

Mischkulturen für Tierfutter: Mais-Stangenbohnen-Gemisch und Phasingehalt

Ueli Wyss¹, Andrea Enggist² und Daniel Brugger³

¹Agroscope, 1725 Posieux, Schweiz

²Landwirtschaftliches Zentrum Liebegg, 5722 Gränichen, Schweiz

³Lehrstuhl für Tierernährung, Technische Universität München, 85354 Freising-Weihenstephan, Deutschland



Am landwirtschaftlichen Zentrum Liebegg werden seit 2016 Streifenversuche im Feld mit Mais-Bohnen-Gemenge durchgeführt (Foto: Andrea Enggist, Liebegg)

Einleitung

Der Anbau eines Silomais-Stangenbohnen-Gemischs könnte eine Alternative zum konventionellen Silomaisanbau sein. Das Silomais-Stangenbohnen-Gemisch wird in Südamerika für die menschliche Ernährung schon seit Jahren angebaut. Die Bohnen (*Phaseolus vulgaris*) nutzen die Maispflanzen als Stütze und können den Proteingehalt in der Silage steigern. Die gesamte Bohnenpflanze hat mit rund 14 % Protein einen doppelt so hohen Proteingehalt wie Mais. Nach Untersuchungen von Aul-

rich *et al.* (2017) weisen die Mais-Bohnen-Silagen je nach Bohnenanteil NEL-Gehalte zwischen 5,8 und 6,4 MJ/kg Trockensubstanz (TS) auf. Zudem gehören Bohnen zu den Leguminosen und haben somit die Fähigkeit, mit Knöllchenbakterien Stickstoff zu fixieren. Dieser Stickstoff steht dem Mais oder später der Folgekultur zur Verfügung. Zudem wachsen die Bohnen schneller als der Mais, dadurch wird das Unkraut besser unterdrückt und das Erosionsrisiko kann gesenkt werden.

Die Samen und Hülsen der Bohnen enthalten jedoch hohe Gehalte an Phasinen, welche im rohen Zustand giftig sind. Nach Brugger *et al.* (2018) schwanken die Phasingehalte in den Bohnen je nach Sorte sehr stark. Es ist bekannt, dass die Bohnen durch eine Hitzebehandlung beziehungsweise durch das Kochen ihre Giftigkeit verlieren.

In Deutschland wurden in den letzten Jahren bereits verschiedene Untersuchungen mit einem Mais-Stangenbohnen-Gemisch durchgeführt. Dabei konnten bei der Verfütterung an Milchkühe keine negativen Auswirkungen auf die Leistung der Tiere festgestellt werden (Kälber *et al.* 2017; Leiser *et al.* 2019). *In-vitro*-Untersuchungen zeigten, dass die Phasine bei der bakteriellen Proteolyse im Pansen mit hoher Effizienz abgebaut werden (Brugger *et al.* 2018).

Ob die Phasine bereits bei der Silagebereitung abgebaut werden, wurde in Versuchen, die 2016 und 2017 durchgeführt wurden, untersucht.

Material und Methoden

In Oberentfelden (420 m ü. M.) prüfte das Landwirtschaftliche Zentrum Liebegg 2016 und 2017 in Feldversuchen ohne Wiederholungen den Anbau von einem Silomais-Stangenbohnen-Gemisch. 2016 wurden unterschiedliche Saatzeitpunkte der Bohnen und unterschiedliche Saattechniken (Breitsaat und Einzelkornsaat) mit dem konventionellen Silomaisanbau (Sorte Gottardo) verglichen (Tab. 1). 2016 wurde die Bohnensorte Anellino giallo verwendet. Am 30. September 2016 wurde das Futter gehäckselt. Dabei wurden Ertragserhebungen gemacht und anschliessend das Siliergut der verschiedenen Verfahren in Siloballen (Abb. 1) und Laborsilos an Agroscope Posieux einsiliert. Beim Einsilieren und in den Silagen wurden Proben zur Bestimmung der Inhaltsstoffe gezogen. Die Proben in den Silagen wurden nach einer Silierdauer von 104 Tagen gezogen. Zusätzlich wurden in den Silagen auch verschiedene Gärparameter bestimmt. Zur Bestimmung der Phasine wurden die Proben gefriergetrocknet und anschliessend analysiert nach Bolduan *et al.* (2016).

Im Jahr 2017 wurden bei den Bohnen unterschiedliche Saatkulturen und bei allen Varianten zwei Düngungsstufen getestet (Tab. 2). Das Saatgut wurde vor der Saat im jeweiligen Verhältnis miteinander vermischt und anschliessend mit einer herkömmlichen Einzelkornsämaschine ausgesät. Beim Mais wurde die Sorte Benedictio und bei den Bohnen WAV 512 verwendet. Diese Sorte weist nach den Untersuchungen von Brugger *et al.* (2018) einen wesentlich tieferen Phasingehalt auf als

Zusammenfassung

Der Anbau eines Silomais-Stangenbohnen-Gemischs könnte eine Alternative zum konventionellen Silomaisanbau sein. Die Bohnen nutzen die Maispflanzen als Stütze und können den Proteingehalt in der Silage steigern. Die Frage ist aber, wie sich der Ertrag sowie andere Gehalte der Mischkultur sich mit dem reinen Maisanbau vergleichen. Zudem wurde untersucht, wie sich das Silieren auf den Gehalt des in rohen Bohnen vorhanden, giftigen Phasins auswirkt. Dieser Gehalt ist für die Verfütterung der Mischkultur entscheidend. In den Jahren 2016 und 2017 prüfte das Landwirtschaftliche Zentrum Liebegg den Anbau eines Silomais-Stangenbohnen-Gemischs in einem Feldversuch ohne Wiederholungen. 2016 wurde die Bohnensorte Anellino giallo und 2017 die Sorte WAV 512 verwendet. Neben Ertragsbestimmungen wurden auch Silagen in Ballen und Laborsilos hergestellt. Durch den Anbau eines Silomais-Bohnen-Gemischs sanken die TS-Erträge in den Jahren 2016 und 2017 zwischen den verschiedenen Varianten um 13 bis 29 % im Vergleich zum reinen Maisanbau. Die Rohproteingehalte variierten pro kg Trockensubstanz zwischen minus 10 und plus 36 % r im Vergleich zum reinen Maisanbau. Der Phasingehalt, der stark von der Stangenbohnen-Sorte abhängig ist, wurde durch die Silierung in den Ballen nicht und in den Laborsilos nur leicht abgesenkt. Für die Verwendung in der Praxis wird deshalb der Anbau von Bohnensorten mit tiefen Phasingehalten empfohlen.

Tab. 1 | Versuchsvarianten 2016

Variante	Saattechnik	Saatedichte Mais	Saatedichte Bohnen	Saatzeitpunkt der Bohnen
1	Einzelkornsaat	7,5	–	
2	Breitsaat	7,5	7,5	gleichzeitig
3	Einzelkornsaat	7,5	7,5	gleichzeitig
4	Breitsaat	7,5	7,5	später
5	Einzelkornsaat	7,5	7,5	später

Saatedichte: Körner pro m²
Gleichzeitig: 10. Mai 2016; später: 7. Juni 2016



Abb. 1 | Die verschiedenen Mais-Bohnen-Gemische wurden mit einer stationären Presse in Rundballen gepresst. (Foto: Ueli Wyss, Agroscope)

die Sorte Anellino giallo. Die Ballen mit den verschiedenen Mais-Bohnen-Varianten wurden wiederum im Freien gelagert. Für die Laborsilos wurden auch Bohnen allein einsiliert. Zusätzlich wurde Material vom Mais-Bohnen-Gemisch in Laborsilos einsiliert. Aufgrund der Ergebnisse zwischen den Ballen und Laborsilos von 2016 wurde die Hälfte der Laborsilos bei Raumtemperatur ($\varnothing 20,2^{\circ}\text{C} \pm 0,5$) und die andere Hälfte bei Aussentemperatur ($\varnothing 10,7^{\circ}\text{C} \pm 7,5$) gelagert. Die Ernte erfolgte am 21. September 2017 und die Silageproben wurden nach einer Silierdauer von 82 Tagen gezogen.

Tab. 2 | Versuchsvarianten 2017

Variante	Saadichte Mais	Saadichte Bohnen	N-Düngung
11	10	–	101 kg/ha
12	10	–	74 kg/ha
13	7,5	5,0	101 kg/ha
14	7,5	5,0	74 kg/ha
15	7,5	6,0	101 kg/ha
16	7,5	6,0	74 kg/ha
17	7,5	7,5	101 kg/ha
18	7,5	7,5	74 kg/ha

Saadichte: Körner pro m^2 , Saatzeitpunkt 11. Mai 2017

Resultate und Diskussion

Erträge und Rohproteingehalte

Die Ernte im Jahr 2016 mit einem sechsreihigen Mais-häcksler erwies sich bei den Varianten, bei denen der Mais als Breitsaat gesät wurde, als schwierig. Die Ranken der Bohnen bildeten ein dichtes Netz, dadurch verstopfte der Häcksler bei der Ernte einige Male. Die Verfahren mit Einzelkornsaat konnten dagegen deutlich einfacher geerntet werden.

Die Erträge in den Verfahren mit dem Silomais-Bohnen-Gemisch schwankten 2016 zwischen 136 und 164 dt TS/ha und lagen tiefer als im Verfahren mit Silomais allein mit 192 dt TS/ha (Abb. 2). Die Erträge vom Mais-Bohnen-Gemisch waren somit zwischen 15 und 29 % tiefer im Vergleich zum Silomais allein.

Beim Einsilieren 2016 wies der Mais einen TS-Gehalt von 42 % und die vier Gemische zwischen 36 und 39 % auf. Eine zusätzliche Probe von den reinen Bohnen ergab einen TS-Gehalt von 28 %.

Der Rohproteingehalt betrug 2016 beim Mais 66 g/kg TS und bei den Bohnen 145 g/kg TS. Bei den vier Varianten mit dem Mais-Bohnen-Gemisch variierten die Rohproteingehalte zwischen 60 und 74 g/kg TS.

Im zweiten Versuchsjahr 2017 variierten die TS-Erträge zwischen 153 und 195 dt/ha (Abb. 3). Wiederum waren

die Erträge beim Mais-Bohnen-Gemisch zwischen 13 und 21 % tiefer als im Verfahren mit Silomais allein. Der Anteil der Bohnen am Gemisch betrug 2017 bezogen auf die TS zwischen 9 und 19 %. Die höchsten Bohnenanteile wurden bei den Varianten 16 und 18 festgestellt, die gleichzeitig die tiefsten TS-Erträge aufwiesen. Der Mais wies 2017 beim Einsilieren einen TS-Gehalt von 40 %, die Mais-Bohnen-Gemische zwischen 38 und 42 % und die Bohnen allein 22 % auf.

Der Rohproteingehalt betrug 2017 beim Mais 54 g/kg TS und bei den Bohnen 154 g/kg TS. Die Mais-Bohnen-Gemische hatten einen Rohproteingehalt zwischen 58 und 74 g/kg TS und lagen somit zwischen 7 % und 36 % höher als im Maisreinanbau.

Sowohl 2016 als auch 2017 wiesen die Silagen eine gute Gärqualität auf. Buttersäure konnte nur in Spuren nachgewiesen werden. Die Gärparameter vom Versuchsjahr 2016 sind aus Abbildung 4 ersichtlich. Der pH-Wert betrug im Durchschnitt 4,0.

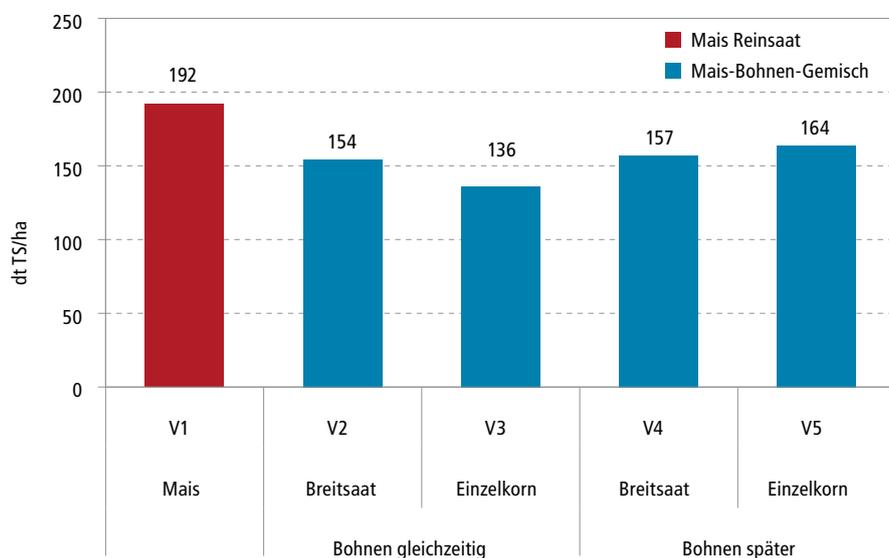


Abb. 2 | Trockensubstanz-Erträge der Varianten von 2016.

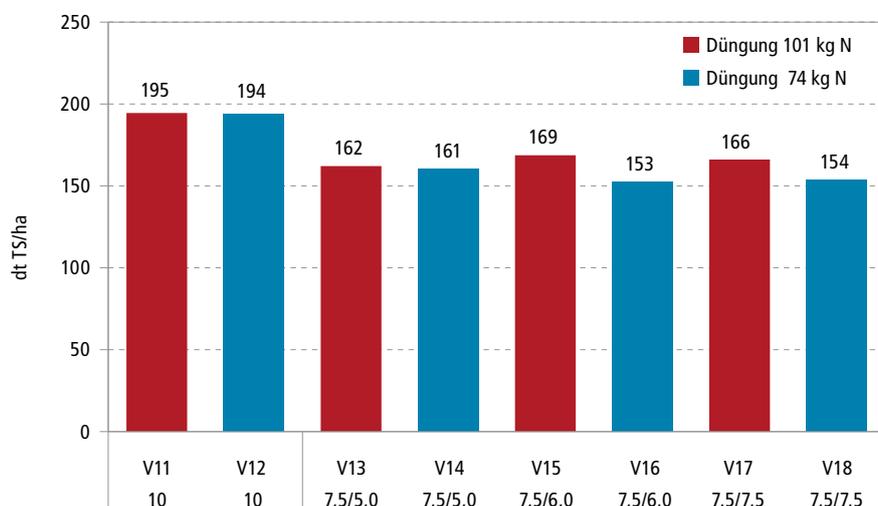


Abb. 3 | Trockensubstanz-Erträge der Varianten von 2017.

Bei den reinen Bohnensilagen aus dem Versuchsjahr 2017 wurde weniger Milch-, dafür mehr Essigsäure gebildet (Abb. 5). Der pH-Wert betrug 4,8. Zwischen den bei Raumtemperatur beziehungsweise Aussentemperatur gelagerten Laborsilos gab es keine Unterschiede hinsichtlich der Gärparameter.

Phasingehalte

Die Bohnen der Sorte Anellino giallo wiesen einen Phasingehalt von 16 mg/g Futter auf (Abb. 6). Die Silierung in den Ballen beziehungsweise in den Laborsilos hatte unterschiedliche Auswirkungen auf den Phasingehalt, obwohl die Gärparameter sehr ähnlich waren.

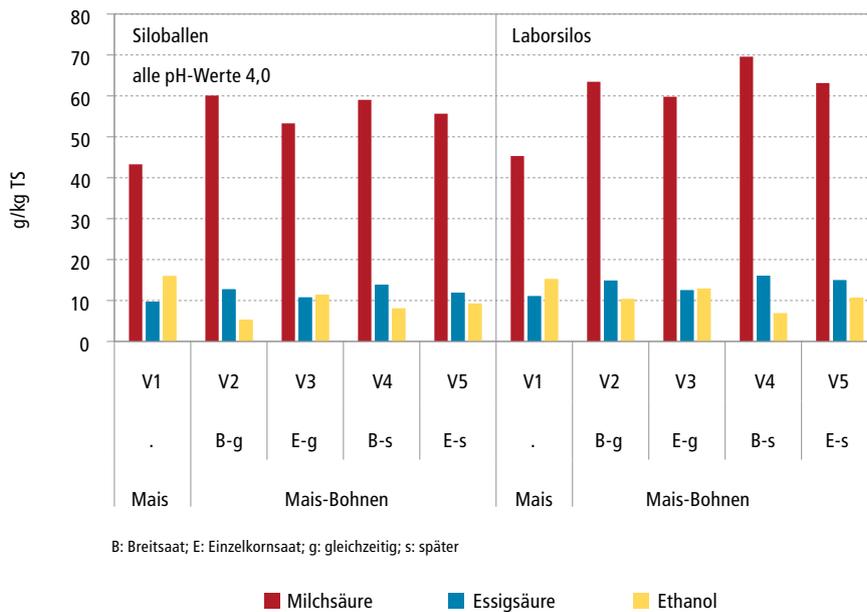


Abb. 4 | Gärparameter der Siloballen und der Laborsilos vom Versuchsjahr 2016.

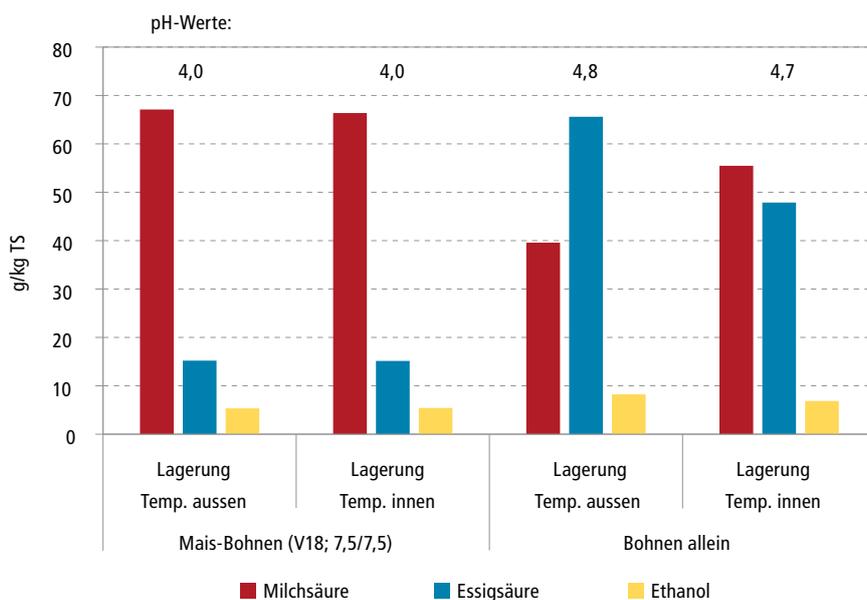


Abb. 5 | Gärparameter der Silagen aus den Laborsilos vom Versuchsjahr 2017 bei unterschiedlichen Lagerungstemperaturen.

In den Siloballen waren die Phasingehalte durchschnittlich 30 % höher und in den Laborsilos 35 % tiefer als im Futter vor dem Einsilieren (Abb. 5). Dabei stellt sich die Frage, ob die Lagerungstemperatur den Phasingehalt beeinflusst hat.

Die im zweiten Versuchsjahr verwendete Bohnensorte WAV 512 wies mit 0,94 mg/g einen wesentlich tieferen Phasingehalt auf im Vergleich zur Sorte Anellino Giallo, die im ersten Jahr verwendet wurde.

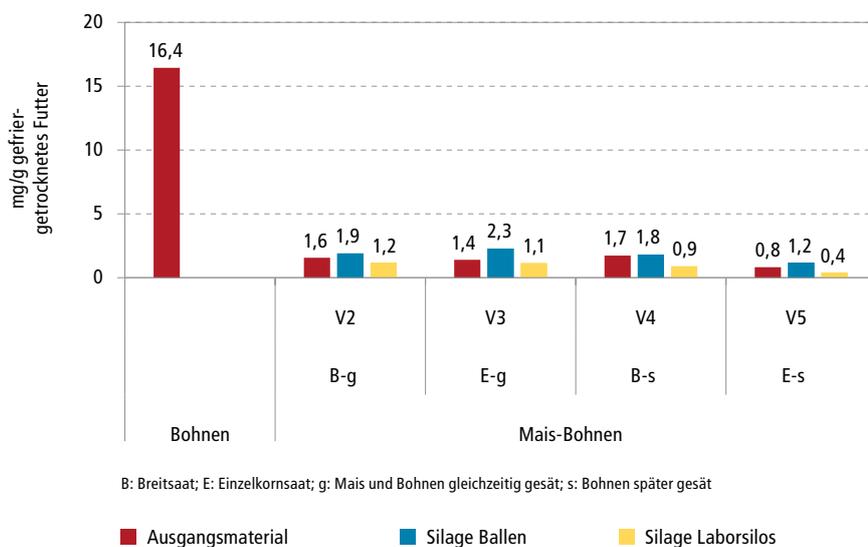


Abb. 6 | Phasingehalte im Ausgangsmaterial und den Silagen vom Versuchsjahr 2016.

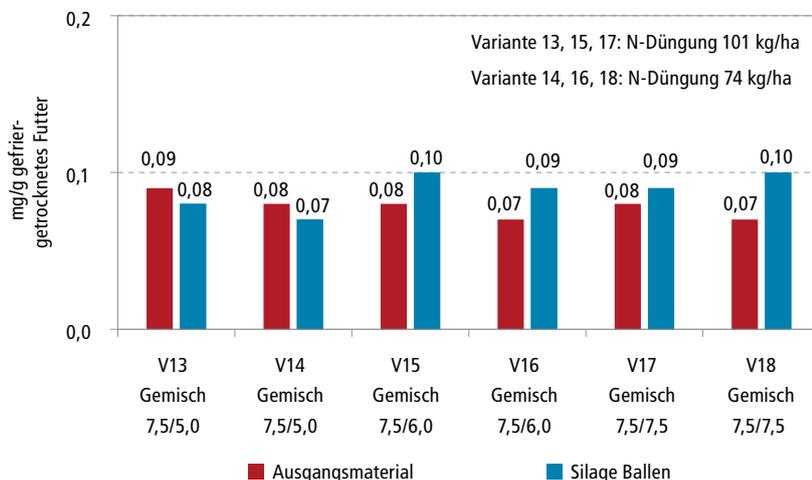


Abb. 7 | Phasingehalte im Ausgangsmaterial und den Ballensilagen vom Versuchsjahr 2017.

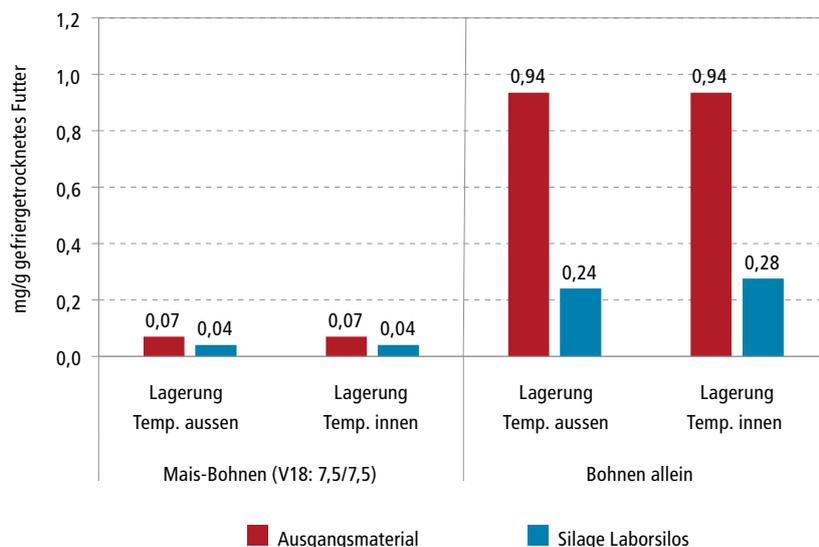


Abb. 8 | Phasingehalte im Ausgangsmaterial und den Laborsilagen bei unterschiedlicher Lagerungstemperatur aus dem Versuchsjahr 2017.

2017 waren in den Varianten mit dem Mais-Bohnen-Gemisch in den Ballensilagen die Phasingehalte nur leicht tiefer beziehungsweise höher als im Ausgangsmaterial (Abb. 7). Dies deckt sich mit den Untersuchungen von 2016.

In den Laborsilagen konnte wiederum eine stärkere Abnahme des Phasingehaltes als in den Ballen festgestellt werden. Die unterschiedliche Lagerungstemperatur hatte hingegen keinen Einfluss auf die Abnahme (Abb. 8). Die Phasingehalte sämtlicher Silagen waren sehr niedrig. Kein Wert war deutlich über 2 mg/g, was als vernachlässigbar niedrig betrachtet werden kann (Leiser *et al.* 2019).

Phasingehalte in Pellets

Zusätzliche Untersuchungen bei der Herstellung von Pellets in einer Graströcknungsanlage haben gezeigt, dass durch die Trocknung der Phasingehalt von 0,06 auf 0,01 mg/g Futter reduziert werden konnte.

Schlussfolgerungen

- Durch den Anbau eines Silomais-Bohnen-Gemischs sanken die TS-Erträge in den Jahren 2016 und 2017 zwischen den verschiedenen Varianten um 13 bis 29% im Vergleich zum reinen Maisanbau.
- Die Rohproteingehalte variierten in den Mischungen zwischen minus 10 und plus 36% im Vergleich zum reinen Maisanbau.
- Die Silagen des Silomais-Bohnen-Gemischs wiesen eine gute Gärqualität auf.
- Der Phasingehalt in den Bohnen ist stark von der Sorte abhängig.
- Bei der Silierung unter Praxisbedingungen sank der Phasingehalt in Ballen nur leicht oder war sogar erhöht im Vergleich zum Ausgangsmaterial. In den Laborsilos nahm der Phasingehalt durch die Silierung ab.
- Insgesamt waren die Phasingehalte im Mais-Bohnen-Gemisch sehr niedrig.
- Für die Verfütterung des Mais-Bohnen-Gemisches an Milchvieh wird empfohlen, Bohnensorten mit tiefen Phasingehalten zu verwenden. ■

Riassunto**Colture miste per gli alimenti per animali: miscela di mais e fagioli e contenuto di fasina**

La coltivazione di una miscela di mais e fagioli insilati potrebbe essere un'alternativa al mais insilato convenzionale. I fagioli utilizzano le piante di mais come supporto e potrebbero aumentare il contenuto proteico dell'insilato di mais. Tuttavia, la domanda è come cambiano la resa e i tenori delle altre sostanze. In particolare, l'effetto dell'insilamento sulla fasina, che è tossica nei fagioli crudi, è decisivo per questa miscela in quanto foraggiamento. Nel 2016 e 2017 il centro agricolo di Liebegg ha testato la coltivazione di una miscela di mais e fagioli insilati. Sono state confrontate le diverse epoche di semina dei fagioli, le diverse tecniche di semina (semina in pieno campo e semina in grani singoli), le quantità di sementi e le diverse quantità di fertilizzante con la coltivazione convenzionale del mais. Nel 2016 è stata utilizzata la varietà di fagioli Anellino giallo e nel 2017 la WAV 512. Oltre alla determinazione della resa, sono stati prodotti insilati anche in balle e sili di laboratorio. La miscela di mais e fagioli insilati ha ridotto le rese di materia secca tra le diverse varietà del 13–29 % nel 2016 e 2017 rispetto alla coltivazione di mais puro. Il contenuto di proteine grezze era fino al –10 to 36 % più elevato rispetto alla coltivazione del mais puro. Il contenuto di fasina, che dipende fortemente dalla varietà, non è stato ridotto dall'insilato nelle balle e leggermente ridotto nei sili di laboratorio. La coltivazione di varietà di fagioli a basso contenuto di fasina è raccomandata per l'uso nella pratica.

Summary**Mixed cultures for animal feed: maize/runner bean mixture and phasin content**

Growing a mixture of silage maize and runner beans could be an alternative to conventional silage-maize cultivation. The beans use the maize plants as a support, and are expected to increase the protein content of the maize silage. The question, though, is how yield and content of other substances change when the two crops are grown together. In particular, the effects of silage production on the phasin, which is toxic in the raw beans, are crucial for the use of this mixture as animal feed. In 2016 and 2017, the Liebegg Agricultural Centre tested the cultivation of a mixture of silage maize and runner beans in a field test without repeat. The bean variety «Anellino giallo» was sown in 2016, and «WAV 512» was used in 2017. In addition to determining yields, silages were also produced in bales and laboratory silos. Compared to maize grown on its own, the cultivation of a silage maize/bean mixture caused DM yields between the different variants to fall by 13–29 % in 2016 and 2017. Crude protein content was up to –10 to 36 % higher than with maize cultivation on its own. Phasin content, which is heavily dependent on the choice of variety, was not reduced by ensiling in bales, and was only slightly reduced by ensiling in the laboratory silos. For use in practice, the cultivation of bean varieties with a low phasin content is recommended.

Key words: maize silage, runner beans, yields, phasin.

Literatur

- Aulrich K., Meyer U., Fischer J. & Böhm H., 2017. Futterwert von Mais-Bohnen-Silagen: Stangen- und Feuerbohnen im Vergleich. 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau in Freising-Weihenstephan, 96-99.
- Bolduan, C., Stähler R., Buffler M. & Windisch W., 2016. Untersuchungen zum Gehalt von aktiven Lektinen in Gartenbohnen mittels ELISA. In: Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel-, Veterinär- und Agrarwesen (ALVA), editor. 71 ALVA Jahrestagung 2016. Klagenfurth (Austria).
- Brugger D., Hobmeier T., Buffler M., Bolduan C. & Windisch W., 2018. Zum ruminalen Abbau von Phasinen aus Stangenbohnen (*Phaseolus vulgaris*) sowie deren Einfluss auf die Gasbildung *in vitro*. *VDLUFA-Schriftenreihe* 75, 381–388.
- Kälber T., Aulrich K., Barth K., Böhm H., Bussemas R., Fischer J., Höinghaus K. & Weissmann F., 2017. Mais-Stangenbohnen-Silage als Futtermittel für Milchkühe und Mastschweine. 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau in Freising-Weihenstephan, 100–103.
- Leiser W., Brugger D. & Kastens K., 2019. Eine Alternative für die Ration. *DLG-Mitteilungen* 3, 64–66.