sistemi di produzione lattiera Hohenrain: alimentazione in stalla vs. pascolo - foraggio, performance ed efficienza**

Scopo di questo progetto era di confrontare, tra il 2008 ed il 2010 in un'azienda agricola mantenendo le medesime condizioni e le stesse superfici foraggere, due strategie per la produzione di latte; il sistema di pascolo (PC) completo con l'alimentazione in stalla (AS). Nel sistema di alimentazione in stalla con 15,8 ha di terreno agricolo (42,9 % GS, 18,3 % MS, 8,98% grano, 18,4 % mangime proteico, 5,8 % pascolo, 5,8 % superfici di compensazione ecologica) si sono tenute in un box 12 mucche HF e 12 mucche BS, nutrendole con una razione alimentare parzialmente mista, composta da MS, GS e PAF.

Del foraggio concentrato era somministrato, se necessario, attraverso una stazione di alimentazione. Le mucche AS hanno prodotto per lattazione con 1094 kg di FS foraggio concentrato 9607 kg ECM e per lattazione standard 675,4 kg di grasso e proteine.

Nel sistema a pascolo completo con 15,7 ha di terreno agricolo (TA) (87,2 % pascolo e terreni da fieno, 5,8 % grano, 1,0 % foraggio concentrato, 5,8 % superfici di compensazione ecologica) si sono tenute, a inizio lattazione da gennaio a marzo, 14 mucche FV e 14 mucche BS, successivamente, durante il periodo di vegetazione su un pascolo ad erba corta, suddivise su quattro parcelle. Il foraggio secco è stato raccolto durante l'estate dagli appezzamenti, ventilato nel box e distribuito *ad libitum*.

Le mucche PC hanno prodotto per lattazione con 285 kg FS di foraggio concentrato 5681 kg ECM e per lattazione standard 434,9 kg di grasso e proteine.

Il periodo di intervallo tra i parti ed il periodo fecondo (AS: 121,3 vs. PC: 85,0 giorni, $P < 0,01$) è risultato più breve per le mucche PC. La mandria AS ha prodotto 12717 kg ECM/ha TA/anno, la mandria PC 10307 kg ECM/ha TA/anno. La maggiore produttività ed efficienza della mandria AS in confronto alla mandria PC è stata raggiunta attraverso una maggiore densità di energia nel foraggio ed un apporto maggiore di nutrienti dopo il parto.

Literatur

Das Literaturverzeichnis ist beim Autor erhältlich.

Summary**Comparison of dairy farming systems: barn-keeping v pasture-based keeping – Feed, performance and efficiency**

The aim of this study was to compare barn-keeping (BK) to pasture-based-keeping (PK) systems in dairy farming. We established two herds which were kept under the same conditions and with an equal agricultural area (AA) on the same experimental farm from 2008 to 2010.

The BK herd consisted of 12 Swiss Holstein-Friesian and 12 Brown Swiss cows which were kept in a free-stall barn and fed with a part-mixed ration composed of maize silage, grass silage and protein concentrate. They were allocated 15.8 ha AA [therefore 42.9 % grass silage, 18.3 % maize silage, 8.9 % cereals (energy concentrate), 18.4 % area for protein concentrate, 5.8 % pasture, 5.8 % extensive grassland (hay)]. The concentrate was fed by a concentrate dispenser according to the requirements of each individual cow. BK cows produced 9,607 kg of energy-corrected milk (ECM) per lactation and 675,4 kg of milk fat and protein per standard lactation having been fed 1,094 kg of air-dried concentrate.

The PK herd consisted of 14 Swiss Fleckvieh and 14 Brown Swiss cows which were kept in a free-stall barn during winter time and on a semi-continuous pasture subdivided into four paddocks during the vegetation period. They were allocated 15.7 ha AA [therefore 87.2 % pasture and hay land, 5.8 % cereals, 1.0 % area for protein concentrate, 5.8 % extensive grassland (hay)]. Winter hay, harvested from the same pasture and later barn ventilated, were offered *ad libitum* in the indoor period after the calving. These cows produced 5,681 kg ECM per lactation and 434,9 kg milk fat and protein per standard lactation having been fed 285 kg of air-dried concentrate.

The calving interval and the empty time of the PK cows (BK: 121,3 v. PK: 85,0 days, $P < 0,01$) were shorter. The BK herd yielded 12,717 kg ECM/ha AA/year and the PK herd 10,307 kg ECM/AA/year. In conclusion, the productivity and the efficiency of the BK herd were higher compared to the PK herd due to the higher energy intake per kg feed and the higher nutrient intake postpartum.

Key words: dairy-farming systems, barn feeding, pasture, productivity, efficiency.