

# Mais und Bohnen im Misanbau

- Versuchsfrage:** Welche Erträge und Futterqualitäten (Energie-, Protein- und Phasingehalte) erzielen Mais/Stangenbohnen-Mischbestände im Vergleich zu Mais im Reinanbau?  
Wie hoch liegt die optimale Saaddichte für Bohnen im Misanbau mit Mais?
- Standorte:** Gränichen AG (Liebegg 2017 und 2019), Zollikofen BE (Rütti, 2017 und 2018), Zürich ZH (Agroscope Reckenholz 2017 und 2019), Lindau ZH (Strickhof 2018 und 2019)
- Anbaujahre:** 2017 - 2019
- Saatgut:** Maissorten: 'Benedictio KWS' oder 'Figaro'  
Bohnensorte: 'WAV512' 2017 und 2018, 'WAV612' 2019, von KWS bereitgestellt (ab 2019 wurde das bereits gemischte Mais-Bohnen-Saatgut von KWS SAAT SE verwendet)
- Pflanzenschutz:** Herbizidbehandlung im Voraufbau mit Sonderbewilligung für Versuchszwecke  
3 l/ha Stomp Aqua + 1.3 l/ha Frontier oder 3 l/ha Stomp Aqua + 1.3 l/ha Spectrum
- Düngung:** betriebsüblich, zusätzlich reduzierte Dünge-Verfahren an den Standorten Gränichen, Lindau und Zürich

**Verfahren:**

Saaddichte Mais	Saaddichte Bohnen	Düngung (BE nur betriebsüblich)
7.5 Körner / m <sup>2</sup> (2018-2019) 8 Körner / m <sup>2</sup> (2019)	5.0 Körner / m <sup>2</sup> (2017-2018)	Betriebsübliche Düngung
	3.1 Körner / m <sup>2</sup> (2019)	Reduzierte Düngung
	6.0 Körner / m <sup>2</sup> (2017-2018)	Betriebsübliche Düngung
	5.0 Körner / m <sup>2</sup> (2019)	Reduzierte Düngung
7.5 Körner / m <sup>2</sup> (2017-2018) 8 Körner / m <sup>2</sup> (2019)	-	Betriebsübliche Düngung
	-	Reduzierte Düngung
10.0 Körner / m <sup>2</sup>	-	Betriebsübliche Düngung
	-	Reduzierte Düngung



Abb. 1: Mais und Bohnen im Misanbau



Abb. 2: Mais-Bohnen Silage wird vom Rindvieh gerne gefressen

## Ein Gemeinschaftsversuch

In den Jahren 2017 - 2019 legte das Forum Ackerbau an verschiedenen Standorten Streifenversuche mit Mais-Bohnen-Gemenge an. Darin wurde das Mais-Bohnen Verfahren mit Mais in Reinsaat verglichen. Bereits 2016 führte die Liebegg einen Vorversuch durch. Ueli Wyss von Agroscope in Posieux führte in den Jahren 2016 und 2017 Silierversuche durch. Ein weiterer Partner war die KWS SAAT SE, die die Versuchsdurchführung mit Saatgut und Knowhow unterstützte.

## Die Züchtung macht's möglich

Der Proteingehalt des Mais-Bohnen-Gemenges wird vor allem vom Bohnenanteil bestimmt, denn die Bohnen enthalten 2.5-mal so viel Protein wie der Mais. Herkömmliche Garten-Stangenbohnsensorten sind für den Misanbau mit dem Mais ungeeignet, denn sie werfen zu früh die Blätter ab, haben ein zu grosses Korn und sind sehr teuer. Seit 2013 selektieren die 'Sativa Rheinau AG' und die 'KWS SAAT SE' in enger Kooperation mit den Universitäten Göttingen, Weihenstephan und Hohenheim Bohnen- und Maissorten, die optimal für den Misanbau geeignet sind. Mit der Bohnensorte 'WAV612' wurde eine optimale Partnerin für den Mais gefunden:

- Sie bildet viel Biomasse.
- Sie ist kältetolerant und kann somit mit dem Mais zusammen ausgesät werden.
- Sie reift gleichzeitig mit dem Mais ab.
- Sie hat ein kleines Tausendkorngewicht (TKG). Dies ermöglicht die gemischte Saat mit dem Mais und senkt die Saatgutkosten für den Landwirt.
- Der Phasingehalt im Korn ist mit 3 mg/g TS extrem niedrig, wie die Abb. 1 zeigt.

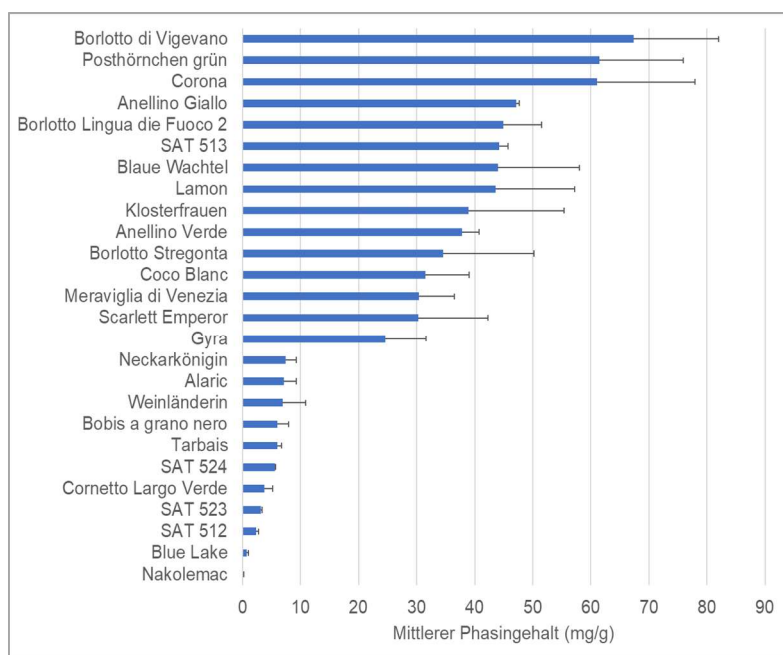


Abb. 3: Phasingehalte in den Körnern von 26 verschiedenen Bohnensorten. ('WAV612' ist eine verbesserte Nachfolgesorte von 'SAT512').  
Quelle: Brugger D., Hobmeier T., Buffler M., Bolduan C. & Windisch W. (2018) Zum ruminalem Abbau von Phasinen aus Stangenbohnen (*Phaseolus vulgaris*) sowie deren Einfluss auf die Gasbildung *in vitro*. In: VDLUFA-Schriftenreihe 75 (pp. 381-8).

## Gemischte Saat reduziert den Aufwand deutlich

Im Vorversuch der Liebegg wurde die Breitsaat mit der Einzelkornsaat verglichen, sowie die gleichzeitige Mais-Bohnen-Saat mit der Bohnensaar im 4-Blattstadium des Mais. Bei der Breitsaat war die Platzverteilung besser, dafür erwies sich die Ernte als schwieriger, da die Pflanzen stark zusammenhängen. Auf die Breitsaatvariante wurde deshalb in den Folgejahren verzichtet. Bezüglich Saattermin hat sowohl die gleichzeitige Saat wie auch die späte Saat technisch gut funktioniert. Bei der späten Saat muss überprüft werden, ob die Sämaschine die Bohnen neben dem Mais ablegen kann, ohne die Maisreihen zu

beschädigen. Ertragsmässig schnitt die späte Einsaat der Bohnen etwas besser ab. Da aber der Aufwand bei der gemischten Saat durch die eingesparte Überfahrt viel kleiner ist und sich deshalb in der Praxis eher durchsetzen wird, wurde in nachfolgenden Versuch des Forum Ackerbau nur auf die gemischte Saat gesetzt. Dafür müssen Bohnen mit einer vergleichbaren Korngrösse wie der Mais verwendet werden. Bei später Bohneneinsaat besteht zudem das Risiko, dass sich bei trockenen Saatbedingungen die Bohnen nur zögerlich entwickeln und dadurch der Mais den Bohnen davonwächst. Geringe Bohnenanteile in der Mischsilage wären dann die Folge.



Abb. 4: Wenn Mais- und Bohnenkörner gleich groß sind, können die Bohnen gemischt mit dem Mais in einem Durchgang gesät werden (LZ Liebegg 2016)

### **Unkrautbekämpfung ist nur mechanisch möglich**

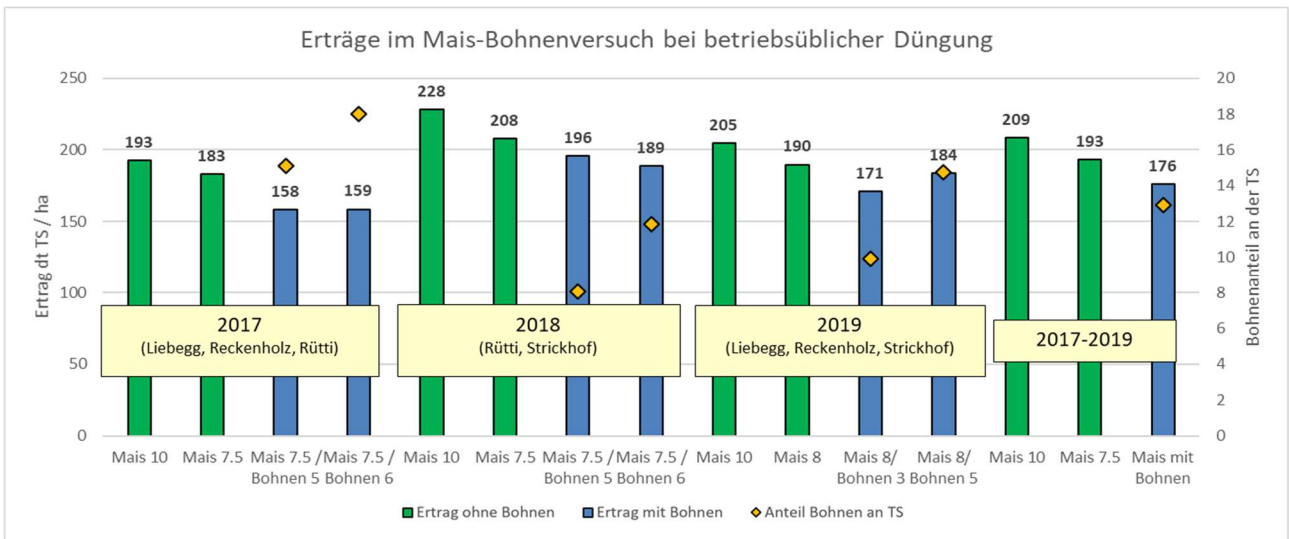
In der Schweiz ist momentan kein Herbizid im Nachauflauf sowohl für Stangenbohnen als auch für Mais zugelassen. Im Voraufbau wären die Herbizide Frontier, Spectrum, Stomp Aqua und Dual Gold sowohl für Mais wie auch für Stangenbohnen bewilligt. Laut ÖLN-Richtlinien darf im Mais aber keine Voraufbaubehandlung vorgenommen werden, ausser als Bandspritzung. Für den Mais-Bohnen-Anbau ist in der Praxis somit nur eine mechanische Unkrautbekämpfung zulässig, allenfalls kombiniert mit einer Voraufbau-Bandbehandlung. Für die Versuchsflächen des Forum Ackerbau wurden Versuchsbewilligungen ausgestellt. Im Jahr 2017 musste auf der Versuchsparzelle der Liebegg trotz Herbizidbehandlung eine mechanische Unkrautbekämpfung mit dem Scharhackgerät durchgeführt werden, da sehr viele Ackerwinden die chemische Behandlung überstanden hatten. Dieser Hackdurchgang im 4-Blattstadium des Mais hat sehr gut funktioniert. Im Mais-Bohnen-Anbau kann bis zu dem Zeitpunkt gehackt werden, wo sich die Bohnenranken beginnen über die Reihen hinweg zu verhaken.

### **Erträge des Gemenges fielen tiefer aus:**

Im Vorversuch der Liebegg lagen die Erträge im Mais mit Bohnen im Durchschnitt 19 % (13-28 %). tiefer als in der Reinsaat Mais. Damals wurden 7.5 Körner Bohnen zusammen mit 7.5 Maiskörner pro m<sup>2</sup> gesät, was zu einer zu hohen Bohnenbestandesdichte führte.

Im Versuch des Forum Ackerbau wurden unterschiedliche Saatkichten der Bohnen miteinander verglichen. 2017 und 2018 betrug die Saatkichte der Bohnen 5 und 6 Körner je m<sup>2</sup> und die Maissaatdichte betrug 7.5 Körner/m<sup>2</sup>. 2019 kam dann die Mais-Bohnenmischung "KWS MABONITA" auf den Schweizermarkt und im Versuch eingesetzt. Die empfohlene Saatkichte enthält 8 Körner Mais und 3.1 Körner Bohnen pro m<sup>2</sup>. Zusätzlich zu diesem Verfahren wurde der Versuch ergänzt mit einer höheren Bohnensaatkichte von 5 Körnern / m<sup>2</sup>.

Im Durchschnitt über alle Standorte lag der Ertrag mit den Mais-Bohnen-Verfahren in allen drei Jahren tiefer als die Reinsaat Mais. 2017 betrug der Ertragsrückgang 18 %, 2018 16 % und 2018 13 %. Zwischen den Saatkichten konnte keine klare Tendenz festgestellt werden.



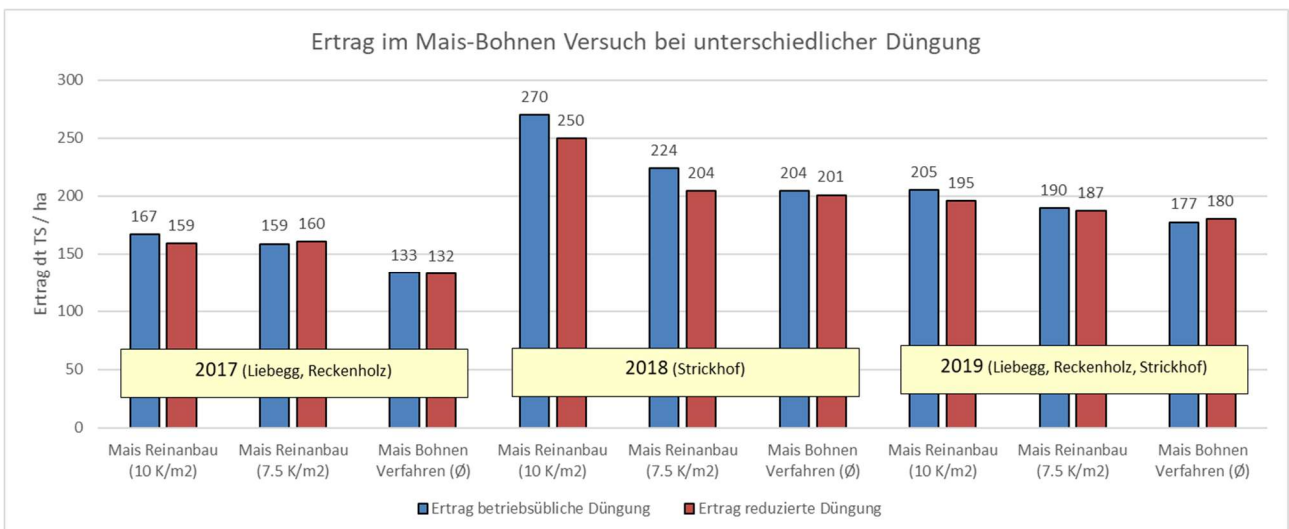
Graphik 1: Erträge und Bohnenanteil an der TS pro Jahr im Durchschnitt über die Versuchsstandorte in dt TS / ha bei betriebsüblicher Düngung.

### Einfluss der Düngung

An den Standorten Liebegg, Reckenholz und Strickhof wurden die Verfahren bei betriebsüblicher Düngung, sowie bei reduzierter Düngung angebaut. Bei der reduzierten Düngung wurde nur die erste Düngergabe ausgebracht und die zweite weggelassen. Damit sollte die Frage beantwortet werden, ob durch die Stickstofffixierung der Bohnen ein Teil der reduzierten Stickstoffdüngung kompensiert werden kann. Die Knöllchenbakterien an den Wurzeln der Bohnen waren deutlich sichtbar. Die rote Färbung deutete zudem darauf hin, dass die Bakterien aktiv waren und Luftstickstoff fixierten.

Die Versuchsergebnisse zeigten, dass es dank der Bohnen praktisch keine Ertragsdifferenz gab, auch wenn weniger Stickstoff gedüngt worden war. Wurde der Mais alleine angebaut, lag der Ertrag bei der reduzierten Düngung 8-20 dt TS/ha tiefer als bei der normalen Düngung. Diese Resultate lassen vermuten, dass der Mais von der Stickstofffixierung der Bohnen profitieren konnte. Allerdings muss beachtet werden, dass die geringere Bestandesdichte des Maises im Mischanbau auch einen Einfluss hat. So ist die Ertragsdifferenz zwischen den Düngervarianten mit dünner gesättem Mais weniger gross als mit dichter gesättem. Allerdings ist die Differenz immer noch grösser als im Mais-Bohnen-Verfahren.

Es wurde nicht erhoben, ob das Mais-Bohnen Verfahren nach der Ernte mehr Stickstoff im Boden hinterlässt. Hier lässt sich nur vermuten, dass die Bohnen dank ihren Knöllchenbakterien der Nachfolgekultur zusätzliche Nährstoffe hinterlassen.



Graphik 2: Erträge pro Jahr im Durchschnitt über die Versuchsstandorte, an welchen zwei Düngerverfahren angewendet wurden, bei betriebsüblicher Düngung und reduzierter Düngung.

### Höhere Rohproteingehalte dank der Bohnen:

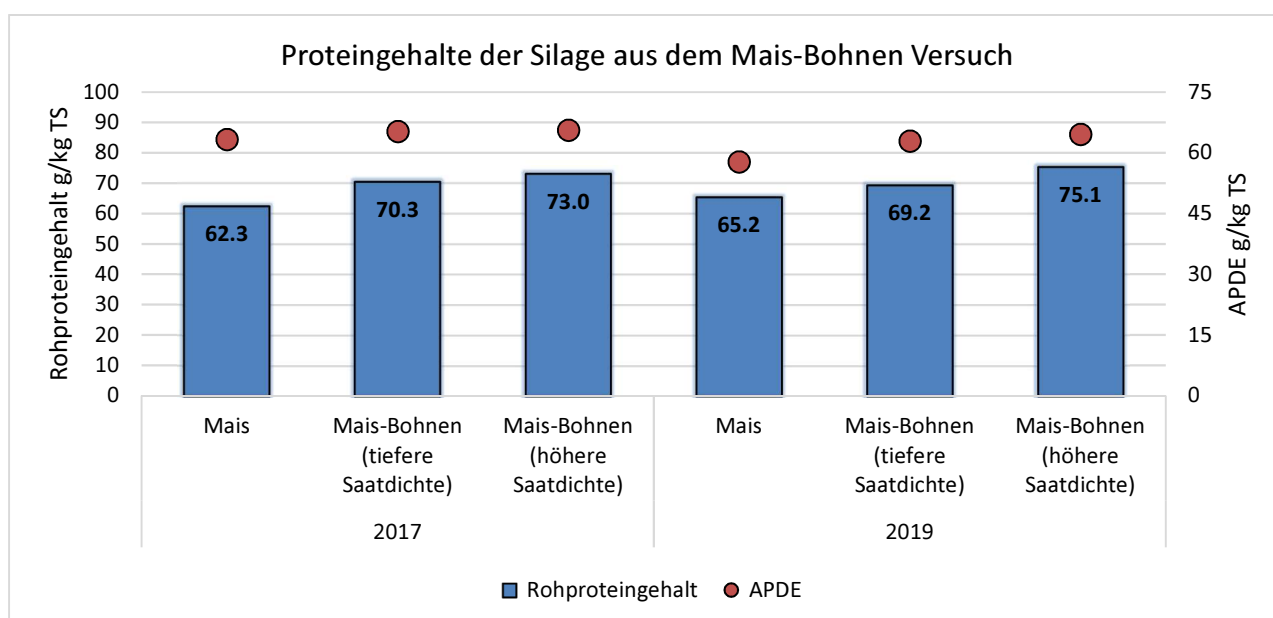
2016 (im Vorversuch) und 2017 (1. Versuchsjahr) wurden die Gehalte der reinen Bohnen und des Mais analysiert. Die Resultate zeigten eindeutig, dass Bohnen einen deutlich höheren Proteingehalt aufweisen als Mais (siehe nachfolgende Tabelle).

Tabelle 1: Proteingehalt der Mais- und Bohnenpflanzen 2016 und 2017

	Rohproteingehalt 2016	Rohproteingehalt 2017
Mais (ganze Pflanze)	66 g/kg TS	54 g/kg TS
Bohnen (ganze Pflanze)	145 g/kg TS	154 g/kg TS

Mit einer nasschemischen Analyse wurde zudem der Protein- und Energiegehalt der Silage analysiert. Im Vorversuch 2016 lag der Rohproteingehalt der Mais-Bohnen-Silage im Durchschnitt über alle Verfahren 10 % höher als in der reinen Maissilage (73.3 g/kg TS Rohprotein zu 66.8 g/kg TS). Damals betrug der Bohnenanteil an der Trockensubstanzmasse im Durchschnitt 16 %.

Im Versuch des Forum Ackerbau wurden 2017 und 2019 Gehaltsanalysen der Silage in den Verfahren mit betriebsüblicher Düngung durchgeführt. 2018 wurden keine Analysen gemacht, da sich die Bohnen bei den trockenen Bedingungen nur sehr zögerlich entwickelten und zu wenig Bohnenmasse bestand.



Grafik 3: Rohproteingehalt und APDE aus Silageproben der betriebsüblich gedüngten Verfahren im Durchschnitt über alle Standorte (2017: Liebegg, Reckenholz, Rütli & 2019: Liebegg, Reckenholz, Strickhof)

Die Resultate zeigen, dass mit den Bohnen der Rohproteingehalt in der Silage deutlich höher ist. 2017 waren dies je nach Saatkichte 13% und 17% mehr Rohprotein und 2019 6% und 15% mehr Rohprotein mit den Bohnen (siehe Grafik 3). 2017 betrug der Bohnenanteil 15% bei der Saatkichte mit 5 Bohnen/m<sup>2</sup> und 18% bei 6 Bohnen/m<sup>2</sup>. 2019 10% bei der Saatkichte mit 3 Bohnen/m<sup>2</sup> und 15% bei 5 Bohnen/m<sup>2</sup>.

Die Energiegehalte unterschieden sich kaum zwischen den unterschiedlichen Verfahren (siehe Tabelle 2).

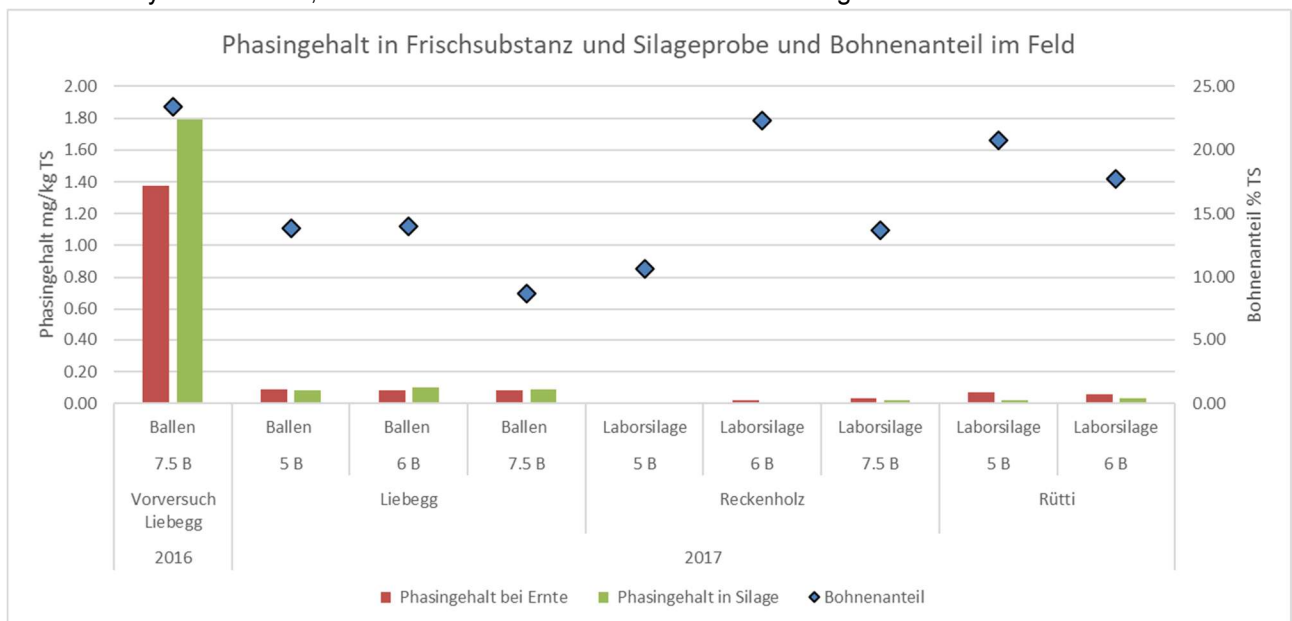
Tabelle 2: Energiegehalt der Silage aus den Verfahren mit betriebsüblicher Düngung 2017 und 2019

	2017		2019	
	NEL	NEV	NEL	NEV
Mais Reinanbau	6.6	6.9	7.3	7.9
Mais-Bohnen (tiefe Saatkichte)	6.6	6.8	7.6	8.1
Mais-Bohnen (höhere Saatkichte)	6.6	6.8	7.5	8.0

### Tiefere Phasingehalte dank passender Bohnensorte:

Phasin ist eine giftige Aminosäure in rohen Hülsenfrüchten. Es verursacht beim Menschen ein Verklumpen der roten Blutkörperchen. Da lange nicht sicher war, ob das Phasin negative Auswirkungen auch auf Nutztiere hat, wurden 2016 und 2017 Phasinuntersuchungen durchgeführt.

In den Versuchen des Forum Ackerbau wurde zuerst die Bohnensorte 'WAV512' (die Vorgängerin der Sorte 'WAV612') und ab 2019 'WAV612' verwendet. Im Vorversuch der Liebegg wurde die Sorte 'Anellino Giallo' gesät. Die Sorte 'WAV512' hat mit 0.94 mg/g einen wesentlich tieferen Phasingehalt als die Sorte 'Anellino Giallo' (16 mg/g). Dies wirkte sich auch auf die Phasingehalte der Mais-Bohnen-Silage aus. So lagen diese 2016 im Vorversuch bei 1.8 mg und 2017 nur noch bei 0.09 mg Phasin pro Gramm Trockensubstanz. Während des Silierprozesses baute sich das Phasin nur teilweise ab. Dagegen senkte sich bei der Herstellung von Pellets in einer Grastrocknungsanlage der Phasingehalt von 0.06 mg/g TS auf 0.01 mg/g TS. Durch Hitze wird das Phasin abgebaut, wie das auch in der menschlichen Ernährung beim Kochen von Bohnen der Fall ist. Phasinanalysen wurden nur in den Jahren 2016 und 2017 durchgeführt. Danach wurde auf die Analyse verzichtet, da mit den neuen Bohnensorten die Phasingehalte unbedeutend wurden.



Grafik 4: Die 2016 angebaute Bohnensorte Anellino Giallo führte in der Frischsubstanz und der Silage zu deutlich höheren Phasinwerten als die 2017 verwendete Sorte WAV512.

### Erfahrungen und Fütterungsversuche in Deutschland geben Entwarnung:

In Deutschland hat der Mais-Bohnen-Anbau in der Praxis bereits Fuss gefasst. So lag die Anbaufläche 2019 bei 4'000 ha. Die meisten Landwirte verfüttern die Mais-Bohnen-Silage an Milchkühe. Es wurden bisher keine negativen Auswirkungen festgestellt, auch nicht in Betrieben, die schon seit mehreren Jahren Mischsilage verfüttern. Auch in Fütterungsversuchen des Thünen Instituts 2016 und 2017 wurden keine negativen Auswirkungen auf Tiergesundheit, Milchleistung und Milchparameter festgestellt. Bei einem weiteren Fütterungsversuch auf zwei Praxisbetrieben mit hochleistenden Holstein-Kühen 2018 und 2019 wurden ebenfalls keine Veränderungen der Tiergesundheit und Milchleistung festgestellt (Leiser W., Brugger D. & Kastens K. (2019) Mais-Bohnen-Gemisch: Eine Alternative für die Ration. DLG-Mitteilungen 3, 64-6). Weder im Kot noch in der Milch konnte Phasin nachgewiesen werden. All diese Versuche und Praxiserfahrungen wurden mit Bohnensorten mit höherem Phasingehalt durchgeführt. Durch Sorten mit tiefem Phasingehalt kommt ein weiterer Sicherheitsfaktor dazu, womit nun die Verfütterung von Mais-Bohnen-Silagen an Wiederkäuer als unbedenklich bezeichnet werden kann.

Vorteile des Mais-Bohnen Anbaus	Nachteile des Mais-Bohnen Anbaus
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ein wichtiges Ziel dieser Mischkultur ist die Steigerung des Proteingehaltes der Silage, denn die Bohne hat im Vergleich zu Mais einen mehr als doppelt so hohen Proteingehalt. Gelingt es, in den Mischsilagen über die Bohnen den Proteingehalt anzuheben, kann Eiweißfuttermittel eingespart werden. Dies wiederum würde helfen, den Import von Sojabohnen zu reduzieren.</li> <li>• Bohnen gehören zu den Leguminosen. Diese können über Knöllchenbakterien Luftstickstoff fixieren. Dieser steht der Bohne und zu einem gewissen Teil auch dem Mais zur Verfügung, vor allem aber der Folgekultur im nächsten Jahr. Dies spart Mineraldünger, zu dessen Herstellung viel fossile Energie benötigt wird.</li> <li>• Die Bohnen führen im Mais zu einer schnelleren Bodenbedeckung. Dadurch wird das Unkraut besser unterdrückt und das Erosionsrisiko gemindert.</li> <li>• Die Bohnen erhöhen die Biodiversität in den Maisfeldern. Sie bieten über viele Wochen den Insekten und damit auch den Vögeln Nahrung und sie schützen die Bodenbrüter.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Je nachdem wie stark sich die Bohnen entwickeln, steigt das Risiko, dass der Mais unter der Last der Bohnenmasse heruntergedrückt wird oder sogar abknickt. Es ist deshalb besonders wichtig, auf standfeste Maissorten zu achten und das System nicht mit zu hoher Bohnen-Saatdichte zu belasten.</li> <li>• Die Bohnen bilden bis zur Ernte ein dichtes Geflecht im Maisbestand. Dies kann zum Teil die Ernte erschweren, da Pflanzen am Häckslergebiss hängen bleiben und damit den Einzug der Maispflanzen hemmen.</li> <li>• Bei der Saattiefe braucht es einen gewissen Kompromiss. Mais sollte nicht zu flach gesät werden (ca. 5 cm tief). Da die optimale Saattiefe von Bohnen bei 2-3 cm liegt, kann es bei der gleichzeitigen Saat vorkommen, dass die Bohnen nicht gleichmässig keimen und dadurch Lücken entstehen.</li> <li>• Herbizide, die im Mais und in den Bohnen gleichzeitig eingesetzt werden können, gibt es nur als Voraufbauherbizide. In der Schweiz dürfen Herbizide im Mais nur im Band als Voraufbaubehandlung gespritzt werden. Für den Mischanbau muss somit auf die mechanische Unkrautbekämpfung oder auf eine kombinierte Variante mit Bandbehandlung ausgewichen werden.</li> </ul>

## Anbauempfehlungen für den Mais-Bohnen Anbau

### Boden:

- Nicht auf staunassen, verdichteten Böden oder trockenen Standorten geeignet  
→ Bohnen sind sehr empfindlich auf schlechte Bodenverhältnisse und Trockenheit

### Fruchtfolge:

- Nicht geeignet in Fruchtfolgen mit anderen Leguminosen wie Buschbohnen, Konservenerbsen usw. wegen der Leguminosen-Müdigkeit

### Saatgut:

- Bohnensorte verwenden, welche besonders für den Misanbau geeignet ist  
→ Tiefer Phasingehalt, kleines TKG für die gemischte Saat, kältetolerant, kein frühzeitiger Blattabwurf, hohe Biomasseproduktion
- Maissorte muss standfest sein

### Bodenbearbeitung:

- Gleich wie beim Mais-Reinanbau
- Reduzierte Bodenbearbeitung wie Direktsaat oder Mulchsaat sind weniger geeignet

### Saat:

- Saatkörner des Maises etwas reduzieren auf rund 80'000 Körner /ha
- Saatverhältnis: 2/3 Maiskörner und 1/3 Bohnenkörner
- Saatgut vor der Saat mischen und in einem Durchgang säen
- Saatzeitpunkt nicht zu früh, da der Mais den Bohnen davonwachsen muss → ab Mitte Mai
- Saattiefe: Keinesfalls tiefer als 5 cm, da für die Bohnen eine Saattiefe von 2-3 cm optimal wäre

### Unkrautbekämpfung:

- Mechanische Unkrautbekämpfung ist die einzige mögliche Bekämpfungsmassnahme und könnte höchstens noch mit einer Bandbehandlung kombiniert werden  
→ Es sind nur Voraufbauherbizide für Mais und Bohnen zugelassen und laut ÖLN-Richtlinien sind Voraufbauherbizide im Mais nur als Bandbehandlung zugelassen
- Hacken ist möglich bis zum Zeitpunkt, wo sich die Bohnenranken reihenübergreifend berühren
- Wenn die Saat auf 5 cm Tiefe erfolgt ist, kann wenige Tage nach der Saat noch blind gestriegelt werden. Allerdings muss erst genau untersucht werden, wie weit die Bohnen bereits gekeimt sind, da diese sehr empfindlich sind und schnell abknicken können

### Krankheiten:

- Es sind keine Fungizide für Mais und Bohnen zugelassen

### Schädlinge:

- Nach der Saat Schneckenkontrollen durchführen und allenfalls Schneckenkörner streuen

### Düngung:

- Herkömmliche Düngung wie im Mais-Reinanbau
- Wegen der Stickstofffixierung der Bohnen kann die Stickstoffdüngung allenfalls etwas reduziert werden

### Ernte:

- Silomaisernte mit demselben Häcksler wie im Mais-Reinanbau
- Die Bohnen können sich am Gebiss verheddern und müssen von Zeit zu Zeit wieder entfernt werden. Dadurch verzögert sich die Ernte etwas.

### Konservierung:

- Silieren gleich möglich wie beim Mais-Reinanbau
- Bei hohem Bohnenanteil ist der Stärkegehalt tiefer als im Mais-Reinanbau. In kritischen Fällen mit weiteren Risikofaktoren für Fehlgärungen sollte ein Siliermittel eingesetzt werden.

### Verfütterung:

- Wenn eine Bohnensorte mit tiefem Phasingehalt gewählt wurde, ist die Verfütterung von Mais-Bohnen-Silage an Rindvieh uneingeschränkt möglich.