

## Mais-Stangenbohnen-Silage: Siliereigenschaften und Eignung für die Milchviehfütterung

### *Maize/pole-bean silage: fermentability and suitability for dairy cattle feeding*

Elisabeth Gerster<sup>1\*</sup>, Annette Jilg<sup>1</sup>, Daniel Brugger<sup>2</sup> und Thomas Jilg<sup>3</sup>

#### Zusammenfassung

In zwei aufeinanderfolgenden Jahren (2018 und 2019) wurde ein Mais-Stangenbohnen-Gemenge im Vergleich zu Silomais angebaut. Das Gemenge wurde auf seine Siliereignung und nach dem Silierprozess auf seine Eignung zur Fütterung von Milchvieh untersucht. Die Siliereignung wurde mittels Laborsiloversuch und regelmäßigem Silocontrolling an den Futterstöcken geprüft. Die Ergebnisse zur Fütterungseignung wurden durch zwei Fütterungsversuche (Cross-Over-Design) mit je 32 Fleckviehmilchkühen gewonnen. Beim Ernteertrag wurde kein nennenswerter Unterschied zwischen Silomais (181 dt Trockenmasse (TM) \* ha<sup>-1</sup>) und Gemenge (177 dt TM \* ha<sup>-1</sup>) festgestellt. Das Gemenge hatte eine vergleichbar gute Siliereignung wie Silomais. Nach dem Öffnen bestand bei Mais-Stangenbohnen-Silage, wie bei Maissilage, eine Nacherwärmungsgefahr. Es wurde sowohl mit Maissilage (22,8 kg TM und 31,9 kg Milch \* Tag<sup>-1</sup>) als auch mit Mais-Stangenbohnen-Silage (22,6 kg TM und 31,7 kg Milch \* Tag<sup>-1</sup>) eine hohe Futteraufnahme und eine hohe Milchleistung erreicht. Dass in der Mais-Stangenbohnen-Silage kein Phasin nachgewiesen wurde, ist erfreulich. Die erhoffte Einsparung von Eiweißkraftfutter bestätigte sich nicht, weil die Rohprotein (XP)-Konzentration in der Mais-Stangenbohnen-Silage nur wenig höher lag (3 bis 9 g \* kg<sup>-1</sup> TM) als in der Maissilage. Mais-Stangenbohnen-Silage eignet sich gut für die Silierung und die Milchviehfütterung. Die Hauptvorteile des Gemengeanbaus liegen im pflanzenbaulichen und agrarökologischen Bereich.

Schlagwörter: Mais-Stangenbohnen-Gemenge, Rohprotein, Phasin, Nacherwärmung, Milchleistung

#### Summary

In two consecutive years (2018 and 2019), a maize/pole-bean intercrop was grown in comparison to silage maize. The intercrop was evaluated for fermentability and, after ensiling, for its suitability for dairy cattle feeding. The fermentability was tested using laboratory silage trials and regular silage monitoring at the bunker silos. The results on the suitability for dairy cattle feeding were obtained by two feeding trials (cross-over design) with 32 German Fleckvieh cows each. No considerable difference was detected in the harvest yield between silage maize (181 dt dry matter (dm) \* ha<sup>-1</sup>) and intercrop (177 dt dm \* ha<sup>-1</sup>). The intercrop fermented as well as the silage maize. After opening, maize/pole-bean silage, like maize silage, was at risk of reheating. High feed intake and high milk yield were achieved with both maize silage (22.8 kg dm and 31.9 kg milk \* day<sup>-1</sup>) and

<sup>1</sup> Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW), Atzenbergerweg 99, D-88326 Aulendorf

<sup>2</sup> Universität Zürich, Vetsuisse-Fakultät, Institut für Tierernährung und Diätetik, Winterthurerstrasse 270, CH 8057 Zürich

<sup>3</sup> a.D., ehemals Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW), Atzenbergerweg 99, D-88326 Aulendorf

\* Ansprechpartner: Dr. Elisabeth Gerster, email: elisabeth.gerster@lazbw.bwl.de

maize/pole-bean silage (22.6 kg dm and 31.7 kg milk \* day<sup>-1</sup>). Fortunately, no phasin was identified in the maize/pole-bean silage. The desired saving of protein concentrate was not confirmed, because the crude protein concentration in the maize/pole-bean silage was only slightly higher than in the maize silage (plus 3 to 9 g \* kg<sup>-1</sup> dm). Maize/pole-bean silage is well suited for ensiling and dairy cattle feeding. The main advantages of the intercropping are related to crop cultivation and agroecology.

Keywords: maize/pole-bean intercrop, crude protein, phasin, reheating, milk yield

## Einleitung

Der Anbau von Mais im Gemenge mit Bohnen und Kürbis ist als Milpa bekannt, wurde schon von den Maya praktiziert und hat in Mittelamerika bis heute Tradition. Der Gemengeanbau von Mais und Gartenbohne (*Phaseolus vulgaris*) ist zunächst aus agrarökologischen Gründen interessant. Zum agrarökologischen Potential des Gemenges zählen die Stickstoff-Fixierung durch die Bohne als Leguminose, der Bodenschutz durch die bessere Durchwurzelung und die Stärkung der floristischen und faunistischen Artenvielfalt (siehe *Abbildung 1*).

Abbildung 1: Mais-Stangenbohnen-Gemenge vor der Ernte 2018 (Foto: A. Jilg, LAZBW)



Für die Milchviehfütterung könnte die höhere XP-Konzentration einer Mais-Stangenbohnen-Silage von Interesse sein. Maissilage zeichnet sich durch eine hohe Energiekonzentration, kombiniert mit einer geringen XP-Konzentration aus. Das hat eine deutlich negative Ruminale-Stickstoffbilanz (RNB) des Futtermittels zur Folge. Nimmt Maissilage 50 % oder mehr in der Grobfuttertrockenmasse einer Milchviehration ein, erfordert das den Ausgleich mit Eiweißkraftfutterkomponenten. Der Zukauf von Eiweißkraftfutter belastet die Stickstoff-Hoftorbilanz und den Geldbeutel.

Am Landwirtschaftlichen Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW), Standort Aulendorf, wurde deshalb die Eignung von Mais-Stangenbohnen-Gemenge für die Silagebereitung und die Milchviehfütterung in zwei aufeinanderfolgenden Jahren untersucht.

## Material und Methoden

Im Jahr 2018 und 2019 wurden je 4,5 ha der Silomaissorte Figaro (9 Körner \* m<sup>-2</sup>) in Reinanbau produziert. Die Anbaufläche des Gemenges mit der Silomaissorte Figaro (8 Körner \* m<sup>-2</sup>) und der Stangenbohne (*Phaseolus vulgaris*) WAV 512 (4 Körner \* m<sup>-2</sup>) betrug 2018 4,5 ha und 2019 4,7 ha. Die Aussaat erfolgte mit einer Einzelkornsämaschine. Zwischen den Reihen wurde im Anbaujahr 2018 ein Abstand von 75 cm gewählt. Im Anbaujahr 2019 war der Reihenabstand mit 50 cm enger. Zwei Tage nach der Aussaat wurde eine Herbizid-Vorlauf-Behandlung mit 3,5 L \* ha<sup>-1</sup> Stomp Aqua durchgeführt. Geerntet wurde mit einem reihenunabhängigen Maishäcksler (6-Reiher).

Die Ernte des Mais-Stangenbohnen-Gemenges bzw. des Silomais erfolgte in 2018 an zwei aufeinanderfolgenden Tagen (03. bzw. 04.09.2018) und in 2019 am selben Tag (01.10.2019). Die Ernte wurde jeweils mit einer identischen Silierkette durchgeführt. Gewalzt wurde mit einem Schlepper mit Schiebeschild und Zusatzgewicht. Insgesamt wog das Walzfahrzeug 13,9 t. Im Jahr 2019 wurde in den oberen ca. 50 cm der Futterstöcke ein biologisches Siliermittel (homo- und heterofermentative Milchsäurebakterien) eingesetzt. Nach der Befüllung wurden die Silos umgehend verschlossen. Die Abdeckung erfolgte mit einer am LAZBW standardmäßig verwendeten 2in1-Silofolie und einer Silogewebeplane aus PVC als Schutzgitter.

Probenmaterial der Stangenbohnen Samen, der Stangenbohnenpflanze und der Mais-Stangenbohnen-Silage wurde in beiden Jahren für die Phasinbestimmung gesammelt. Phasin analysierte das Labor am Lehrstuhl für Tierernährung, TU München-Freising nach BOLDUAN et al. (2016). Zum Prüfen der Siliereigenschaften wurde 2018 mit dem Erntegut Silomais bzw. Mais-Stangenbohne ein Laborsiloversuch durchgeführt. Zusätzlich wurde der Siliererfolg der Maissilage bzw. der Mais-Stangenbohnen-Silage nach dem Öffnen der Fahrsilos in beiden Jahren an sechs Terminen mittels Silocontrolling verglichen.

Der Laborsiloversuch wurde in 1,5 L Weckgläsern gemäß geltender DLG-Prüfrichtlinie für die Verleihung und Führung des DLG-Gütezeichens für Siliermittel (Stand Januar 2018) mit Silomais bzw. Mais-Stangenbohnen-Gemenge am Tage der Ernte 2018 aufgesetzt. Pro Behandlung wurden neun Weckgläser befüllt, d.h. in dreifacher Wiederholung für drei Auslagerungstermine (2, 49 (mit Luftstress) und 90 Tage). Die Ausgangsmaterialien für den Laborsiloversuch wurden am LTZ Augustenberg auf Zucker (VO (EG) 152 2/2009 III J, modifiziert), Pufferkapazität (WEISSBACH 1992, FAL, modifiziert) und Nitrat (BASSLER 1988, VDLUFA) untersucht. Die biogenen Amine (Messung mittels HPLC) bestimmte das LKS Labor in Lichtenwalde.

Nachfolgend werden lediglich die Ergebnisse des Auslagerungstermins nach 90 Tagen vorgestellt. Zu diesem Termin wurden im ausgelagerten Material folgende Merkmale bestimmt: pH-Wert, TM-Gehalt, Gärsäuren, Ammoniakgehalt, Futterwert, biogene Amine und die Phasin-Konzentration. Die Futterwert-Analysen erfolgten nach Vorgaben des Methodenbuchs zur chemischen Untersuchung von Futtermitteln (VDLUFA 2012) im Futtermittellabor des LAZBW. Bei den Silagen wurde die TM-Korrektur nach WEISSBACH und KUHLA (1995) angewandt. Der energetische Futterwert von Maissilage und Mais-Stangenbohnen-Silage wurde mittels Cellulaselöslichkeit (VDLUFA 2012) ermittelt. Auch die Analyse des pH-Werts, des Ammoniak-Gehalts, und der Gärsäuren (Milch-, Essig-, Butter-, Propionsäure, Propandiol und Ethanol mittels HPLC) wurden im Futtermittellabor des LAZBW durchgeführt.

Das Silocontrolling fand 14tägig an sechs Terminen pro Jahr statt (Zeitraum 08.02.-01.04.2019 bzw. 20.04.-29.06.2020.) Es wurden sechs Messstellen festgelegt (siehe *Abbildung 2*).

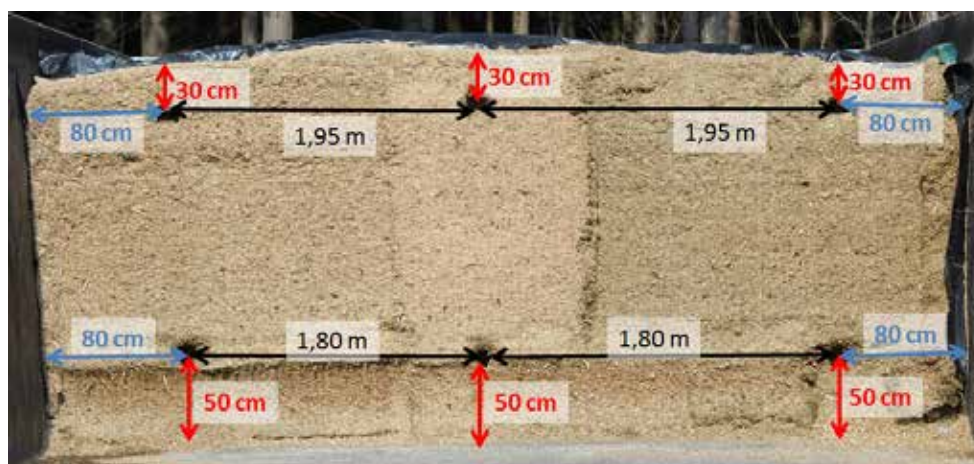


Abbildung 2: Probenahmestellen Silocontrolling (Foto: A. Jilg, LAZBW)

An den Messstellen wurden die Temperatur und die Dichte gemessen. Außerdem wurde jeweils Material zur Bestimmung des TM-Gehalts, des pH-Wertes, der Gärsäuren sowie für den Test auf aerobe Stabilität (ASTA) entnommen. Der ASTA wurde ebenfalls nach den Vorgaben der DLG-Prüfrichtlinie durchgeführt. Die Analyse des Futterwertes erfolgte jeweils aus der Messstelle „Mitte unten“.

Aufgrund des Versuchsdesigns erfolgten die Vergleiche im Laborsiloversuch sowie dem Silocontrolling zwischen Mais-Stangenbohnen-Silage und Maissilage mit Hilfe beschreibender Statistik.

Mit den Silagen aus 2018 wurde im Zeitraum 23.01.-23.04.2019 ein Fütterungsversuch im Cross-Over-Design (siehe *Abbildung 3*) durchgeführt, mit den Silagen aus 2019 im Zeitraum 25.03.-01.07.2020. Die Kühe waren im Versuchsbereich der Fress-Liege-Halle mit eingestreuten Liegeboxen aufgestellt. Die Milchgewinnung erfolgte mit einem automatischen Melksystem (AMS). In beiden Jahren waren jeweils 32 Fleckviehmilchkühe im Versuch. Die Einteilung in zwei Gruppen erfolgte zufällig unter Berücksichtigung der Milchleistung, des Laktationstags und der Laktationsnummer.

Abbildung 3: Versuchsdesign (Gruppe 1 n = 16; Gruppe 2 n = 16), MS = Maissilage und MBS = Mais-Stangenbohnen-Silage

	Angewöhnung	Periode 1		Periode 2	
		Anpassung	Datenerfassung	Anpassung	Datenerfassung
Dauer, 2019	7 Tage	7 Tage	35 Tage	7 Tage	42 Tage
Dauer, 2020	7 Tage	7 Tage	42 Tage	7 Tage	42 Tage
Gruppe 1	MS	MS		MBS	
Gruppe 2		MBS		MS	

Gemessen wurden täglich und tierindividuell die Aufnahme von Trogration an Wiegetrögen (RIC; Hokofarm, Niederlande), der Abruf des Milchleistungsfutters sowie die Milchleistung am AMS (VMS 300, DeLaval, Glinde D). Wegen einer technischen Panne bei der Kraftfutterdosierung am AMS konnten die Daten im zweiten Jahr bis zum 10.04.2020 nicht verwendet werden (Dauer Datenerfassung deshalb in Periode 1 nur 35 Tage). Gewogen wurden die Tiere einmal pro Woche auf einer Durchlaufwaage. Die Milchinhaltsstoffe wurden einmal wöchentlich analysiert vom Milchprüfing in Baden-Württemberg e.V. (Kirchheim, Teck). Die Futter-Einzelkomponenten wurden 14tägig beprobt (TM-Gehalt und Futterwert). Der energetische Futterwert der Rationskomponenten Grassilage, Heu und energiereiches Kraftfutter wurde mittels Hohenheimer Futterwerttest nach STEINGASS und MENKE (1986) bestimmt. Die Bonitur des Body Condition Score (BCS) nach EDMONSON et. al. (1989) erfolgte monatlich.

Zusätzlich wurden im ersten Jahr einmal pro Periode tierindividuell Blut- und Milchproben für die Phasinbestimmung gewonnen.

Die statistische Auswertung des Fütterungsversuchs erfolgte in den beiden Jahren getrennt, nach demselben Vorgehen. Nachfolgendes lineares gemischtes Modell wurde in SAS, Version 9.4 angewandt, unter Berücksichtigung der Laktationsverläufe (ALI und SCHAEFFER 1987):

$$y = \mu + TAG + LNO + f(ltg)(LNO) + GRP + BEH + kuh + e$$

mit:

y = Beobachtungswert des jeweiligen Merkmals

$\mu$  = allgemeines Mittel

TAG = fixer Effekt des Versuchstags

LNO = fixer Effekt der Laktationsnummer (1, 2,  $\geq 3$ )

f(ltg)(LNO) = Laktationskurve innerhalb der Laktationsnummer

mit ltg = Laktationstag

f(ltg) = Laktationskurve:  $ltg/330 + (ltg/330)^2 + \ln(330/ltg) + (\ln(330/ltg))^2$

GRP = fixer Effekt der Tiergruppe (1, 2) (= Carry-Over-Effekt)

BEH = fixer Effekt der Behandlung (MS, MBS)

kuh = zufälliger Effekt der Kuh

e = Restfehler

## Ergebnisse

Aufgrund ausgeprägter Trockenheit im Anbaujahr 2018 fand die Ernte drei bis vier Wochen früher als regional üblich statt. Diese klimatische Besonderheit spiegelte sich auch in den Erträgen wieder (siehe *Tabelle 1*).

Tabelle 1: Erträge des Silomais und des Mais-Stangenbohnen-Gemenges in den beiden Anbaujahren 2018 und 2019

Erntejahr	2018		2019	
	Silomais	Gemenge	Silomais	Gemenge
Ertrag, dt TM * ha <sup>-1</sup>	146	162	215	192
TM-Gehalt, %	34,4	33,3	34,3	35,2
Anteil Stangenbohne in der TM, %	0	9	0	11

TM= Trockenmasse

Sowohl für das Ausgangssubstrat Silomais als auch das Ausgangssubstrat Mais-Stangenbohnen-Gemenge wurde eine sehr gute Vergärbarkeit festgestellt (Ziel: Vergärbarkeitskoeffizient > 45), wie *Tabelle 2* verdeutlicht. Zwischen den Jahren zeigten sich teilweise deutliche Unterschiede.

Tabelle 2: Siliereigenschaften von frischem Mais-Stangenbohnen-Gemenge (Gemenge) und Silomais

Substrat		TM, g * kg <sup>-1</sup> FM	PK, g MS * 100 g <sup>-1</sup> TM	Zucker, % TM	Z/PK	VK	Nitrat, mg * kg <sup>-1</sup> TM
Erntejahr 2018, n = 3							
Gemenge	MW	333	4,9	8,3	1,7	47	3.234
	s	4	0,2	0,3	0,1	0,9	412
Silomais	MW	321	4,8	7,1	1,5	44	3.002
	s	2	0,0	0,3	0,1	0,7	183
Erntejahr 2019, n = 3							
Gemenge	MW	352	3,6	7,9	2,2	53	426
	s	14	0,2	0,8	0,2	0,2	43
Silomais	MW	343	3,2	8,9	2,8	57	377
	s	7	0,1	0,7	0,3	2,3	48
Orientierungswert (DLG 2011)							
Silomais		300	3,2	11,0	3,4	57	k. A.

FM = Frischmasse; TM = Trockenmasse; PK = Pufferkapazität; MS = Milchsäure; Z/PK = Zucker-Pufferkapazitätsquotient; VK = Vergärbarkeitskoeffizient (VK = TM+8\*Z/PK); MW = Mittelwert; s = Standardabweichung; k. A. = keine Angabe

Die Ergebnisse des Laborsiloversuchs (siehe *Tabelle 3*) bestätigten die guten Siliereigenschaften des Ausgangsmaterials. Bei der Auslagerung nach 90 Tagen wiesen alle Silagen einen niedrigen Ammoniak-Stickstoffgehalt auf, ein indirekter Indikator für die gewünschte, schnelle Ansäuerung im Silierprozess. In den Mais-Stangenbohnen-Silagen bildeten sich etwas höhere Gehalte an biogenen Aminen. Grundsätzlich lagen die Werte jedoch deutlich unter der kritischen Grenze von max. 5 g \* kg<sup>-1</sup> TM. Zwischen den Mais-

Tabelle 3: Vergleich des Siliererfolgs von Maissilage (MS) und Mais-Stangenbohnen-Silage (MBS) im Laborsiloversuch bei Auslagerung nach 90 Tagen

Substrat		NH3-N, % Nges	BAGES, g * kg <sup>-1</sup> TM	pH-Wert	Essigsäure, g * kg <sup>-1</sup> TM	Gärverluste, % der korrigierten TM-Einlage
Erntejahr 2018						
MS	MW	7,5	0,7	3,7	14,8	3,8
	s	0,3	0,1	0,0	0,2	0,1
MBS	MW	6,8	1,7	3,6	13,2	3,9
	s	0,2	0,9	0,0	0,9	0,0

NH3-N = Ammoniak-Stickstoff; BAGES = biogene Amine gesamt (Summe von Putrescin, Cadaverin, Histamin, Phenylethylamin, Tryptamin, Tyramin); MW = Mittelwert; s = Standardabweichung



Stangenbohnen-Silagen und den Maissilagen war kein nennenswerter Unterschied im pH-Wert feststellbar. Die Gärverluste lagen nach einer Lagerung von 90 Tagen auf einem vergleichbaren, üblichen Niveau.

Das Material, das beim Silocontrolling im Erntejahr 2018 aus dem unteren Bereich beider Futterstöcke entnommen wurde, erwärmte schneller als das aus dem oberen Bereich (siehe *Tabelle 4*). Jedoch waren alle Proben im Schnitt die gewünschten drei Tage aerob stabil. Das Material beider Silagen aus dem Erntejahr 2019 war weniger aerob stabil. Alle Proben der Maissilage sowie alle Proben aus dem unteren Bereich der Mais-Stangenbohnen-Silage zeigten eine Erwärmung. Im Mittel waren die Proben aus dem oberen Silobereich der Maissilage und die Proben aus dem unteren Bereich der Mais-Stangenbohnen-Silage keine drei Tage aerob stabil. In der Gesamtschau traten zwischen den Silagearten keine deutlichen Unterschiede hinsichtlich ihrer aeroben Stabilität auf.

Tabelle 4: Durchschnittliche Zeit bis zur Erwärmung (ASTA-Test über 168 Stunden) von Mais-Stangenbohnen-Silage (MBS) und Maissilage (MS) aus dem unteren und oberen Bereich der Siloanschnittsfläche aus den Erntejahren 2018 und 2019 (für nicht erwärmte Proben wurden 174 Stunden angesetzt)

Erntejahr 2018 (n = 18)				
Zeit bis Erwärmung in h	MS		MBS	
	unten	oben	unten	oben
MW	93	124	92	133
s	24	37	40	54
Min	81	81	37	31
Max	108	kalt	124	kalt
Erntejahr 2019 (n = 18)				
MW	82	66	64	135
s	30	29	26	54
Min	35	25	23	12
Max	149	141	124	kalt

MW = Mittelwert; s = Standardabweichung

Die Ergebnisse der Phasinuntersuchung zeigten die höchste Konzentration im Stangenbohnen Saatgut, eine deutlich geringere Konzentration in den Bohnenpflanzen und lediglich Spuren im Mais-Stangenbohnen-Gemenge. Ein geringer Phasingehalt in der Mais-Stangenbohnen-Silage war nur in der Ernte 2019 feststellbar (*Tabelle 5*). Im Blut und in der Milch (Analyse nur im ersten Jahr) war daher kein Phasin nachweisbar.

Tabelle 5: Mittlere Phasin-Konzentration (mg \* g<sup>-1</sup> TM) im Saatgut, in den Bohnenpflanzen, im Mais-Stangenbohnen-Gemenge frisch und siliert sowie in Milch und Blut

Erntejahr	2018	2019
Saatgut, Sorte WAV 512 <sup>1)</sup>	2,07	0,62
Stangenbohnen-Pflanzen	0,10	0,27
Mais-Stangenbohnen-Gemenge	0,01	0,02
Mais-Stangenbohnen-Silage	0	0,03
Milch	0	keine Analyse
Blut	0	keine Analyse

<sup>1)</sup> Spannweite in 20 Sorten 0,16 bis 67,4 mg \* g<sup>-1</sup> Trockenmasse (TM) (BRUGGER et al. 2016)

Die XP-Konzentration der Mais-Stangenbohnen-Silage war im Erntejahr 2018 bzw. 2019 um 3 bzw. 9 g \* kg<sup>-1</sup> TM höher als die XP-Konzentration der Maissilage (siehe *Tabelle 6*). Im ersten Jahr war die Energiekonzentration in den beiden Silagen identisch. Im zweiten Jahr hatte die Maissilage eine um 0,2 MJ NEL \* kg<sup>-1</sup> TM höhere Energiekonzentration. Auch weitere Futterwertmerkmale, wie die Neutrale-Detergenzien-Faser, lagen auf

einem ähnlichen Niveau. Nennenswerte Unterschiede zwischen Maissilage und Mais-Stangenbohnen-Silage wurden bei der Kalzium-Konzentration ermittelt. Hier wies die Mais-Stangenbohnen-Silage grundsätzlich höhere Konzentrationen auf (+0,8 bzw. +1,5 g \* kg<sup>-1</sup> TM in 2018 bzw. 2019).

Tabelle 6: Mittlere Energie- und Nährstoffkonzentration der Maissilage (MS) und der Mais-Stangenbohnen-Silage (MBS) aus dem Erntejahr 2018 bzw. 2019

Erntejahr	2018		2019	
	MS	MBS	MS	MBS
TM, g * kg <sup>-1</sup>	323	317	350	351
XP, g * kg <sup>-1</sup> TM	74	77	72	81
ME, MJ * kg <sup>-1</sup> TM	11,0	11,0	11,8	11,5
NEL, MJ * kg <sup>-1</sup> TM	6,6	6,6	7,2	7,0
ADFom, g * kg <sup>-1</sup> TM	247	257	184	192
aNDFom, g * kg <sup>-1</sup> TM	419	423	308	314
RNB, g * kg <sup>-1</sup> TM	-9,1	-8,7	-10,6	-9,2
nXP, g * kg <sup>-1</sup> TM	132	132	138	139
Ca, g * kg <sup>-1</sup> TM	2,4	3,2	2,0	3,5
P, g * kg <sup>-1</sup> TM	2,1	2,2	2,2	2,6

TM = Trockenmasse; XP = Rohprotein; ADF = Saure-Detergenzien-Faser; NDF = Neutrale-Detergenzien-Faser; RNB = Ruminale-Stickstoff-Bilanz; nXP = nutzbares Rohprotein; Ca = Kalzium; P = Phosphor

Die *Tabelle 7* zeigt die Zusammensetzung der Mischrationen (Ist-Ration) in den beiden Behandlungen. Im zweiten Jahr war der Anteil der Mais- bzw. Mais-Stangenbohnen-Silage in der Mischration rund 5 % geringer als im Vorjahr.

Tabelle 7: Zusammensetzung der Mischration in den Behandlungen Maissilage (MS) und Mais-Stangenbohnen-Silage (MBS) in den beiden Jahren, Anteile in % der Trockenmasse (TM)

Erntejahr	2018		2019	
	MS	MBS	MS	MBS
Grassilage	24,9	25,3	34,4	34,4
Maissilage	42,9		38,2	-
Mais-Stangenbohne-Silage		43,0	-	37,5
Stroh, Wintergerste	3,7	4,0	3,2	3,7
Rapsextraktionsschrot	17,2	17,1	12,7	13,3
Kraftfutter-Mix <sup>1)</sup>	10,3	9,6	10,4	10,1
Mineralfutter, kohlenaurer Futterkalk, Viehsalz	1,0	1,0	1,0	1,0
Kraftfutteranteil	27	27	27	28

<sup>1)</sup> 2018 20 % Weizen, 20 % Gerste, 40 % Ackerbohnen, 20 % Mais  
2019 bis 01.06. 40 % Weizen, 40 % Gerste, 20 % Ackerbohnen/Erbsen  
2019 ab 02.06. 48 % Weizen, 40 % Gerste, 12 % Rapsextraktionsschrot

Die XP-Konzentration der Mischration in der Behandlung MS lag mit 156 bzw. 152 g \* kg<sup>-1</sup> TM in beiden Jahren etwas unter der in der Behandlung MBS mit je 157 g \* kg<sup>-1</sup> TM (siehe *Tabelle 8*). Die Energiekonzentration der Ration MS betrug 6,7 bzw. 6,8 MJ NEL \* kg<sup>-1</sup> TM, die der Ration MBS 6,6 bzw. 6,7 MJ NEL \* kg<sup>-1</sup> TM. Die unterschiedlichen Konzentrationen sind auf die Unterschiede zwischen Maissilage und Mais-Stangenbohnen-Silage zurückzuführen (*Tabelle 6*). Trotz des höheren Anteils an Maissilage bzw. Mais-Stangenbohnen-Silage in den Mischrationen im ersten Jahr, bei vergleichbaren Strohanteilen (siehe *Tabelle 7*), wiesen die Mischrationen im ersten Jahr höhere Konzentrationen an Gerüstkohlenhydraten auf. Die höhere Konzentration an Gerüstkohlenhydraten in den Silagen im Erntejahr 2018 erklärt dieses Ergebnis (siehe *Tabelle 6*).

Tabelle 8: Mittlere Energie- und Nährstoffkonzentration ( $\pm$  Standardabweichung) der Mischration in den Behandlungen Maissilage (MS) und Mais-Stangenbohnen-Silage (MBS) in den beiden Jahren

Erntejahr	2018		2019	
	MS	MBS	MS	MBS
TM, g * kg <sup>-1</sup>	429 $\pm$ 1	429 $\pm$ 1	445 $\pm$ 0	440 $\pm$ 0
XP, g * kg <sup>-1</sup> TM	156 $\pm$ 5	157 $\pm$ 4	152 $\pm$ 3	157 $\pm$ 5
ME, MJ * kg <sup>-1</sup> TM	11,0 $\pm$ 0,1	10,9 $\pm$ 0,1	11,1 $\pm$ 0,2	11,0 $\pm$ 0,2
NEL, MJ * kg <sup>-1</sup> TM	6,7 $\pm$ 0,1	6,6 $\pm$ 0,1	6,8 $\pm$ 0,1	6,7 $\pm$ 0,1
ADFom, g * kg <sup>-1</sup> TM	249 $\pm$ 4	256 $\pm$ 8	215 $\pm$ 5	220 $\pm$ 7
aNDFom, g * kg <sup>-1</sup> TM	415 $\pm$ 6	419 $\pm$ 8	353 $\pm$ 8	358 $\pm$ 10
RNB, g * kg <sup>-1</sup> TM	0,1 $\pm$ 0,5	0,3 $\pm$ 0,5	-0,2 $\pm$ 0,3	0,5 $\pm$ 0,5
nXP, g * kg <sup>-1</sup> TM	155 $\pm$ 2	155 $\pm$ 2	153 $\pm$ 2	154 $\pm$ 3
Ca, g * kg <sup>-1</sup> TM	6,2 $\pm$ 0,1	6,5 $\pm$ 0,2	7,2 $\pm$ 0,2	7,8 $\pm$ 0,2
P, g * kg <sup>-1</sup> TM	5,3 $\pm$ 0,2	5,4 $\pm$ 0,3	5,1 $\pm$ 0,3	5,3 $\pm$ 0,3

TM = Trockenmasse; XP = Rohprotein; ADF = Saure-Detergenzien-Faser; NDF = Neutrale-Detergenzien-Faser; RNB = Ruminale-Stickstoff-Bilanz; nXP = nutzbares Rohprotein; Ca = Kalzium; P = Phosphor

Im AMS wurde in beiden Jahren täglich 3 kg pelletiertes Milchleistungsfutter gleicher Komponentenzusammensetzung (siehe *Tabelle 9*) angeboten.

Tabelle 9: Mittlere Energie- und Nährstoffkonzentration des Milchleistungsfutters in den beiden Jahren

Erntejahr	2018	2019
TM, g * kg <sup>-1</sup>	878	887
XP, g * kg <sup>-1</sup> TM	209	203
ME, MJ * kg <sup>-1</sup> TM	13,4	13,1
NEL, MJ * kg <sup>-1</sup> TM	8,6	8,2
ADFom, g * kg <sup>-1</sup> TM	95	84
aNDFom, g * kg <sup>-1</sup> TM	253	221
RNB, g * kg <sup>-1</sup> TM	3,7	3,5
nXP, g * kg <sup>-1</sup> TM	186	181
Ca, g * kg <sup>-1</sup> TM	6,4	7,8
P, g * kg <sup>-1</sup> TM	6,2	6,9

15 % Weizen, 20 % Gerste, 50 % Ackerbohnen, 10 % Mais, 2 % Melasse, 3 % Mineralfutter

TM = Trockenmasse; XP = Rohprotein; ADF = Saure-Detergenzien-Faser; NDF = Neutrale-Detergenzien-Faser; RNB = Ruminale-Stickstoff-Bilanz; nXP = nutzbares Rohprotein; Ca = Kalzium; P = Phosphor

In *Tabelle 10* sind Merkmale der Futterraufnahme der Tiere in den beiden Behandlungen für die beiden Jahre dargelegt. Im ersten Jahr waren in der Behandlung MBS bei gleicher Futterraufnahme, aber höherer Konzentration an bspw. Rohprotein, Saurer- oder Neutraler-Detergenzien-Faser in der Mischration (siehe *Tabelle 8*), die täglichen Aufnahmen dieser Nährstoffe signifikant ( $p$ -Wert  $\leq 0,05$ ) höher. Nur im zweiten Jahr hatte die Behandlung einen signifikant negativen Einfluss auf die Futterraufnahme. Die Tiere in der Behandlung MBS nahmen in diesem zweiten Jahr täglich 0,5 kg TM weniger der Mischration auf. Dieser Unterschied wurde nicht durch eine höhere Aufnahme an Milchleistungsfutter ausgeglichen. Die geringere Futterraufnahme in der Behandlung MBS im zweiten Jahr hatte eine signifikant geringere Aufnahme an Energie, Neutraler-Detergenzien-Faser und nutzbarem XP zur Folge. Hingegen wog die höhere XP-Konzentration der Mischration in der Behandlung MBS die geringere Futterraufnahme auf, sodass die Tiere beider Behandlungen im zweiten Jahr gleich viel XP aufnahmen.



Tabelle 10: Merkmale der Futter-, Energie- und Nährstoffaufnahme der Tiere in den Behandlungen Maissilage (MS) und Mais-Stangenbohnen-Silage (MBS) in den beiden Jahren (Kleinstquadratschätzer ± Standardfehler)

Erntejahr pro Tag	2018			2019		
	MS	MBS	p-Wert <sup>1)</sup>	MS	MBS	p-Wert <sup>1)</sup>
Mischration, kg TM	19,9±0,2	19,9±0,2	0,870	20,5±0,4	20,0±0,4	<0,001
Leistungskraftfutter, kg TM	2,6±0,1	2,7±0,1	0,019	2,6±0,0	2,5±0,0	0,043
Kraftfutter gesamt <sup>2)</sup> , kg TM	7,9	8,1	-	7,5	7,4	-
Gesamt, kg TM	22,5±0,3	22,6±0,3	0,410	23,0±0,4	22,5±0,4	<0,001
XP, g	3.631±43	3.667±44	0,010	3.622±57	3.620±57	0,926
Energie, MJ ME	253±3	254±3	0,350	259±4	250±4	<0,001
Energie, MJ NEL	155±2	155±2	0,300	160±3	154±3	<0,001
ADFom, g	5.266±58	5.388±59	<0,001	4.640±82	4.620±83	0,332
aNDFom, g	9.000±99	9.081±101	0,022	7.825±133	7.717±134	0,001
RNB, g	10,6±0,5	13,5±0,5	<0,001	4,1±0,2	17,9±0,3	<0,001
nXP, g	3.564±42	3.582±42	0,180	3.596±58	3.508±58	<0,001
Ca, g	141±2	146±2	<0,001	169±3	177±3	<0,001
P, g	122±1	123±1	0,039	122±2	123±2	0,020

<sup>1)</sup> p-Wert Behandlung; <sup>2)</sup> berechnet;

TM = Trockenmasse; XP = Rohprotein; ADF = Saure-Detergenzien-Faser; NDF = Neutrale-Detergenzien-Faser;

RNB = Ruminale-Stickstoff-Bilanz; nXP = nutzbares Rohprotein; Ca= Kalzium; P = Phosphor

Im zweiten Jahr lag die Milchleistung in beiden Gruppen auf deutlich höherem Niveau. Lediglich im zweiten Jahr war die Milchleistung zwischen den Behandlungen signifikant (p-Wert ≤ 0,05) verschieden (Tabelle 11). Aufgrund seiner Geringfügigkeit hat der Milchleistungsunterschied in Höhe von 0,3 kg \* Tag<sup>-1</sup> jedoch keine praktische Relevanz.

Die Milchfett-, Milcheiweiß- und Laktosekonzentrationen wurden durch die Behandlung nicht beeinflusst. Dieses Ergebnis wurde in beiden Jahren festgestellt. Die signifikant geringere Milchwahnharnstoffkonzentration in der Behandlung MBS im ersten Jahr steht im Widerspruch zur signifikant höheren XP-Aufnahme und zur signifikant höheren RNB in dieser Behandlung (vgl. Tabelle 10). Im zweiten Jahr entsprach die signifikant höhere Milchwahnharnstoffkonzentration in der Behandlung MBS den Erwartungen.

Tabelle 11: Milchleistung und Milchinhaltstoffe der Tiere in den Behandlungen Maissilage (MS) und Mais-Stangenbohnen-Silage (MBS) in den beiden Jahren (Kleinstquadratschätzer ± Standardfehler)

Erntejahr	2018			2019		
	MS	MBS	p-Wert <sup>1)</sup>	MS	MBS	p-Wert <sup>1)</sup>
Milchmenge, kg Tag <sup>-1</sup>	29,1±1,0	29,0±1,0	0,880	34,6±1,0	34,3±1,0	0,003
Milchfett, %	4,23±0,08	4,25±0,08	0,490	3,96±0,10	3,98±0,08	0,688
Milcheiweiß, %	3,86±0,04	3,86±0,10	0,500	3,69±0,10	3,68±0,06	0,638
Laktose, %	4,73±0,03	4,72±0,03	0,710	4,80±0,10	4,74±0,06	0,223
Milchwahnharnstoff, mg * L <sup>-1</sup>	285± 5	268±5	<0,001	228±5	247±5	<0,001
ECM, kg * Tag <sup>-1</sup>	30,4±1,0	30,0±1,0	0,190	35,0±1,0	34,3±1,0	0,080

<sup>1)</sup> p-Wert Behandlung; ECM = Energiekorrigierte Milchleistung

Der BCS und die Lebensmasse waren in beiden Behandlungen gleich. Im ersten bzw. zweiten Jahr wogen die Tiere in der Behandlung MS 781 ± 11 bzw. 834 ± 15 kg (Kleinstquadratschätzer ± Standardfehler) und hatten einen BCS von 3,6 ± 0,1 bzw. 3,4 ± 0,1. In der Behandlung MBS wogen die Tiere 782 ± 11 bzw. 831 ± 15 kg und hatten einen BCS von 3,6 ± 0,1 bzw. 3,4 ± 0,2.

## Diskussion

Im Laborsiloversuch von HÖPPNER et al. (2017) war bei Zumischung von Stangenbohnen zu Silomais die Vergärbarkeit im Vergleich zu Silomais herabgesetzt. Ein deutlich reduzierter Vergärbarkeitskoeffizient ergab sich bei HÖPPNER et al. (2017) allerdings erst bei einem Anteil der Stangenbohnen von 30 oder 45 % im eingelagerten, frischen Material. Betrug der Anteil der Stangenbohnen rund 15 %, und lag somit auf vergleichbarem Niveau wie in vorliegender Untersuchung, war die Vergärbarkeit des Gemenges bei HÖPPNER et al. (2017) vergleichbar zu reinem Silomais. Der vorliegende Versuch bestätigt dieses Ergebnis.

In der Mais-Stangenbohnen-Silage bildeten sich im Laborsiloversuch etwas höhere Gehalte an biogenen Aminen. Jedoch lagen die Werte unter der kritischen Grenze. Die Gehalte können nicht über einen mangelhaften Gärverlauf erklärt werden. Den Autoren sind aus der Literatur keine Vergleichswerte für biogene Amine in Mais-Stangenbohnen-Silage bekannt.

Im Rahmen des Silocontrollings zeigten sich keine deutlichen Unterschiede zwischen den Futterstöcken mit Mais- oder Mais-Stangenbohnen-Silage in Bezug auf die Verdichtung und Nacherwärmungsneigung. Nacherwärmung hängt von vielen Faktoren ab (bspw. Verdichtung, physiologisches Alter der Pflanzen oder TM-Gehalt). Eine Ursache für die geringere aerobe Stabilität sowohl der Maissilage als auch der Mais-Stangenbohnen-Silage aus der Ernte 2019 verglichen mit 2018 könnte der weit unter dem Zielwert ( $2,5 \text{ m} \cdot \text{Woche}^{-1}$ ) gelegene Vorschub gewesen sein. Die Maissilage wurde mit einem etwas höheren Vorschub entnommen (im Mittel  $1,6$  im Vergleich zu  $1,1 \text{ m} \cdot \text{Woche}^{-1}$ ). Zusammenfassend gilt bei Mais-Stangenbohnen-Silage, wie bei Maissilage, die Nacherwärmungsneigung im Blick zu behalten.

In den beiden Jahren wurde keine nennenswerte Auswirkung der Stangenbohnen in der Silage auf Futteraufnahme und Milchleistung festgestellt. Damit bestätigte sich das Ergebnis von KÄLBER et al. (2017). Der Stangenbohnenanteil in der Mais-Stangenbohnen-Silage in Höhe von 7 % der TM lag bei KÄLBER et al. (2017) auf vergleichbarem Niveau wie in vorliegender Untersuchung (vgl. *Tabelle 1*). Schon 2000 stellten ANIL et al. fest, dass die Aufnahme von Mais- und Mais-Stangenbohnen-Silage bei Schafen nicht unterschiedlich war. Auch CONTRERAS-GOVEA et al. (2009) folgerten aus ihren Untersuchungen, dass Mais-Stangenbohnen-Silage einen vergleichbaren Futterwert wie Maissilage aufweist.

Als potentiell kritisch für den Einsatz von Mais-Stangenbohnen-Silage in der Fütterung wurde vor Versuchsbeginn die Phasin-Konzentration in Stangenbohnen gewertet. In der Literatur wird beschrieben, dass Phasin ruminal abgebaut wird. Eine Schätzung der effektiven ruminalen Abbaubarkeit deutet jedoch auf Verlagerungen unverdauten Phasins in tiefere Darmabschnitte in Größenordnungen um 25 % der Konzentration im Futter hin (BRUGGER et al. 2018). Daher konnte ein negativer Einfluss auf die Akzeptanz des Futters sowie auf die Leistung der Tiere nicht völlig ausgeschlossen werden. Dass im Blut und in der Milch kein Phasin nachgewiesen werden konnte, erklärt sich durch die Abwesenheit von Phasin in der Silage im ersten Jahr. Weil in den Silagen, im Gegensatz zum Ausgangsmaterial, in den beiden Jahren kein bzw. deutlich weniger Phasin enthalten war, liegt ein Abbau des Phasins während des Siliervorgangs nahe. Allerdings konnten WYSS et al. (2018) keinen Abbau durch den Siliervorgang feststellen. Bei WYSS et al. (2018) traten unter Praxisbedingungen in Ballensilagen teilweise sogar höhere Phasin-Konzentrationen als bei der Einlagerung auf. Ein Grund für die gegensätzlichen Ergebnisse könnten die mit  $0,8$  bis  $1,6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  TM höheren Phasin-Konzentrationen im Gemenge-Frischmaterial bei WYSS et al. (2018) im Vergleich zu vorliegender Untersuchung sein (vgl. *Tabelle 5*). Die geringen Phasin-Konzentrationen in vorliegender Untersuchung sind auf die verwendete phasinarmer Bohnensorte WAV512 (BRUGGER et al. 2016) zurückzuführen. Wenn, wie in vorliegender Untersuchung, phasinarmer Stangenbohnenarten ausgewählt werden,

stellt Phasin folglich kein Hindernis für die Fütterung von Mais-Stangenbohnen-Silage an Milchkühe dar.

Durch den Gemengepartner Stangenbohne erhöhte sich die XP-Konzentration in der Mais-Stangenbohnen-Silage im Vergleich zur Maissilage, wie erwartet. Allerdings war diese Steigerung in beiden Jahren mit 3 bzw. 9 g \* kg<sup>-1</sup> TM sehr begrenzt, weil der Anteil der Stangenbohnen im Erntematerial gering war. Auch WYSS et al. (2018) ermittelten in Mais-Stangenbohnen-Silage, bei vergleichbarem Stangenbohnen-Anteil (9 bis 19 % in der TM), XP-Konzentrationen die vergleichbar hoch lagen (max. 74 g \* kg<sup>-1</sup> TM). Im Erntejahr 2018 wurden Stangenbohnen-Pflanzen aussortiert und deren XP-Konzentration analysiert. Sie wiesen eine XP-Konzentration von 139 g \* kg<sup>-1</sup> TM auf. Folglich könnte die XP-Konzentration durch eine Erhöhung des Anteils an Stangenbohnen im Gemenge weiter gesteigert werden. Das bestätigen AULRICH et al. (2017): In frischem Erntegut von Gemengen mit einem Stangebohnenanteil von 45 % wurden XP-Konzentrationen von 98 bis 104 g \* kg<sup>-1</sup> TM erreicht. Wegen der Gefahr von Lager und der Beeinträchtigung der Erntetechnik ist von einer Erhöhung des Stangenbohnenanteils im Gemenge jedoch abzuraten. Somit ist die Mais-Stangenbohnen-Silage, wie die Maissilage, ein Grobfuttermittel mit geringer XP-Konzentration, bei gleichzeitig hoher Energiekonzentration. Damit haben auch Mais-Stangenbohnen-Silage betonte Grundrationen eine deutlich negative RNB, die durch den Einsatz von Eiweißkraftfutterkomponenten ausgeglichen werden muss. In vorliegender Untersuchung waren weder die tägliche RNB noch die Milchharnstoffgehalte in der Behandlung mit Mais-Stangenbohnen-Silage deutlich höher als in der Behandlung mit Maissilage. Eine relevante Einsparung von Eiweißkraftfutter durch den Ersatz von Maissilage durch Mais-Stangenbohnen-Silage kann aus den vorliegenden Ergebnissen nicht abgeleitet werden.

Grundsätzlich bleibt aber festzuhalten, dass es möglich war Maissilage zu 100 % durch Mais-Stangenbohnen-Silage, ohne erkennbare Einschränkungen in der tierischen Leistungsbereitschaft, auszutauschen.

## Danksagung

Das Projekt wurde durch das „Sonderprogramm zur Stärkung der biologischen Vielfalt“ der Landesregierung Baden-Württemberg gefördert.

## Literatur

ALI, T.E. und L.R. SCHAEFFER, 1987: Accounting for covariances among test day milk yields in dairy cows. *Can. J. Anim. Sci.* 67, 637-644.

ANIL, L., J. PARK und R.H. PHIPPS, 2000: The potential of forage-maize intercrops in ruminant nutrition. *Anim. Feed Sci. Technol.* 86, 157-164.

AULRICH, K., U. MEYER, J. FISCHER und H. BÖHM, 2017: Futterwert von Mais-Bohnen-Silagen: Stangen- und Feuerbohnen im Vergleich. In: Beiträge zur 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Weihenstephan, 96-99.

BASSLER, R., 1988: VDLUFA-Methodenbuch, Band III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. 3. Aufl., 2. Ergänzungslieferung 1988 und 3. Ergänzungslieferung 1993. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

BOLDUAN, C., R. STÄBLER, M. BUFFLER und W. WINDISCH, 2016: Untersuchungen zum Gehalt von aktiven Lektinen in Gartenbohnen mittels ELISA. In: 71. ALVA Jahrestagung 2016, Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel-, Veterinär- und Agrarwesen (ALVA), Klagenfurt (Austria).

- BRUGGER, D., M. BUFFLER, W. WINDISCH und C. BOLDUAN, 2016: Untersuchungen zum antinutritiven Potential von Gartenbohnen (*Phaseolus vulgaris*). VDLUFA Schriftenreihe 73, 500-507.
- BRUGGER, D., T. HOBMEIER, M. BUFFLER, C. BOLDUAN und W. WINDISCH, 2018: Zum ruminalen Abbau von Phasinen aus Stangenbohnen (*Phaseolus vulgaris*) sowie deren Einfluss auf die Gasbildung *in vitro*. VDLUFA-Schriftenreihe 75, 381-388.
- CONTRERAS-GOVEA, F.E., R.E. MUCK, K.L. ARMSTRONG und K.A. ALBRECHT, 2009: Nutritive value of corn silage in mixture with climbing beans. Anim. Feed Sci. Technol. 150, 1-8.
- DLG (Ed.), 2011. Praxishandbuch Futter-und Substratkonservierung. DLG-Verlag GmbH, Frankfurt am Main.
- EDMONSON, A.J., I.J. LEAN, L.D. WEAVER, T. FARVER und G. WEBSTER, 1989: A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. J. Dairy Sci. 72, 68-78.
- HÖPPNER, F., J. FISCHER und H. BÖHM, 2017: Silierung von Mais mit Stangen- und Feuerbohne. In: Beiträge zur 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Weihenstephan, 88-91.
- KÄLBER, T., K. AULRICH, K. BARTH, H. BÖHM, R. BUSSEMAS, J. FISCHER, K. HÖINGHAUS und F. WEISSMANN, 2017: Mais-Stangenbohnen-Silage als Futtermittel für Milchkühe und Mastschweine. In: Beiträge zur 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Weihenstephan, 100-103.
- STEINGASS, H. und K.H. MENKE, 1986: Schätzung des energetischen Futterwerts aus der *in vitro* mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse. 1. Untersuchungen zur Methode. Übersichten zur Tierernährung 14, 251-270.
- VDLUFA, 2012: Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch), Bd. III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- WEISSBACH, F., 1992: Bestimmung der Pufferkapazität. Methodenvorschrift am Inst. für Grünl. Futterpflanzenforschung Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft FAL Braunschweig-Völkenrode 3.
- WEISSBACH, F. und S. KUHLA, 1995: Stoffverluste bei der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von Silagen und Grünfütter – entstehende Fehler und Möglichkeiten der Korrektur. Übersichten zur Tierernährung 23, 189-214.
- WYSS, U., A. ENGGIST und D. BRUGGER, 2018: Einfluss der Silagebereitung eines Mais-Stangenbohnen-Gemisches auf den Phasingehalt. VDLUFA Schriftenreihe 75, 238-246.