

Zuckerheu als Alternative zu Kälber-TMR in der Kälberfütterung – Effekte auf Verdaulichkeitsphysiologie mit Praxisempfehlungen

*High quality hay as alternative to concentrate-rich calf
starters – Effects on digestive physiology with practical
recommendations*

Qendrim Zebeli^{1*}, Georg Terler², Gregor Poier¹ und Fenja Klevenhusen³

Zusammenfassung

Eine frühe Entwicklung des Pansens und dessen Gesundheit ist bei Aufzucht-kälbern sehr wichtig. Dafür ist die Aufnahme von Festfutter und insbesondere die Aufnahme ausreichender Mengen an strukturreichem Grundfutter unabdingbar. All diese Prinzipien finden jedoch in der heutigen Kälberfütterung selten eine Beachtung, wobei die eingesetzten stärkereichen Starterfutter bzw. Kälber-TMR kaum bzw. wenig Struktur enthalten. Gleichwohl ist Heu ein exzellentes Grundfutter für Kälber. Ein früh geerntetes, schonend getrocknetes, und zudem grob geschnittenes Heu ist energiereich, aromatisch und strukturreich zugleich. Daher war unsere Hypothese im Projekt „HealthyCalf“, dass die Verfütterung eines hochqualitativen, schmackhaften Heus bzw. Zuckerheus sowohl die Kauaktivität und Beschäftigung als auch die Fermentation im Pansen von Aufzucht-kälbern fördern könnte. Das Projekt verfolgte das Hauptziel, den Einfluss des Einsatzes eines hoch-qualitativen bzw. zuckereichen Heus auf die Verdauungsvorgänge bei Aufzucht-kälbern zu untersuchen. Die Ergebnisse der Futteraufnahme, Nährstoffverdaulichkeit und Wachstumsrate der Kälber von Geburt bis kurz nach dem Absetzen werden separat aufgezeigt (TERLER et al. 2022). Die hier ausgeführten Ergebnisse zeigen, dass die Verfütterung eines qualitativen hochwertigen Heus die Kauaktivität und somit die Beschäftigung der Kälber fördert. Weiters verbesserte das Zuckerheu die Pansen- und Darmfermentation und somit die Versorgung der Kälber. Zusammenfassend lässt dieses Projekt den Schluss zu, dass das Zuckerheu ohne jegliche Supplementierung, wie etwa Kälberstarter, bei den Aufzucht-kälbern gefüttert werden kann und die Kauaktivität und die Funktion des Pansen-Darm-Traktes positiv beeinflusst. Allerdings ist auf die Qualitätsmerkmale des Zuckerheus bei der Gewinnung besonders zu achten. Diesbezüglich haben wir Fütterungsempfehlungen aus den Ergebnissen dieses Projektes abgeleitet und mit Kenndaten für die Praxis formuliert.

Schlagwörter: Kälberaufzucht, Heuqualität, Kraftfutter, Struktur, Entwicklung der Verdauung

Summary

An early development of the rumen and ruminal health are very important in rearing calves. For this, the intake of solid feed and, in particular, the intake of certain amounts of structure-rich forages is indispensable. However, all these

¹ Veterinärmedizinische Universität Wien, Institut für Tierernährung und funktionelle Pflanzenstoffe, Veterinärplatz 1, A-1210 Wien

² HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

³ Bundesinstitut für Risikobewertung, Abteilung Lebensmittelsicherheit, Max-Dohrn-Straße 8-10, D-10589 Berlin

* Ansprechpartner: Univ.-Prof. Dr. Qendrim Zebeli, email: Qendrim.Zebeli@vetmeduni.ac.at

principles are rarely taken into account in current calf feeding, with the common starch-rich starter feeds or calf TMRs containing little or no structure. Nevertheless, hay is an excellent staple feed for calves. An early harvested, gently dried, and also coarsely cut hay is an energy-rich, aromatic, and structure-rich feed. Therefore, our hypothesis in the HealthyCalf project was that feeding a high quality, palatable hay could promote both chewing activity and occupation, as well as fermentation in the rumen of rearing calves. The main objective of the project was to investigate the effect of using a high quality or high-sugar hay on digestive processes in rearing calves. The results on feed intake, nutrient digestibility and growth performance are shown separately (TERLER et al. 2022). The results elaborated here showed that feeding a high quality hay enhanced the calves' chewing activity and consequently their activity. Furthermore, the sugar hay improved ruminal and intestinal fermentation and thus calf nutrition. In conclusion, this project suggests that sugar hay can be fed to the rearing calves without any supplementation, such as calf starters. Moreover, it can positively influence the chewing activity and the function of the rumen-intestinal tract. However, special attention should be paid to the quality characteristics of the sugar hay during harvest and drying. In this regard, we have derived some feeding recommendations from the results of this project and formulated them with recommendations for practical use.

Keywords: calf rearing, hay quality, concentrate, physically effective fiber, gut development

Einleitung

Bei Aufzuchtkälbern spielt eine frühe Entwicklung der Kauaktivität und des Pansens eine übergeordnete Rolle. Dafür ist eine frühe Aufnahme vom Festfutter und insbesondere die Aufnahme ausreichender Mengen an strukturreichem Grundfutter unabdingbar (KHAN et al. 2016). Da aber Grundfutter weniger schmackhaft ist und die Kälberstarter besser aufgenommen werden, wird in der Praxis relativ früh (i.d.R. ab der 2.-3. Woche nach der Geburt) stärkereiches Kraftfutter als Kälberstarter angeboten. Grundfutter dagegen wird eher später angeboten und aufgrund geringerer Qualität sind die aufgenommenen Mengen zunächst eher niedrig. Mittlerweile ist bekannt, dass hohe Stärkegehalte im Futter auch bei Kälbern das Risiko für eine subakute Pansenazidose erhöhen können (TERRÉ et al. 2015, KHAN et al. 2016), genauso wie es bereits bei Milchkühen beschrieben wurde (ZEBELI und HUMER 2016). Der Grund dafür ist eine schnelle Fermentation der Stärke im Pansen bei einem gleichzeitig reduzierten Speichelfluss aufgrund einer herabgesetzten Kauaktivität. Das führt zu einer starken Akkumulation der kurzkettigen Fettsäuren (SCFA; z.B. Acetat, Propionat, Butyrat) im Pansen, die nicht ausreichend gepuffert werden können. Die Konsequenz daraus ist dann die Absenkung des pH-Wertes und eine subakute Pansenazidose.

Die SCFA sind eine wichtige Energiequelle für das Kalb, außerdem fördert Butyrat die Entwicklung des Pansenepithels (CASTELLS et al. 2013). Daher sind die SCFA per se wichtige Metabolite im Pansen und im Dickdarm des Kalbes. Es mangelt jedoch an Pufferungsvermögen im Pansen insbesondere wenn die Kauaktivität durch mangelnde Struktur im Futter niedrig ist. Unsere Hypothese im Projekt „HealthyCalf“ war daher, dass die Verfütterung eines schmackhaften Grundfutters – wie etwa ein früh geerntetes Heu – sowohl die Kauaktivität als auch die Fermentation im Pansen von Aufzuchtkälbern fördern könnte. Das Heu ist ein exzellentes Grundfutter für Kälber und fördert die Kauaktivität. Wenn das Heu früh geerntet, schonend getrocknet, und zudem grob gehäckselt wird, ist dieses energiereich, aromatisch und strukturreich zugleich (KLEEFISCH et al. 2017). Das Ziel unseres Projektes war es daher, den Einfluss des Einsatzes eines

hoch-qualitativen bzw. zuckereichen Heus auf die Verdauungsvorgänge bei Aufzucht-kälbern zu untersuchen. Diese Ergebnisse wurden bereits ausführlich in POIER et al. (2022) publiziert. In diesem Beitrag wird eine Kurzfassung der wichtigsten Ergebnisse mit besondere Praxisrelevanz dargestellt.

Material und Methoden

Versuchsgruppen

Angaben zu den Kälbern, deren Fütterung und Haltung sowie zur Zusammensetzung der Versuchsrationen und die Dauer des Fütterungsversuches sind bereits im Artikel von TERLER et al. (2022) geschildert. Kurzgefasst wurden in diesem Versuch 40 Kälber der Rasse Holstein Friesian (je 20 männlich und weiblich) auf 4 Versuchsgruppen bzw. Rationen mit jeweils 10 Kälbern/Gruppe aufgeteilt und für insgesamt 14 Lebenswochen wie folgt gefüttert:

Gruppe 1: Ration mit 100 % Zuckerheu (ZH)

Gruppe 2: Ration mit 100 % Normales Heu (NH)

Gruppe 3: Ration mit 30 % Zuckerheu plus 70 % Kälberstarter (ZH+KF) als Kälber-TMR

Gruppe 4: Ration mit 30 % Normales Heu plus 70 % Kälberstarter (NH+KF) als Kälber-TMR

Messung der physikalisch-effektiven Faser und der Kauaktivität

Der Gehalt an physikalisch-effektiver Neutral-Detergentien-Faser (peNDF) im Futter für Wiederkäuer drückt die Strukturwirkung eines Futtermittels aus (ZEBELL und HUMER 2016). Daher wurde der Gehalt an peNDF in dieser Studie berechnet. Dies erfolgte zunächst durch die Erfassung des Anteils der Partikel >8 mm in einer Schüttelbox (Model C24862N Nasco), welcher anschließend mit dem Gehalt an NDF multipliziert wurde (daher als peNDF>8 mm angegeben). Die Kauaktivität wurde in den Lebenswochen 4, 6, 10 und 12 mit Hilfe eines Kauhalters (RumiWatch System, ITIN + HOCH GmbH) gemessen. Die genaue Beschreibung der Methode ist in POIER et al. (2022) dargestellt.

Messung der Fermentation im Pansensaft und Kot

Zur Untersuchung der Pansenfermentation wurden Pansensaftproben mittels einer Schlundsonde an unterschiedlichen Lebenstagen (7, 14, 21, 35, 49, 63, 77, 91 und 98) genommen. Gleichzeitig wurden von allen Kälbern rektale Kotproben an mehreren Lebenstagen (1, 2, 3, 4, 5, 7, 14, 21, 35, 49, 63, 77, 91) gesammelt. Die Proben wurden jeweils zwei bis drei Stunden nach der morgendlichen Fütterung gesammelt. Anschließend wurde in den Proben der pH-Wert mittels einer digitalen pH-Elektrode (pH7+DHS, XS Instruments), die Konzentration an SCFA mittels Gaschromatographie (Shimadzu GC FID Detektor) und Ammoniak mittels Spektrophotometrie (Shimadzu Handels GmbH) gemessen.

Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde mit dem Statistikprogramm SAS 9.4 (SAS Inst. Inc., Cary, NC) durchgeführt. Die statistische Auswertung erfolgte mit der Prozedur MIXED und einem Modell, das die fixen Effekte Heuqualität und Kraftfutterergänzung, deren Wechselwirkung sowie die fixen Effekte Alter und Geschlecht der Tiere enthielt. Kalb innerhalb der Fütterungsgruppe wurde als zufälliger Effekt und Messungen am selben Tier zu unterschiedlichen Zeitpunkten als wiederholte Messungen berücksichtigt. Multiple Mittelwertvergleiche wurden mit dem Tukey-Test durchgeführt. Signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen wurden angenommen, wenn der p-Wert unter 0,05 lag und wurden durch unterschiedliche Hochbuchstaben gekennzeichnet.

Ergebnisse

Aufnahme an peNDF

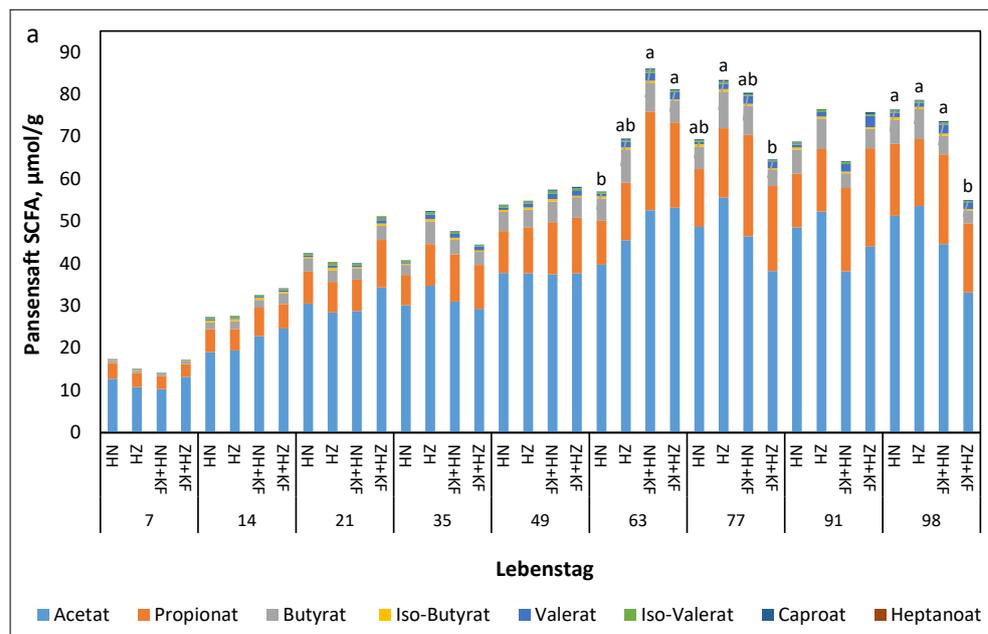
Der peNDF>8mm-Gehalt vom Zuckerheu (ZH) war geringfügig höher als beim normalen Heu (NH) und deutlich höher als bei den Kraftfuttergruppen. Durch eine verstärkte Heuaufnahme konnten die mit ZH gefütterten Kälber im Durchschnitt über 1.000 g peNDF>8mm/Tag bereits in der 12. Lebenswoche (beim Absetzen) aufnehmen, während die NH-Gruppe mit etwa 600 g peNDF>8mm/Tag zurückblieb. Die mit NH+KF und ZH+KF gefütterten Kälber konnten in dieser Zeit nur etwa 200 bzw. 400 g peNDF>8mm/Tag aufnehmen. Eine signifikant höhere Futterselektion zu mehr KF und weniger Heu war der Grund für die besonders niedrige peNDF>8mm-Aufnahme in der NH+KF-Gruppe.

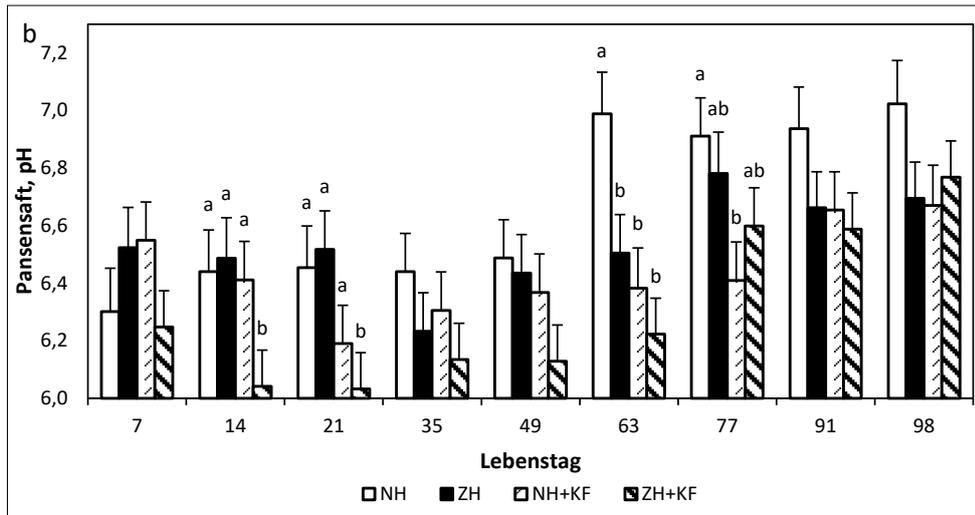
Pansenfermentation

Die SCFA im Pansensaft waren vorwiegend Acetat, Propionat und Butyrat. Bereits am Tag 7 wurden zwischen 10 und 20 µmol SCFA/g Pansensaft gemessen. Das Maximum an SCFA war an den Tagen 63 und 77 (bis 80 µmol/g) zu beobachten (Abbildung 1a). Ab dem Tag 49 enthielt der Pansensaft von nur mit Heu gefütterten Kälbern prozentual mehr Acetat, wobei die Heuqualität das Verhältnis nicht beeinflusste. Die zusätzlich mit Kraftfutter gefütterten Kälber hingegen hatten mehr Propionat im Pansensaft. Dieser Unterschied war ab Tag 77 besonders ausgeprägt. Besonders interessant war der signifikant höhere Butyrat-Anteil ab dem Tag 63 in der ZH-Gruppe.

Der pH-Wert im Pansen ist ein wichtiger Indikator für das Auftreten von Pansenazidose. In den ersten 49 Lebenstagen lag der pH-Wert im Durchschnitt zwischen 6,28 und 6,41. Nur der pH-Wert der ZH+KF-Gruppe war an den Tagen 14 und 21 signifikant niedriger (Abbildung 1b). Danach konnte man eindeutig erkennen, dass die Gruppe mit normalem Heu die höchsten pH-Werte hatte, welche an den Tagen 63 und 77 signifikant höher waren als in den anderen Fütterungsgruppen. Die Gruppen mit Kraftfutter wiesen hingegen, unabhängig von der Heuqualität, die niedrigsten pH-Werte auf. Man konnte auch beobachten, dass sich mit zunehmender Festfutteraufnahme der pH-Wert erhöhte. Die Ammoniakkonzentration im Pansen stieg bis Tag 21 auf ein Maximum von ca. 25 mg/100 ml und nahm im weiteren Versuchsverlauf wieder ab (Ergebnisse nicht

Abbildung 1: Kurzkettige Fettsäuren (SCFA) (a) und pH-Wert (b) im Pansensaft bezogen auf die Lebens-tage der Kälber der verschiedenen Versuchsgruppen (NH = normales Heu, ZH = Zuckerheu, KF = Kraftfutter). Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) zwischen den Gruppen innerhalb eines Zeitpunkts



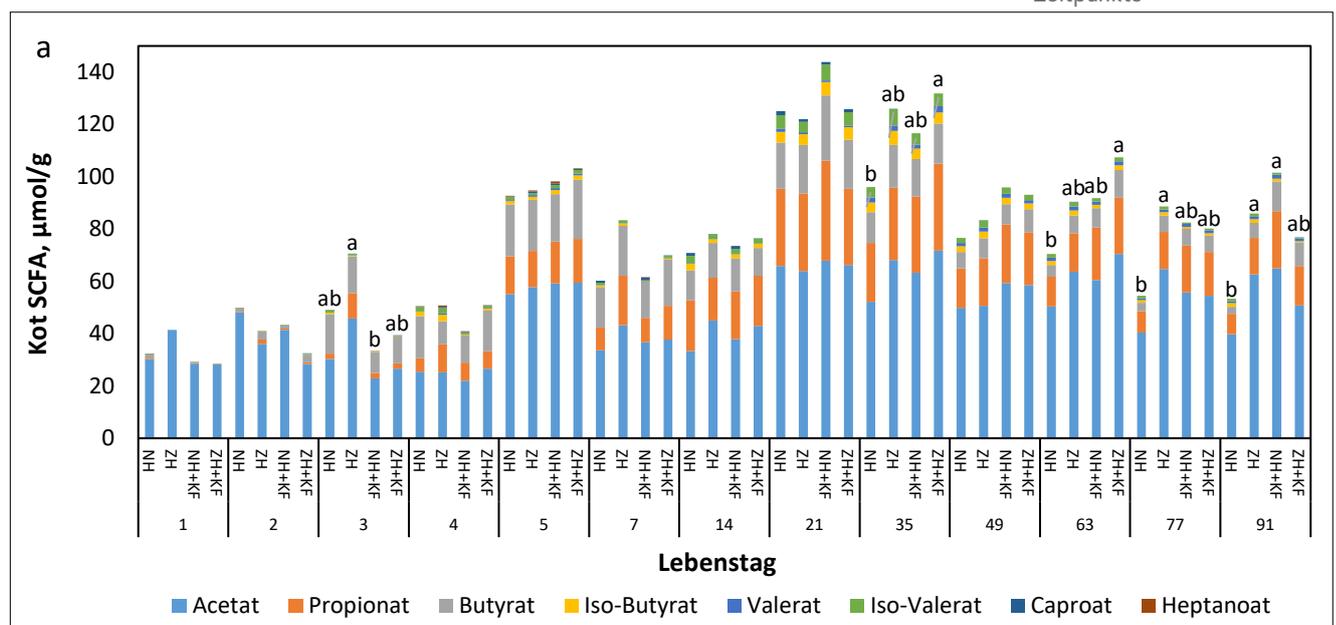


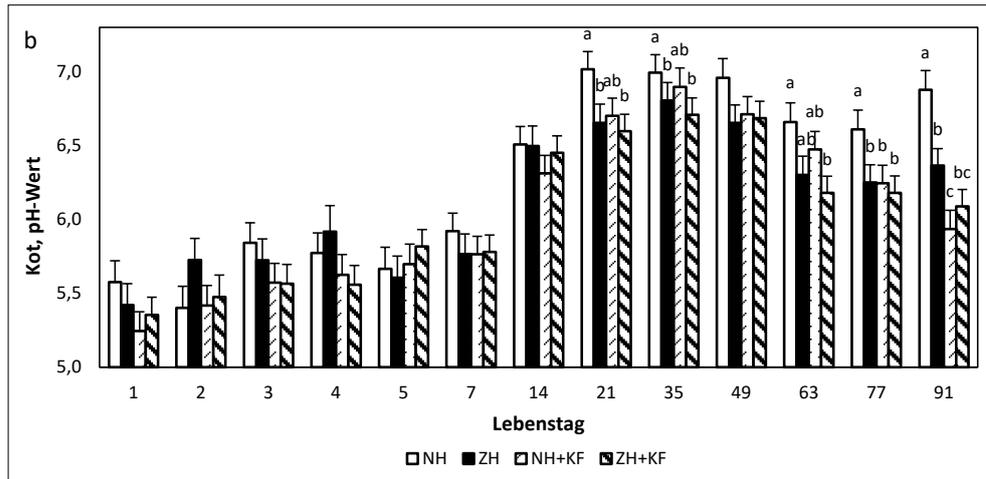
gezeigt). Nur am Tag 14 hatten die NH+KF-Kälber signifikant weniger Ammoniak im Pansen als die Kälber der anderen Gruppen. An den anderen Tagen war kein signifikanter Unterschied festzustellen, wobei ab dem Tag 35 die mit ZH gefütterten Kälber die numerisch höchsten Ammoniak-Werte aufwiesen.

Fermentationsparameter im Kot

Bei jungen Kälbern nimmt die Fermentation im Dickdarm aufgrund einer unzureichenden Pansenfermentation eine wichtige Rolle ein. Daher wurde in diesem Versuch auch die Fermentationsprodukte im rektalen Kot untersucht. Die Ergebnisse zeigten ähnlich zum Pansensaft, dass auch im Kot vorwiegend Acetat, Propionat und Butyrat als SCFA zu finden waren (Abbildung 2a). Interessant war, dass bereits am Tag 1 (Mekonium) SCFA-Gehalte bis zu 35 $\mu\text{mol/g}$ vorlagen (hauptsächlich Acetat). Die SCFA-Gehalte stiegen in absoluten Zahlen kontinuierlich bis Tag 21 (129 $\mu\text{mol/g}$) an und nahmen danach wieder ab. Ab Tag 35 waren bei der NH-Gruppe die niedrigsten SCFA-Gehalte im Kot zu beobachten (signifikant an den Tagen: 35, 63, 77 und 91). Die ZH-Gruppe und die KF-Gruppen hatten ähnliche SCFA-Gehalte im Kot. Prozentual war an den ersten beiden Lebenstagen

Abbildung 2: Konzentration der kurzkettigen Fettsäuren (SCFA; a) und pH-Wert (b) im Kot bezogen auf die Lebens-tage aller Kälber der ver-schiedenen Versuchsgruppen (NH = normales Heu, ZH = Zuckerheu, KF = Kraftfutter). Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unter-schiede ($p < 0,05$) zwischen den Gruppen innerhalb eines Zeitpunkts





hauptsächlich Acetat zu finden. Ab Tag 3 stieg der Anteil an Butyrat, welcher bis zum Versuchsende wieder geringer wurde. Im Gegenteil dazu war der Anteil an Propionat am Tag 3 gering und stieg bis Versuchsende an. Ab Tag 49 war Acetat prozentual höher bei Kälbern mit reiner Heufütterung, während bei den zusätzlich mit KF gefütterten Kälbern die Anteile an Propionat und Butyrat höher waren.

Die Daten des pH-Wertes zeigten, dass der Kot-pH-Wert anfangs niedriger als der Pansen-pH-Wert war. Allerdings stieg der pH-Wert bei den Kälbern aller Gruppen in der ersten Lebenswoche kontinuierlich an, danach gab es einen stärkeren Anstieg bis Tag 14 und ab Tag 21 hatten die NH-gefütterten Kälber den signifikant höchsten Kot-pH-Wert. (Abbildung 2b). Die mit ZH und die zusätzlich mit KF gefütterten Kälber hatten immer annähernd ähnliche Werte. Die höchsten Werte wurden an Tag 21 und 35 festgestellt, danach sank der pH-Wert wieder, bei den mit KF gefütterten Kälber stärker als bei der NH-Gruppe.

Kauaktivität

Bereits ab der 6. Woche zeigten die Kälber eine nennenswerte Wiederkauaktivität. Die Wiederkauaktivität beider Gruppen mit reiner Heufütterung war höher (Tabelle 1). Die ZH-Gruppe zeigte die längste Wiederkauzeit und auch die meisten Wiederkauboli/Tag in Lebenswoche 12. Die Kälber mit Kraftfutterzusatz verbrachten deutlich weniger Minuten pro Tag mit der Futteraufnahme.

Tabelle 1: Kauaktivität der Kälber in den verschiedenen Fütterungsgruppen

Parameter	Woche	Fütterungsgruppen ¹				SEM
		NH	ZH	NH+KF	ZH+KF	
Wiederkauen min/Tag	4	118	28	10	69	46
	6	215	197	200	206	45
	10	427	412	331	375	43
	12	539 ^{ab}	591 ^a	430 ^b	430 ^b	43
Fressen min/Tag	4	118 ^a	48 ^b	37 ^b	66 ^b	19
	6	130	111	109	97	18
	10	183 ^a	177 ^a	122 ^b	121 ^b	18
	12	219 ^a	168 ^b	182 ^{ab}	128 ^c	18

¹ NH = normales Heu, ZH = zuckerreiches Heu, KF = Kraftfutter

Unterschiedliche Hochbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) zwischen den Gruppen

Diskussion

Aufgrund des hohen Gehalts an wasserlöslichen Kohlenhydraten und niedrigen Gehalts an NDF geht man davon aus, dass das zuckerreiche Heu kaum Struktur besitzt und somit die Kauaktivität nicht fördert. Jedoch zeigen unsere Ergebnisse, dass der niedrige NDF-Gehalt sehr gut durch eine erhöhte NDF-Aufnahme kompensiert werden kann, was letztendlich zur einer signifikant erhöhten $peNDF > 8$ mm-Aufnahme bei mit ZH gefütterten Kälbern führte. Daraufaufgehend zeigten diese Kälber ab Woche 12 eine höhere Wiederkauaktivität. Wichtig ist jedoch dabei, dass das Heu nicht zu kurz geschnitten wird. Im aktuellen Versuch wurde darauf geachtet, dass die Partikellänge des Heus zumindest 4 cm beträgt. Die Bedeutung der $peNDF$ ist bisher nur bei Milchkühen bzw. Mastrindern beschrieben worden (ZEBELI und HUMER 2016). Die enge Korrelation der $peNDF$ -Aufnahme mit der Kauaktivität bei Aufzuchtälbern dieser Studie macht deutlich, dass auch die Aufzuchtälber einen $peNDF$ -Bedarf haben.

Das Auftreten eines relativ hohen Gehalts an SCFA ($30 \mu\text{mol/g}$) im Mekonium aller 40 Kälber deutet auf eine bakterielle Besiedlung des fötalen Darms des Kalbes und den Beginn einer Essigsäure-bildenden Fermentation im Verdauungstrakt des Kalbes bereits in der späten Phase der Trächtigkeit hin. Ab der 2. Lebenswoche verbesserte die Heuaufnahme den pH-Wert im Pansen zunächst unabhängig von der Heuqualität, was mit der numerisch geringeren Konzentration an SCFA im Pansensaft zusammenhängen kann. Die verlängerte Fresszeit bei den mit Heu gefütterten Gruppen wirkte sich zudem vermutlich positiv auf den Speichelfluss aus und erhöhte somit die Pufferkapazität im Pansen. Allgemein war der pH-Wert im Kot in den ersten Wochen niedriger als im Pansen, was durch eine stärkere Fermentation der Milch im Dickdarm erklärt werden kann und durch eine höhere Gesamtkonzentration an SCFA im Kot im Vergleich zur Pansenflüssigkeit. Die Ergebnisse unterstreichen die Theorie, dass die Dickdarmfermentation unabhängig von der Zufuhr fester Futtermittel eine wichtige Rolle bei der Versorgung der Kälber mit SCFA spielt.

Der Anteil an Essigsäure und Buttersäure an den Gesamt-SCFA im Pansen war bei reiner Heufütterung höher als bei Fütterung der Heu-Kraftfuttermischungen. Vor allem Buttersäure kommt in der Kälberfütterung eine besondere Bedeutung zu, da sie das Wachstum der Pansenzotten stimuliert und somit die Pansenentwicklung fördert. Ab Tag 63 waren sowohl die absolute Buttersäureproduktion als auch der Anteil der Buttersäure an den Gesamt-SCFA in der Zuckerheu-Gruppe am höchsten. Somit kann daraus abgeleitet werden, dass sich die Fütterung von Zuckerheu auch positiv auf die Pansenentwicklung auswirkt.

Praxisempfehlung für eine ZH-basierte Fütterungsstrategie

Die Ergebnisse unserer Forschung lassen eine Umsetzung der reinen ZH-Fütterung an Kälber in der Praxis zu. Jedoch sind bei der Umsetzung dieser alleine auf ZH basierten Fütterungsstrategie in die Praxis einige Punkte zu berücksichtigen:

1. Eine ausreichende Kolostrumgabe sofort nach der Geburt, aber zumindest wenige Stunden danach, ist für die Immunisierung des Kalbes und die erste Versorgung mit wertvollen Nährstoffen sehr wichtig. Wir empfehlen deshalb, dass die Kälber mindestens 2,5 Liter frisch ermolkenes Kolostrum innerhalb der ersten 6 h nach der Geburt bekommen.
2. Die Verfütterung einer leicht angesäuerten Vollmilchtränke *ad libitum* für die ersten 3-4 Lebenswochen ist zu empfehlen (Abbildung 3a), auch wenn diese den Tränkemilchbedarf geringgradig erhöht. So ist zu erwarten, dass bei einer *ad libitum* Milchgabe die tatsächlich aufgenommene Milchmenge von üblicherweise etwa 8 L am Ende der ersten Woche auf etwa 11 L/Tag am Ende der 4. Woche steigen kann, was einer gesamten Milchaufnahme pro Kalb von etwa 260-270 L in den ersten 4 Wochen entspricht. Die erhöhte Milchmenge führt zur einer temporären

Steigerung der Wachstumsrate von etwa 600 auf fast 1.000 g/Tag in der 4. Woche (*Abbildung 3b*). Bei der *ad libitum* Fütterung ist besonders darauf zu achten, dass die Kälber permanent freien Zugang zu der Tränke haben, damit sie nicht mehr aufnehmen als der Aufnahmekapazität ihres Labmagens entspricht. Sonst kann es zum Rückfluss der Milch in den Pansen und damit einhergehend zu einer Fehlgärung und Pansenübersäuerung kommen.

3. Auch wenn die Kälber zunächst nur wenig Wasser trinken, ist auf eine frische Wasserversorgung von Beginn an zu achten (mindestens 1 L pro Tag). Ab der 8. Lebenswoche steigt mit der Festfutterraufnahme auch der Wasserverbrauch stetig, so dass bis zu 15 L Wasser/Tag aufgenommen werden können. Das Wasser ist immer frisch vorzulegen und soll eine gute Tränkqualität besitzen.
4. Nach der 3.-4. Lebenswoche kann die Milch in reduzierter Menge vorgelegt werden und bis zur 12. Lebenswoche kontinuierlich reduziert werden (*Abbildung 3a*). Milchkosten sind die größten Futterkosten bei mit Milch gefütterten Aufzuchtkälbern (laut unseren Berechnungen in etwa **190-200 €/Kalb**; *Tabelle 2*). Wie in der *Tabelle 2* dargestellt, nahmen die ZH-Kälber durchschnittlich 13 kg bzw. 32 kg mehr Milch als ZH+KF- bzw. NH-Kälber auf, jedoch knapp 7 L weniger als die NH+KF-Gruppe.
5. Durch die Reduzierung der Milchmenge sollen nicht nur die Futterkosten reduziert, sondern vor allem die Heuaufnahme stimuliert werden, auch wenn das zunächst mit einem Rückgang der Wachstumsrate auf unter 600 g/Tag in der 8. Woche einhergeht (*Abbildung 3b*). Durch die Erhöhung der ZH-Aufnahme und zugleich Entwicklung des Pansen- und Darmfermentationsvermögens steigt ab der 8. Woche die ME-Aufnahme rasch und damit auch die Zuwachsrate der Kälber (*Abbildung 3b*), so dass die mit ZH gefütterten Kälber eine Zuwachsrate von etwa 1.000 g/Tag bereits vor dem Absetzen erreichen. Unsere Ergebnisse deuten hier darauf hin, dass **eine komplette Absetzung auch mit 10-11 Wochen möglich sein dürfte**, vorausgesetzt, die ZH-Aufnahme von >1 kg TM/Tag wird erreicht. Weitere Untersuchungen sind hier nötig.
6. Heu ist nicht gleich Heu (RESCH 2019)! Das Zuckerheu für Kälber sollte ein geschmackvolles, aromatisches Heu sein, geerntet in der frühen Ähren- und Rispenstadiumphase mit max. 46 % NDF, etwa 18-20 % wasserlöslichen Kohlenhydraten (etwa 11 MJ ME/kg TM) und ca. 19-21 % XP. Das unterdachgetrocknete Heu hat eine kurze Feldliegezeit und behält sein Aroma und die grüne Farbe bei. Das führt einerseits zu geringeren Verlusten an Zucker und weiteren wertvollen Nährstoffen, andererseits bleibt das Heu dadurch weich und zart und benötigt in der Regel keine Nachzerkleinerung. Die Partikelgröße wirkt sich positiv auf die Aufnahme an $p\text{NDF}>8\text{mm}$ aus, trotz eines geringeren NDF-Gehalts als im herkömmlichen Heu.
7. Laut der 1. Tierhaltungsverordnung muss den Kälbern erst ab der 2. Lebenswoche Heu mit ausreichendem Rohfasergehalt in steigenden Mengen so zur Verfügung gestellt werden, dass die Mindestmenge für acht Wochen alte Kälber 50 g und für 20 Wochen alte Kälber 250 g beträgt. Die gesamte aufgenommene ZH-Menge lag in den ersten vier Wochen bei etwa 1 kg/Kalb/4 Wochen erwartungsgemäß niedrig. Es ist aber wichtig, den Kälbern von Anfang an kleine Mengen (etwa 100-300 g täglich) frisches Heu vorzulegen. Selbst die zu Beginn sehr kleinen aufgenommenen Mengen können das Erlernen von Heu-Aufnahme positiv stimulieren. Ab der 5. Woche verdreifachte sich die wöchentlich aufgenommene Heumenge und stieg auf etwa 11 kg/Woche/Kalb in der 11. Woche an, was sich positiv auf die Entwicklung der Kauaktivität, Pansen-Darm-Fermentation und das Wachstum auswirkte.
8. Unseren Ergebnissen zur Folge betrug der Heuverbrauch bis zum Ende der 14. Woche etwa 104 kg/Kalb. Füttert man dagegen Kälberstarter und Heu, sind pro Kalb etwa 70-82 kg Kälberstarter und etwa 32-42 kg Heu notwendig (*Tabelle 3*). Rechnet man einen **österreichischen Milchviehbetrieb mit 100 Aufzuchtkälber** (pro Jahr) hoch, wäre eine ZH-Menge von etwa 10,5 Tonnen für eine alleinige ZH-Fütterung notwendig. Dabei verzichtet man auf etwa 8 Tonnen Kälberstarter. Vergleicht man die Futterkosten der ZH-Gruppe mit denen der mit KF gefütterten Gruppen, fallen die

Kosten der ZH-Kälber viel geringer aus, zum Teil bis zur Hälfte weniger (Tabelle 3). Dazu kommt, dass das Heu lokal bzw. regional erworben werden kann. Allerdings muss beachtet werden, dass sowohl die Kosten für das Zuckerheu als auch für das Kraftfutter je nach Verfügbarkeit stark schwanken können.

9. In der 14. Lebenswoche werden durchaus tägliche Aufnahmen von mehr als 3 kg ZH/Tag erreicht, was ME-Aufnahmen von rund 35 MJ/Tag entspricht. Dadurch steigen die täglichen Zunahmen in der 14. Lebenswoche auf bis zu 1.300 g/Tag und im Durchschnitt erreichen die Kälber eine Zuwachsrate von 850 g/Tag von Geburt bis Ende der 14. Lebenswoche (Abbildung 3b). Ein schnelles Wachstum der Kälber nach dem Absetzen ist nicht nötig und kann zum Teil auch zur Euterverfettung führen. Daher könnte ab der 13. Woche eine Mischung aus normalem Heu und gutem Heu gefüttert werden (etwa 10 MJ ME/kg TM), bzw. auch auf eine gute Anwelksilage umgestiegen werden. Dabei ist aber zu beachten, dass der XP-Gehalt des Futters mind. 15-16 % beträgt. Die Tageszunahmen von etwa 1.000-1.100 g sollten nach dem Absetzen nicht überschritten werden. Auch das Thema der Heufütterung um die Zeit des Absetzens sollte in einer weiteren Untersuchung erforscht werden.
10. Es ist auch zu betonen, dass die Kälber der ZH-Gruppe keinerlei Supplementierung erhielten, anders als die Kälber der NH+KF- und ZH+KF-Gruppe, die eine Mineral-Vitaminsupplementierung bekamen. Die Daten der Fleischqualität und -Nährstoffgehalte (inkl. der Spurenelemente; Ergebnisse nicht hier gezeigt) sowie die Zuwachsraten, die sich kaum von den entsprechenden Daten der KF-Gruppen unterschieden, lassen die Vermutung nahe, dass die Milchversorgung und das Zuckerheu eine ausreichende Mineralstoff-, Spurenelement- und Vitaminversorgung sicherten. Erfahrungsgemäß enthält das Zuckerheu etwa 6 g Ca, 3,8 g P, 2 g Mg, 2 g Na pro kg TM und durchaus hohe Gehalte an den Spurenelementen Fe, Mn, Zn und Cu sowie an β -Carotin und Vitamin E. Der Gehalt an Se und Jod ist erwartungsgemäß im Heu niedrig und beide Elemente wurden im Fleisch nicht untersucht. Da kein Kalb Symptome eines Se- bzw. Jod-Mangels zeigte, ist zu erwarten, dass durch eine ausreichende Versorgung der Kühe mit Se und Jod die Versorgung der Kälber über Milch gesichert werden konnte. Für die Praxis ist trotzdem empfehlenswert, den Kälbern Zugang zu Mengen- und Spurenelementen zu ermöglichen (z.B. Lecksteine oder Leckmassen). In einer weiteren Untersuchung sollte jedoch die Versorgung der Kälber durch Zuckerheu mit Mineralstoffen und Spurenelementen untersucht werden.

Tabelle 2: Wöchentlicher (in L/Kalb/Woche) und gesamter Milchverbrauch bis zum Absetzen sowie die geschätzten entsprechenden Tränkekosten aller 4 Gruppen (€/Kalb/Woche)

Lebenswoche	NH	ZH	NH+KF	ZH+KF
1	48,5	55,4	57,0	56,3
2	58,5	65,8	63,8	56,3
3	63,8	71,4	75,0	70,2
4	67,0	75,4	79,3	73,2
5	54,7	55,8	56,0	55,4
6	55,8	55,7	56,0	55,4
7	49,0	49,0	49,2	48,9
8	42,0	42,1	42,0	41,9
9	35,1	35,2	35,1	35,2
10	28,0	28,1	28,0	28,0
11	20,8	21,0	20,8	20,9
12	14,1	14,1	14,1	14,1
Gesamtmenge, L/Kalb	537	569	576	556
Tränkekosten¹	177 €	188 €	190 €	183 €

NH = normales Heu, ZH = Zuckerheu, KF = Kraftfutter

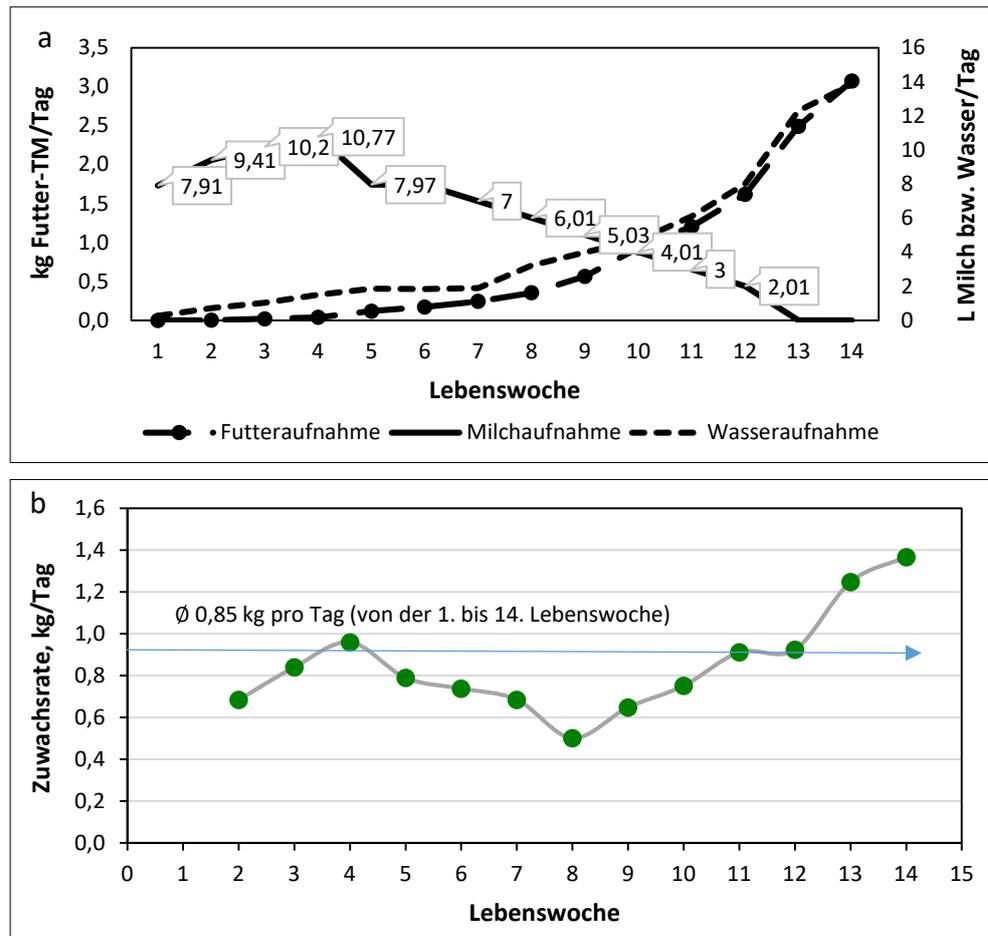
¹Angenommener Milchpreis von 0,33 €/L

Tabelle 3: Wöchentlicher (in kg/Kalb/Woche) und gesamtter Verbrauch von Heu bzw. Heu und KF in allen 4 Gruppen mit geschätzten entsprechenden Futterkosten aller 4 Gruppen (€/Kalb/Woche)

Lebenswoche	NH	ZH	NH+KF			ZH+KF		
			NH	KF	NH+KF	ZH	KF	ZH+KF
1	0,06	0,03	0,04	0,06	0,10	0,05	0,08	0,12
2	0,11	0,04	0,06	0,07	0,13	0,07	0,13	0,20
3	0,24	0,26	0,18	0,18	0,36	0,17	0,31	0,48
4	0,55	0,43	0,36	0,23	0,59	0,30	0,33	0,63
5	1,18	1,32	0,43	0,57	1,00	0,53	0,58	1,12
6	1,32	1,85	0,74	0,91	1,66	0,68	0,57	1,25
7	2,01	2,54	1,32	1,56	2,88	1,17	1,00	2,17
8	3,77	3,67	1,96	2,47	4,43	2,02	1,51	3,53
9	5,29	5,63	2,37	4,65	7,02	3,05	2,97	6,01
10	7,25	9,13	3,18	6,83	10,01	4,16	4,86	9,02
11	10,17	11,30	3,84	10,40	14,24	5,34	8,09	13,43
12	13,86	15,40	4,32	13,16	17,49	6,33	10,25	16,57
13	17,99	23,56	6,23	18,93	25,16	8,19	16,10	24,29
14	20,41	28,63	6,50	22,38	28,89	9,54	18,86	28,40
Summe	84	104	32	82	114	42	66	107
Kosten	11 €	23 €	4 €	37 €	41 €	9 €	30 €	39 €

NH = normales Heu, ZH = Zuckerheu, KF = Kraftfutter (angenommene Preise pro Tonne Futter: NH = 135 €, ZH = 220 €, KF = 450 €)

Abbildung 3: Täglich aufgenommene Wassermenge in Liter pro Tag, Milchmenge in kg pro Tag und Festfutteraufnahme in kg TM pro Tag (a) und die tägliche Wachstumsrate (b) bezogen auf die Lebenswoche der Kälber mit Zuckerheufütterung (ZH)



Schlussfolgerung

Die Ergebnisse dieses Forschungsprojekts zeigen, dass die Verfütterung eines qualitativ hochwertigen Heus die Kauaktivität und somit die Beschäftigung der Kälber fördert. Weiters verbessert das Zuckerheu die Pansen- und Darmfermentation. Zusammenfassend lässt dieses Projekt den Schluss zu, das Zuckerheu ohne jegliche Supplementierung, wie etwa Kälberstarter, bei den Aufzuchtkälbern gefüttert werden kann, ohne dabei Einbußen in den Nährstoffaufnahmen und täglichen Zunahmen befürchten zu müssen, während die Kauaktivität und die Funktion des Pansen-Darm-Traktes nur positiv beeinflusst werden können. Allerdings ist auf die Qualitätsmerkmale des Zuckerheus bei der Gewinnung besonders zu achten. Diesbezüglich haben wir einige Empfehlungen für die Praxis abgeleitet.

Danksagung

Die Autoren danken der ARGE Heumilch (Obmann: Karl Neuhofer) für die Bereitstellung des Zuckerheus und dem Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus für die Finanzierung des Forschungsprojekts, Suchitra Sharma und Anita Dockner (Vetmeduni) für die Durchführung der Laboranalysen, Daniel Eingang, Anna Maria Schmied und Helene Zamberger (Raumberg-Gumpenstein) für die Durchführung der Fütterungsversuche und Herrn PD Dr. Björn Kuhla (Leibniz Institute for Farm Animal Biology, Dummerstorf) für die Bereitstellung der RumiWatch-Halfter.

Literatur

CASTELLS, L., A. BACH, A. ARIS und M. TERRÉ, 2013: Effects of forage provision to young calves on rumen fermentation and development of the gastrointestinal tract. *J. Dairy Sci.* 96, 5226-5236.

KHAN, M.A., A. BACH, D.M. WEARY und M.A.G. VON KEYSERLINGK, 2016: Invited review: Transitioning from milk to solid feed in dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 99, 885-902.

KLEEFISCH, M.-T., Q. ZEBELI, E. HUMER, I. KRÖGER, P. ERTL und F. KLEVENHUSEN, 2017: Effects of the replacement of concentrate and fibre-rich hay by high-quality hay on chewing, rumination and nutrient digestibility in non-lactating Holstein cows. *Arch. Anim. Nutr.* 71, 21-36.

POIER, G., G. TERLER, F. KLEVENHUSEN, S. SHARMA und Q. ZEBELI, 2022: Replacing concentrates with a high-quality hay in the starter feed of dairy calves: II. Effects on the development of chewing and gut fermentation, and selected systemic health variables. *J. Dairy Sci.*, in press, <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21346>.

RESCH, R., 2019: Heuqualität auf österreichischen Praxisbetrieben unter besonderer Berücksichtigung der Feld- und Lagerpilzflora. 46. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 111-132.

TERLER, G., G. POIER, F. KLEVENHUSEN und Q. ZEBELI, 2022: Zuckerheu als Alternative zu Kälber-TMR in der Kälberfütterung – Effekte auf Futteraufnahme und Tageszunahme. 49. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 75-84.

TERRÉ, M., L. CASTELLS, M.A. KHAN und A. BACH, 2015: Interaction between the physical form of the starter feed and straw provision on growth performance of Holstein calves. *J. Dairy Sci.* 98, 1101-1109.

ZEBELI, Q. und E. HUMER, 2016: Ausreichend Struktur in der Milchviehration? Von der Bewertung zur adäquaten Versorgung. 43. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 21-27.