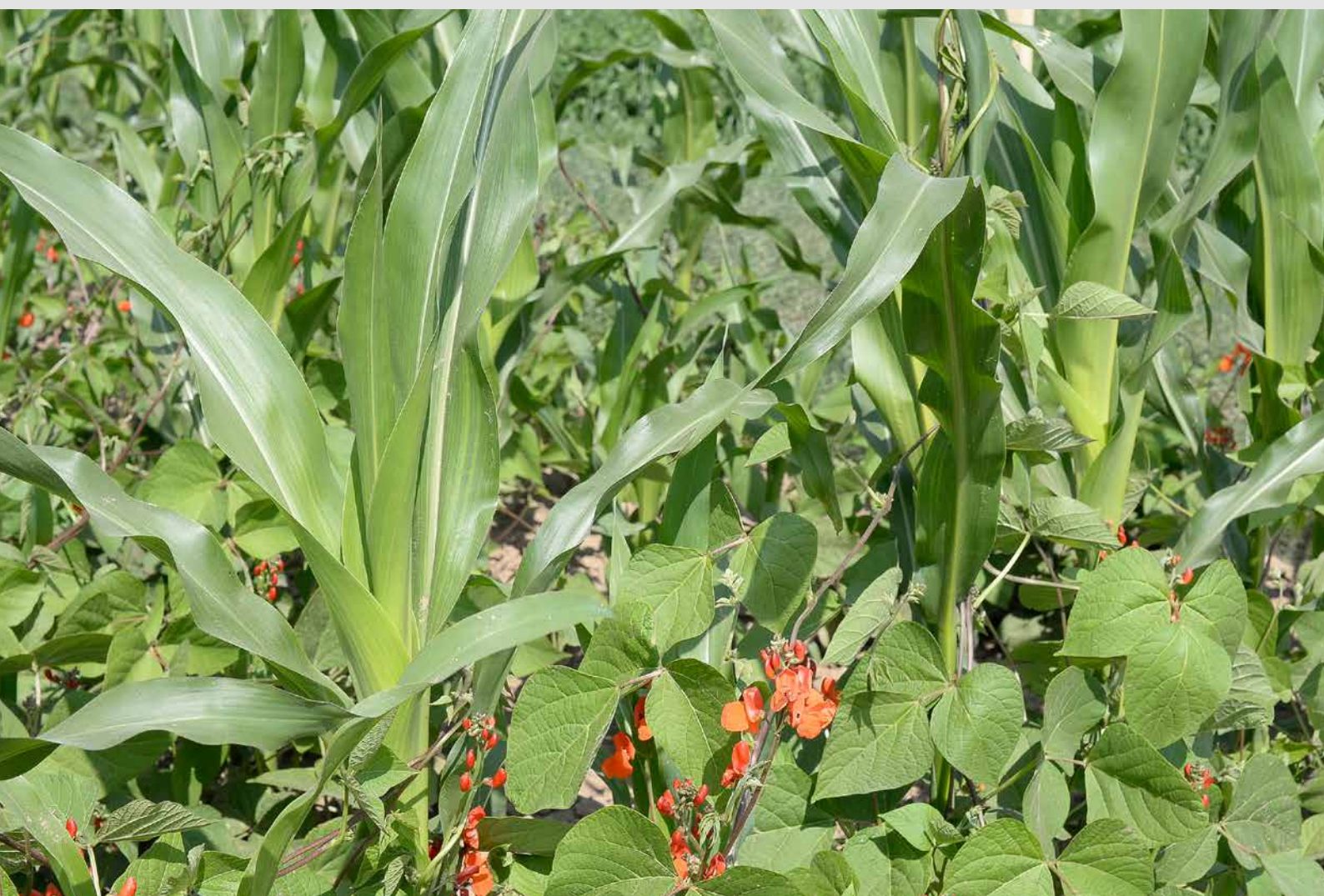


MAIS-BOHNEN-GEMENGE

Tagung des Ausschusses Futterkonservierung und
Fütterung im Deutschen Maiskomitee e. V. (DMK)
am 25. Februar 2021



Deutsches Maiskomitee e.V. (DMK)

INHALT



Impressum

Herausgeber:
Deutsches Maiskomitee e. V. (DMK)
Brühler Straße 9 • 53119 Bonn
dmk@maiskomitee.de
www.maiskomitee.de

Layout: AgroConcept GmbH, Bonn
Bildnachweis: landpixel.eu

Gedruckt auf Papier mit dem Blauen
Engel

Stand: Mai 2021

-
- 3 Bohnenzüchtung zur Optimierung einer langjährigen Partnerschaft**
E. Zand, A. Zschunke
 - 5 Mehr Leistung durch Züchtung: Mais-Stangenbohnen-Ergebnisse aus 2019 und 2020**
Dr. W. L. Leiser
 - 9 Sortenwahl im Mais-Bohnen-Gemengeanbau – Aspekte aus Pflanzenbau und Futterbewertung**
Dr. K. Aulrich, J. Bussemas, Dr. H. Böhm, Dr. F. Höppner
 - 16 Mais-Mischanbau – Welche Partner bieten sich an?**
H. Romundt
 - 18 Einfluss des Bohnensaattermins im Gemengeanbau mit Mais**
Dr. F. Höppner, J. Bussemas, Dr. K. Aulrich, Dr. H. Böhm
 - 23 Einfluss der N-Düngung auf Ertrag, Protein und Rest-N_{min}-Werte des Mais-Stangenbohnen-Mischbestandes**
T.-K. Niehoff
 - 28 Auswirkungen des Mais-Stangenbohnen-Gemengeanbaus auf den Stickstoffhaushalt**
D. Villwock, Prof. Dr. M. Müller-Lindenlauf
 - 33 Diversifizierung durch Mais-Gemenge – Einflüsse auf Anbau, Ertrag und Qualität**
V. S. Schulz, C. Schumann, Prof. Dr. M. Müller-Lindenlauf, K. Stolzenburg, S. Weisenburger, Dr. K. Möller
 - 37 Erträge und Gehalte von Mais-Bohnen-Gemischen mit Stangenbohnen oder Helmbohnen**
U. Wyss, D. Martin, A. Zemp
 - 40 Bestimmung des Rohproteingehalts von Mais-Stangenbohnen-Mischungen: Referenzanalytik und NIRS**
Dr. B. Darnhofer
 - 45 Einsatz von Mais-Stangenbohnen-Silage in der Milchviehfütterung, Ergebnisse des Silocontrollings**
Dr. T. Jilg, A. Jilg, M. Ismail, Dr. D. Brugger

BOHNENZÜCHTUNG ZUR OPTIMIERUNG EINER LANGJÄHRIGEN PARTNERSCHAFT

E. Zand, A. Zschunke · Sativa Rheinau AG, Schweiz

Zusammenfassung

Da sich die Eigenschaften von Stangenbohnen für den Mischanbau in wesentlichen Punkten von herkömmlichen Gartenbohnen unterscheiden, ist es notwendig, die Zuchtziele dementsprechend anzupassen. Einige dieser Ziele konnten bereits erreicht werden, andere (wie Verbesserung der Leistung und Resistenzen) verfolgt Sativa Rheinau weiterhin.

1. Ziele der Bohnenzüchtung für das Gemenge mit Mais

Allgemeines Ziel der Arbeit ist, die Leistung des Maises mit den Vorzügen der Stangenbohne zu kombinieren. Erhöhte Proteingehalte in der Silage, Stickstofffixierung und eine Steigerung der Biodiversität sollen dabei erreicht werden.

Nach der Trennung der Züchtung der beiden Kulturen und der Entwicklung in verschiedene Richtungen sollen diese wieder zusammengeführt werden und eine Optimierung für die Nutzung in der Tierernährung stattfinden. Im Fokus der Züchtungsarbeit steht zurzeit *Phaseolus vulgaris*. Bestehende Sorten sind häufig nicht für das Gemenge mit Mais geeignet, da bei der Züchtung von Gartenbohnen andere Ziele verfolgt werden.

Ein wesentliches Ziel in der Stangenbohnenzüchtung ist die gemeinsame Aussaat mit Mais, welche eine bestimmte Korngröße und Kältetoleranz der Bohne erfordert. Die Vereinfachung der Aussaat und die Kostensparnis sollen vorteilhaft für die Landwirtinnen und Landwirte sein.

Tab. 1: Unterschiede der Anforderungen an Gartenbohnen und an Stangenbohnen für den Mischanbau mit Mais

Merkmal	Gemüse-Anbau	Mischanbau mit Mais	Anmerkungen
Korngröße (TKG)	0	200–300	angepasst an den Mais
Spätreife	---	+++	3 bis 4 Wochen später
Kälte-/Frosttoleranz	0	+++	Aussaat 3 Wochen früher
Geschmack	+++	?	
Fadenbildung	---	0	
Phasingehalt	0	++	für Wiederkäuerfütterung

--- = nicht erwünscht, + = erwünscht, ++ = sehr erwünscht, +++ = unbedingt erforderlich, 0 = nicht relevant

Korngröße

Alle Zuchtlinien für den Mischanbau besitzen mittlerweile ein Tausendkorngewicht von 200–300 g und sind somit an die Korngröße des Maises angepasst.

Reifezeit

Das optimale Reifestadium ergibt sich aus dem Silagezeitpunkt. Im Zuchtgarten werden Merkmale wie Wüchsigkeit, Blattmasse und Hülsenansatz bonitiert. Die Feinabstimmung erfolgt über die Daten der Leistungsprüfung (siehe Vortrag Dr. Leiser). Dort stellt sich heraus, ob die Bohne tatsächlich für den Mischanbau mit Mais geeignet ist.

Kältetoleranz

Da es zum üblichen Zeitpunkt der Maisaussaat noch niedrige Temperaturen haben kann, muss die Bohne unter diesen Bedingungen geprüft werden. Diese Frühsaatverträglichkeit wird im Feldtest mittels frühem Aussaattermin und tiefer Ablage erprobt. Je nach Witterung können so Selektionsbedingungen geschaffen werden. Beispiele bei einer Aussaat der F2 jeweils am 20. April:

- Frühjahr 2019: äußerst lückenhafter Bestand, gute Selektionsmöglichkeit
- Frühjahr 2020: kein Spätfröst, geringe Differenzierung

Phasingehalt

Mittels Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass eine gewisse Variabilität im Phasingehalt der Zuchtlinien vorhanden ist. Aufgrund dessen wurden Marker für die Detektion entwickelt [1, 2]. Somit kann eine rasche Bestimmung und Selektion auf niedrigen Phasingehalt erfolgen.

Resistenzen

Mit zunehmender Anbaufläche könnte auch der Krankheits- und Schädlingsdruck steigen. Zu möglichen Schadbildern zählen u. a. Bohnenmosaikvirus (BCMV), Brennfleckenkrankheit (*Colletotrichum lindemuthianum*), Fettfleckenkrankheit (*Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*) und Bakterieller Bohnenbrand (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*) [3]. Um Resistenzen in unsere bestehenden Zuchtlinien einzubringen, wurden Kreuzungen mit Buschbohnen angelegt. Buschbohnen werden züchterisch intensiver bearbeitet, da sich die Produktion in einem wesentlich größeren Rahmen als bei Stangenbohnen abspielt.

Die Kreuzungsprodukte aus Stangenbohne x Buschbohne ergeben Buschbohnen, Stangenbohnen und mehrere Zwischenformen. In der 2.-4. Generation werden nur wüchsige Stangenbohnen selektiert.

2. Realisierung der Zuchtziele

Die Realisierung der Zuchtziele erfolgt durch eine mehrjährige, mehrstufige Selektion der Bohnen an der Stange im Zuchtgarten der 'Sativa Rheinau AG' und durch eine mehrjährige, mehrstufige Selektion der Bohnen am Mais an der Landessaatzuchtanstalt in Hohenheim.

Die Kreuzung von ausgewählten Eltern erfolgt im Gewächshaus in Rheinau. Die entstandenen Kreuzungsprodukte werden als F1 im Winterzuchtgarten kultiviert und kommen als F2 wieder zurück. Auch in den weiteren Jahren werden die selektierten Pflanzen jeweils in Rheinau und im Winterzuchtgarten angebaut. Ab der 4. Generation werden die Zuchtlinien parallel dazu in einer Leistungsprüfung in Kombination am Mais („general mixing ability“, GMA) der Landessaatzuchtanstalt Hohenheim geprüft. Kandidaten, die auch in der Mischkultur mit verschiedenen Maissorten („specific mixing ability“, SMA) überzeugen, werden vermehrt und können als neue Sorte angemeldet werden.

Literaturverzeichnis

[1] Starke, M. (2018): Selektion von Stangenbohnenarten (*Phaseolus vulgaris* L.) für den Mischbau mit Mais. Göttingen: Diss. Georg-August-Universität Göttingen.

[2] Starke, M., Leiser, W. (2019): Markerentwicklung für Bohnenselektion. Vortrag vom 27.03.2019

[3] Bedlan, G. (2012): Gemüsekrankheiten. Herausgeber: Zentralverband der Kleingärtner und Siedler Österreichs, Wien, 370 Seiten

MEHR LEISTUNG DURCH ZÜCHTUNG: MAIS-STANGEN-BOHNEN-ERGEBNISSE AUS 2019 UND 2020

Dr. W. L. Leiser · Landessaatzuchtanstalt, Universität Hohenheim, Stuttgart

Zusammenfassung

Die Ergebnisse aus 2019 und aus 2020 zeigen, dass die Mais-Stangenbohnen-Mischkultur inzwischen in der Leistung bis auf wenige Prozentpunkte zum Mais im Reinanbau aufgeschlossen hat. Dies wurde durch die Entwicklung neuer ertragsstarker Bohnensorten erreicht. Die bisherigen Ergebnisse zeigen mehr als deutlich die Überlegenheit der Mischkultur über die Mais-Reinkultur für Rohproteingehalt und z.T. auch für Rohproteinertrag.

Bei einer reduzierten N-Düngung ist der Mischanbau inzwischen deutlich ertragsstärker als der Mais im Reinanbau und liefert deutlich höhere Proteingehalte und Proteinerträge. Dieser deutliche Leistungszuwachs unter N-Mangel macht den Mais-Bohnen-Gemengeanbau für den Ökolandbau und bei konventionellem Anbau vor allem in den „roten Gebieten“ besonders attraktiv.

Einleitung

2018 wurde die Mais-Stangenbohnen-Mischkultur gerade mal auf ca. 400 ha angebaut. Das waren Probeanbauten von experimentierfreudigen Landwirten. 2019 waren es dann aber schon 4.000 ha. Und im Jahr 2020 standen von dieser vielversprechenden Mischkultur bereits ca. 15.000 ha auf unseren Äckern. Für 2021 ist mit einem weiteren deutlichen Flächenanstieg zu rechnen.

Erfolge der Stangenbohnenzüchtung für die Mischkultur mit dem Mais

Als man im Jahr 2012 erkannte, dass die aktuellen Garten-Stangenbohnen für den Mischan-

bau mit dem Mais ungeeignet waren, begann man die Stangenbohne für den Mischanbau mit dem Mais züchterisch zu optimieren. Dabei waren sowohl universitäre als auch private Züchter beteiligt. Bald stellte sich heraus, dass der Schlüssel für den Erfolg des Mais-Stangenbohnen-Anbausystems in der züchterischen Verbesserung der Stangenbohne lag. Somit wurden die züchterischen Aktivitäten in der Stangenbohnen-Züchtung ausgebaut. Durch die langjährige finanzielle Unterstützung der AKB Stiftung aus Einbeck, konnte ein Zuchtprogramm für Stangenbohnen speziell für den Mischanbau mit Mais bei dem Gemüsezüchter Sativa Rheinau AG aufgezogen werden. Seit 2018 werden die Leistungsprüfungen mit dem Mais von der Landessaatzuchtanstalt der Universität Hohenheim („LSA“) durchgeführt und koordiniert.

Den aktuellen Selektionsprozess von Stangenbohnen für den Gemengeanbau kann man in fünf Phasen unterteilen.

1. Phase: Kreuzung und Selektion der Bohnen an der Stange.

In dieser Phase werden die Bohnen an der Stange selektiert auf die Merkmale Korngröße, Kühletoleranz, Krankheitsresistenzen, Blühzeitpunkt, Biomasse, Hülsenansatz und zusätzlich mit einem molekularen Marker auf Phasingehalt.

2. Phase: Prüfung der besten Kandidaten aus Phase 1 mit einer standfesten Maishybride.

3. Phase: Prüfung der besten Kandidaten aus Phase 2 mit mehreren standfesten Maishybriden.

In den Prüfungen in Phase 2 und 3 werden die Sortenkandidaten in 2-reihigen, 10 m² großen Parzellen mit je 2 Wiederholungen an

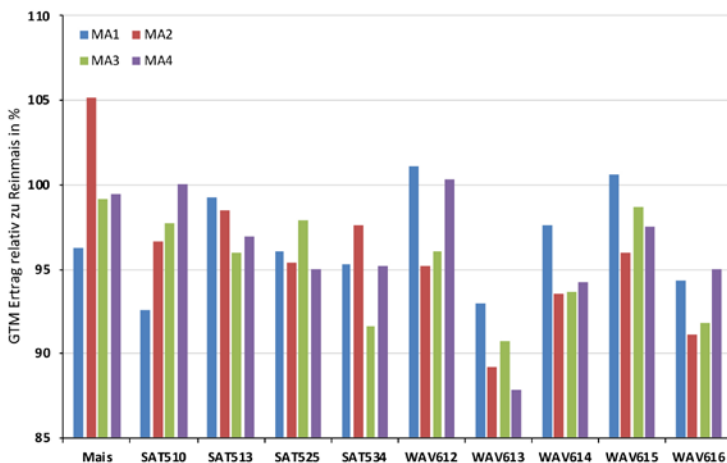
mindestens 4 Standorten geprüft. Alle Versuche werden mit einem Mais/Bohnen-Verhältnis von 8 Maispflanzen zu 4 Bohnenpflanzen pro m² angelegt. Die Vergleichsparzellen mit reinem Mais haben 10 Maispflanzen pro m².

4. Phase: Anmeldung der neuen Bohnensorten zur offiziellen Registrierung durch die Bohnenzüchter.

5. Phase: Vermehrung und Vertrieb.

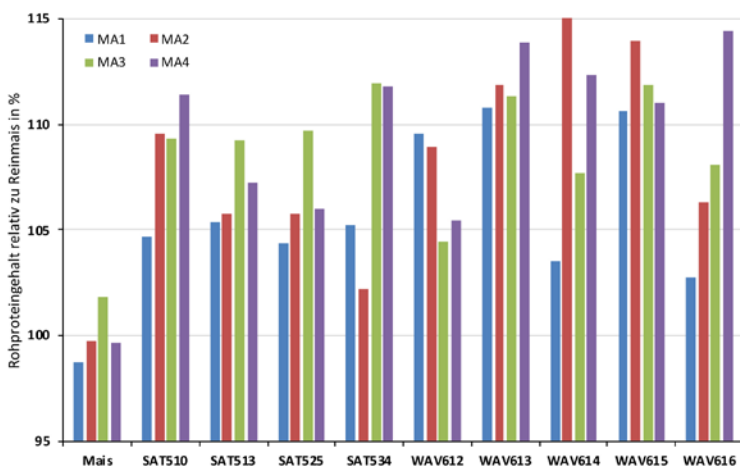
Die Vermehrung organisieren die Bohnenzüchter und der Vertrieb läuft über verschiedene Maiszüchtungsfirmen und Saatguthändler.

Abb. 1: Relativer Gesamttrockenmasse-Ertrag von 36 Mais-Bohnen-Kombinationen mit 9 Bohnensorten



Geprüft an 4 Maissorten (MA1–MA4) im Vergleich zu 4 Maishybriden (Mais) im Reinanbau aus dem Jahr 2019

Abb. 2: Relativer Rohproteingehalt von 36 Mais-Bohnen-Kombinationen mit 9 Bohnensorten



Geprüft an 4 Maissorten (MA1–MA4) im Vergleich zu 4 Maishybriden (Mais) im Reinanbau aus dem Jahr 2019

Gute Erträge und mehr Protein ernten

Im Jahr 2019 wurden an 4 Standorten Versuche durchgeführt, wobei nur zwei Standorte aussagekräftige Daten zu Selektion lieferten. Im „Phase 2-Versuch“, der Prüfung von 82 neuen Bohnengenotypen mit der Maissorte ‚KWS Figaro‘ konnten im Mittel Gesamttrockenmasse (GTM)-Erträge von 22 t/ha erreicht werden. Die Mais-Bohnen-Kombinationen erzielten relative GTM-Erträge zum reinen Mais von 89–96 %. Die Rohproteingehalte der Mais-Bohnen-Mischproben zeigten jedoch eine deutliche Überlegenheit von 102–112 % relativ zum reinen Mais.

Die Ergebnisse aus dem „Phase 3-Versuch“ im Jahr 2019, in welchem die 9 vielversprechendsten Bohnenkandidaten aus 2018 mit 4 Maissorten geprüft wurden, bestätigen die Ergebnisse aus dem „Phase 2-Versuch“. Auch hier konnten die Mais-Bohnen-Gemeinde GTM-Erträge relativ zum reinen Mais von 88–101 % erzielen (Abb. 1). Auch in diesem Versuch waren die Mais-Bohnen-Kombinationen dem Mais im Reinanbau im Rohproteingehalt deutlich überlegen (Abb. 2). Die beste Mais-Bohnen Kombination erreichte einen relativen Rohproteingehalt von ca. 115 % und die zwei besten Bohnen erzielten

im Schnitt über 4 Maissorten relative Werte von über 110 %. Auch im Rohproteinерtrag übertrafen die Mais-Bohnen-Gemenge den Mais in Reinkultur und erzielten im Mittel 103 % relativ zum reinen Mais, was einem Rohproteinерtrag von 15,4 dt/ha entspricht. Die besten Kombinationen erzielten Rohproteinерträge von 16,1 dt/ha. Das sind höhere Proteinерträge als sie Sojabohnen und Weizen erreichen.

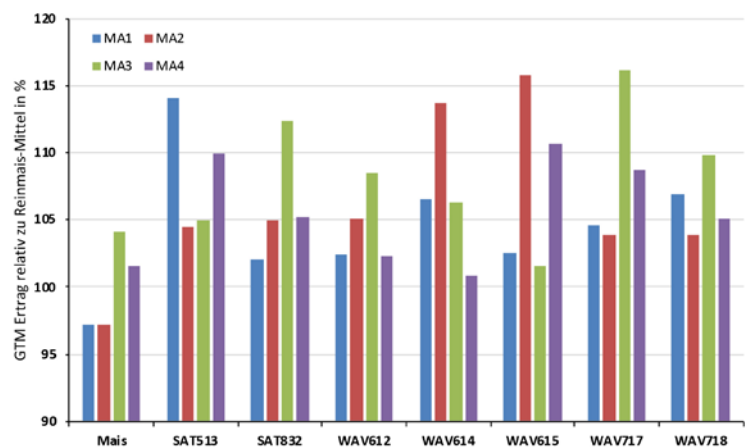
Mehr Leistung durch Züchtung

Im Jahr 2020 wurden im „Phase 2-Versuch“ 92 neue Bohnenkandidaten zusammen mit der Maissorte KWS Figaro geprüft und im „Phase 3-Versuch“ wurden 7 selektierte Bohnen aus 2019 an 4 Mais-Sorten getestet. Die Versuche standen jeweils an 4 Standorten, wobei drei Standorte ortsüblich gedüngt wurden. Der vierte Standort erhielt nur 65 kg N, inklusive Boden-N_{min} bei der Aussaat. Aufgrund eines kühlen Frühjahrs und dann lokalem Trockenstress konnte im Mittel ein geringerer GTM-Ertrag (18–19 t/ha) über die drei normal gedüngten Standorte im Vergleich zu 2019 erzielt werden. Die relativen GTM-Erträge der Mais-Bohnen-Kombinationen im Vergleich zum Reinmais schwankten über diese Umwelten zwischen 94 und 99 % im „Phase 2-Versuch“ und zwischen 94 und 101 % im „Phase 3-Versuch“. Hierdurch wird deutlich, dass die neuen Bohnenkandidaten die relativen Leistungen der Mais-Bohnen-Kombinationen nochmals im Vergleich zu 2019 steigern konnten, obwohl schwierigere Bedingungen und mehr Stress während der Vegetation vorherrschten. Die Selektion der Stangenbohnen für den Gemengeanbau zeigt somit schon heute weitere Erfolge und man kann davon ausgehen, dass sich die Leistungen in den nächsten Jahren noch weiter steigern lassen.

Deutliche Ertrags- und Proteinvorteile unter reduzierter N-Düngung

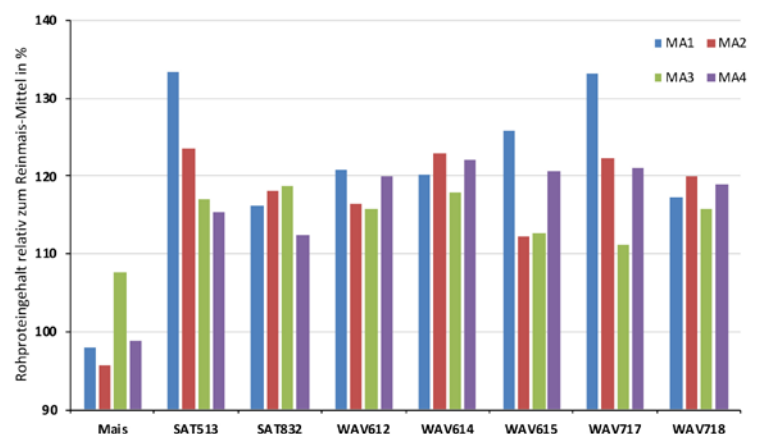
Die Versuche aus dem Jahr 2020 am Standort Einbeck unter stark reduzierten N-Bedingungen zeigten das volle Potential des Mais-Stangenbohnen-Anbaus auf und konnten klare Hinweise für zukünftige Anbaubedingungen mit voraussichtlich geringeren N-Gaben bieten. Hier konnten im „Phase

Abb. 3: Gesamttrockenmasse-Erträge von 28 Mais-Bohnen-Kombinationen mit sieben Bohnensorten



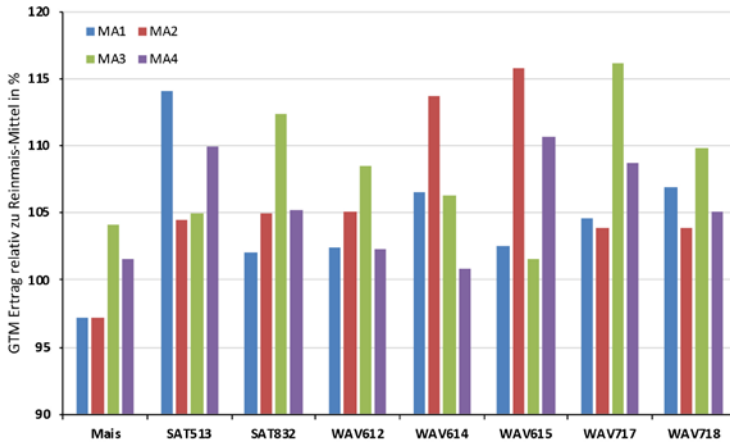
Geprüft an 4 Maissorten (MA1-MA4) im Vergleich zu 4 Maishybriden (Mais) im Reinanbau im Jahr 2020 unter reduzierter N-Düngung

Abb. 4: Relativer Rohproteingehalt von 28 Mais-Bohnen-Kombinationen mit sieben Bohnensorten



Geprüft an 4 Maissorten (MA1-MA4) im Vergleich zu 4 Maishybriden (Mais) im Reinanbau im Jahr 2020 unter reduzierter N-Düngung

Abb. 5: Relativer Rohproteintrag von 28 Mais-Bohnen-Kombinationen mit sieben Bohnensorten



Geprüft an 4 Maissorten (MA1-MA4) im Vergleich zu 4 Maishybriden (Mais) im Reinanbau im Jahr 2020 unter reduzierter N-Düngung

2-Versuch“ GTM-Erträge von bis zu 114 % relativ zum Reinmais erzielt werden. Für Rohproteingehalt und Rohproteintrag wurden noch deutlich höhere Steigerungen erzielt, so erreichten die 10 % besten Bohnenlinien Rohproteinwerte von 141–145 % und Rohproteinträge von 153–163 % relativ zum reinen Mais KWS Figaro. Im „Phase 3-Versuch“

wurden sogar noch bessere Ergebnisse der Mais-Bohnen-Kombinationen erzielt. Die beste Mais-Bohnen-Kombination erreichte hier einen GTM-Ertrag von 116 % relativ zum Reinmais-Mittel (Abb. 3), das bedeutete eine Steigerung von 16,0 auf 18,6 t/ha GTM.

Im Hinblick auf Proteinsteigerungen konnte die beste Mais-Bohnen-Kombination einen Rohproteingehalt von 133 % und einen Rohproteintrag von 167 % relativ zum Reinmais-Mittel erzielen (Abb. 4 und 5). Diese deutlichen Steigerungen hinsichtlich Ertrag, Rohproteingehalt und Rohproteintrag zeigen, dass unter stark reduzierter N-Düngung der Mais-Stangenbohnen-Anbau dem reinen Mais-Anbau deutlich überlegen ist. Unter diesen Bedingungen kommt die Fähigkeit der Bohne, Stickstoff aus der Luft zu binden, dem ganzen System zugute und selbst der Mais erscheint in einer dunkel-grüneren Farbe, also unter besserer N-Versorgung, als wenn er seine Partnerin nicht hätte.

SORTENWAHL IM MAIS-BOHNEN-GEMENGEANBAU – ASPEKTE AUS PFLANZENBAU UND FUTTERBEWERTUNG

Dr. K. Aulrich, J. Bussemas und Dr. H. Böhm · Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Ökologischen Landbau, Westerau, und Dr. F. Höppner · Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Braunschweig

Zusammenfassung

Zur Bewertung des pflanzenbaulichen Potentials des Mais-Bohnen-Gemengeanbaus wurden Feldversuche mit verschiedenen Sorten von Stangen- und Feuerbohnen in den Jahren 2015, 2016 und 2018 am ökologisch bewirtschafteten Standort Trenthorst durchgeführt. Dabei wurden die Bohnen zeitlich verzögert, d.h. zum Vierblattstadium des Mais, nach erfolgter mechanischer Unkrautregulierung, gelegt. Die Gesamt-Trockenmasseerträge zeigten in allen Jahren keine signifikanten Unterschiede zwischen den Mais-Reinsaaten und den Mais-Bohnen-Gemengen. Die Bohnenerträge variierten stark zwischen den Jahren, wobei bei guter Wasserversorgung höhere Bohnenerträge erzielt wurden. Die mittelspäte Stangenbohnenart Tarbais zeigte in allen Jahren die höchsten Bohnenerträge gefolgt von den spätreifen Sorten Anellino verde und Grünes Posthörnchen. Die Feuerbohnenarten Preisgewinner und Weiße Riesen sowie die mittelfrühe Stangenbohnenart Cobra wiesen dagegen die geringsten Bohnenerträge auf. Die geernteten Mais-Bohnen-Gemenge erzielten in allen drei Jahren mit zwei Ausnahmen stets höhere Rohproteingehalte als reine Maissilagen. Die jeweils höchsten Rohproteingehalte wurden in den Untersuchungsjahren in den Gemengen mit der Stangenbohne Tarbais erreicht, wobei ein deutlicher Jahreseinfluss festgestellt wurde. Die Sortenwahl beeinflusste die Gehalte an antinutritiv wirkenden Lektinen

ebenso wie das Anbaujahr. So waren diese in den Gemengen mit der Stangenbohne Tarbais in allen Versuchsjahren am geringsten, wobei 2018 die geringsten Lektinegehalte in den Gemengen aller Sorten festgestellt wurden. Die Gemenge mit den buntblühenden und bunten Samen ausbildenden Stangenbohnen Cobra und Grünes Posthörnchen wiesen in allen Versuchsjahren die höchsten Lektinegehalte auf. Es konnte festgestellt werden, dass der Silierprozess die Lektinegehalte deutlich reduzierte. Die in den Silagen vorkommenden Gehalte waren so gering, dass sie kein antinutritiv wirksames Potential mehr aufwiesen. Die Tanningehalte lagen zwischen 3,5 und 6,1 g/kg und veränderten sich durch die Silierung nicht signifikant. Die Differenzierung der Pflanzenorgane zeigte, dass in den Samen die höchsten und in den Stängeln die geringsten Rohproteingehalte zu finden waren. Die Samen der Stangenbohne Cobra wiesen in allen Versuchsjahren die höchsten Rohproteingehalte auf. Auch die Blätter und Hülsen zeigten oftmals hohe Gehalte an Rohprotein, die bis zu 22 % betragen. Die Gehalte an sekundären Inhaltsstoffen in den Pflanzenorganen variierten stark. So wurden in den dunklen Samen der Stangenbohnen Cobra und Grünes Posthörnchen die höchsten Lektinegehalte nachgewiesen, in den Blättern aller Sorten dagegen die höchsten Tanningehalte.

1. Einleitung

Als ein Teilaspekt wurde im interdisziplinären Projekt zur „Verbesserung der Protein- und Energieversorgung bei Wiederkäuern und Monogastriern durch Gemengeanbau von Mais mit Stangen- oder Feuerbohnen“ untersucht, welche Stangen- bzw. Feuerbohnen sich hinsichtlich Ertrag und Futterwert besonders für den Gemengeanbau mit Mais eignen. Hierzu wurden 4 Stangenbohnen- und 2 Feuerbohnenarten im Gemenge mit Mais im Vergleich zur Maisreinsaat geprüft. Die Bohnenarten variierten hinsichtlich ihrer Samen- und Blütenfarbe, da in der Literatur ein Zusammenhang zwischen der Samenfarbe und den Gehalten an antinutritiven Pflanzeninhaltsstoffen beschrieben ist. [1, 2]

2. Material und Methoden

Der Sortenversuch wurde auf dem ökologisch bewirtschafteten Versuchsbetrieb des Instituts als vollständig randomisierte Blockanlage mit 4 Feldwiederholungen angelegt. Aufgrund der schweren Böden und der kurzen Vegetationsperiode am Standort wurde die frühe Silomaisart Saludo (S 210) eingesetzt. Der Reihenabstand vom Mais betrug 75 cm, während die Saattiefe bei ca. 6 cm lag. Der Mais wurde in der Kontrollvariante mit der praxisüblichen Saattiefe von 11 Körnern (Kö)/m², sowie einer reduzierten Saattiefe von 8 Kö/m² ausgebracht, wie sie auch in den Gemengevarianten zum Einsatz kam, um hier die interspezifische Konkurrenz zu minimieren. Die Bestände wurden zum Zweiblattstadium vom Mais (EC12) gestriegelt und zum Vierblattstadium (EC14) gehackt. Nach Abschluss der Pflegemaßnahmen wurde die Aussaat der Bohnen durchgeführt. Dabei wurden die Bohnen in alternierenden Reihen mit einem Abstand von 15 cm zum Mais, in einer Saattiefe von 3–4 cm abgelegt. Die Maisaussaat erfolgte standortüblich Anfang bis Mitte Mai. Die Bohneaussaat erfolgte 3–4 Wochen nach der Maisaussaat. Die Ern-

tetermine variierten stark in Abhängigkeit der Witterung.

Für die Bestimmung der Ertragsanteile wurde je Parzelle eine Fläche von 1 m² Mais mit den dazugehörigen Bohnen auf Häckselhöhe (ca. 15 cm) geerntet. Anschließend erfolgte die Trennung der Proben in Mais- und Bohnenpflanzen. Zudem wurde eine weitere Trennung der Bohnen in die Pflanzenorgane (Blatt inkl. Blattstiel, Stängel, Hülse, Korn) vorgenommen. Von allen Proben wurde die Gesamtfrischmasse von Mais und Bohne erfasst und eine Bestimmung des Trockensubstanzgehaltes nach Trocknung bei 105 °C für 48 h durchgeführt. Anhand der prozentualen Anteile von Mais und Bohne und der Parzellenerträge wurden schließlich die Mais- und Bohnenerträge ermittelt.

Die Parzellenernte in Trenthorst wurde zur Siloreife in den beiden mittleren Reihen mit einem Exaktfeldhäcksler (Champion C 1200, Fa. Kemper, Stadtlohn, Deutschland) durchgeführt und das Gewicht über eine Wägeinheit mit Rotationsprobenehmer (Cibus TRM, Wintersteiger AG, Österreich) erfasst. Unter Berücksichtigung des TS-Gehaltes (Trocknung bei 105 °C für 48 h) wurde der Trockenmasseeertrag ermittelt. Darüber hinaus wurden die Rohprotein- und Stärkeerträge unter Berücksichtigung der Nährstoffgehalte berechnet.

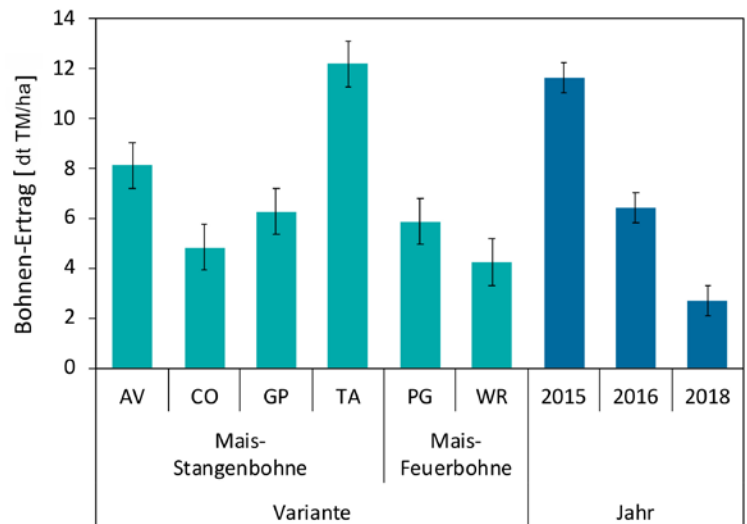
Es wurden Silagen der Mais-Reinsaat und der Mais-Bohnen-Gemenge im Labormaßstab erstellt. Als Laborsilos dienen 1,5-l-Weckgläser, in welche geerntetes Probenmaterial eingefüllt und mit einem Stopfer verdichtet wurde. Nach der Befüllung wurden die Gläser sofort verschlossen und anschließend in einer Klimakammer bei 20 °C für 90 Tage gelagert.

Zur Bestimmung der Trockensubstanz wurden ca. 1.000 g für 48 h bei 105 °C getrocknet. Für die Bestimmung der Rohrnährstoffe wurde das Probenmaterial bei 60 °C für mindestens 48 h getrocknet. Probenmaterial zur Bestimmung der sekundären Pflanzeninhaltsstoffe wurde mittels Gefriertrocknung oder schonend bei 40 °C für 16 h getrocknet und anschließend bei Bedarf mit einer Schneidmühle (Retsch®, SM2000, Retsch GmbH, Haan, Deutschland) vorvermahlen. Zur Bestimmung der Rohrnährstoffe wurde das Probenmaterial mit einer Cylotec-Mühle (Foss®, Cylotec 1093, Foss Deutschland GmbH) durch ein 1 mm Sieb vermahlen, während Probenmaterial zur Bestimmung der sekundären Pflanzeninhaltsstoffe mit einer Schwingmühle (Retsch®, MM400, Retsch GmbH, Haan, Deutschland) vermahlen wurde.

Die auf 1 mm vermahlene Proben des Erntegutes und der Silagen wurden mittels der Methoden des VDLUFA [4] auf ihre Rohrnährstoffgehalte einschließlich Stärke untersucht. Die zu den antinutritiven Inhaltsstoffen zählenden Lektine (Phytohaemagglutinine) wurden mittels eines Sandwich-ELISA [5] gemessen. Die Analyse der Tannine erfolgte nach der Folin-Ciocalteu-Methode [6], die in unserem Labor auf Mikrotiterplatten adaptiert wurde.

Die statistische Auswertung wurde mit SAS 9.4 und der Prozedur Mixed durchgeführt. Die Auswertung des Sortenversuchs erfolgte mittels einfaktorieller ANOVA für die fixen Faktoren Jahr und Variante, sowie deren Wechselwirkung (Jahr x Variante). Die Feldwiederholungen gingen als zufällige Variable in die Modelle ein. Die Auswertung der wertgebenden und antinutritiven Inhaltsstoffe erfolgte mittels mehrfaktorieller ANOVA für die fixen Faktoren Jahr, Variante und Typ, sowie deren Wechselwirkungen. Die Normalverteilung der Residuen wurde mit dem Shapiro-

Abb. 1: Bohnen-Ertrag der Mais-Bohnen-Gemenge im Sortenversuch



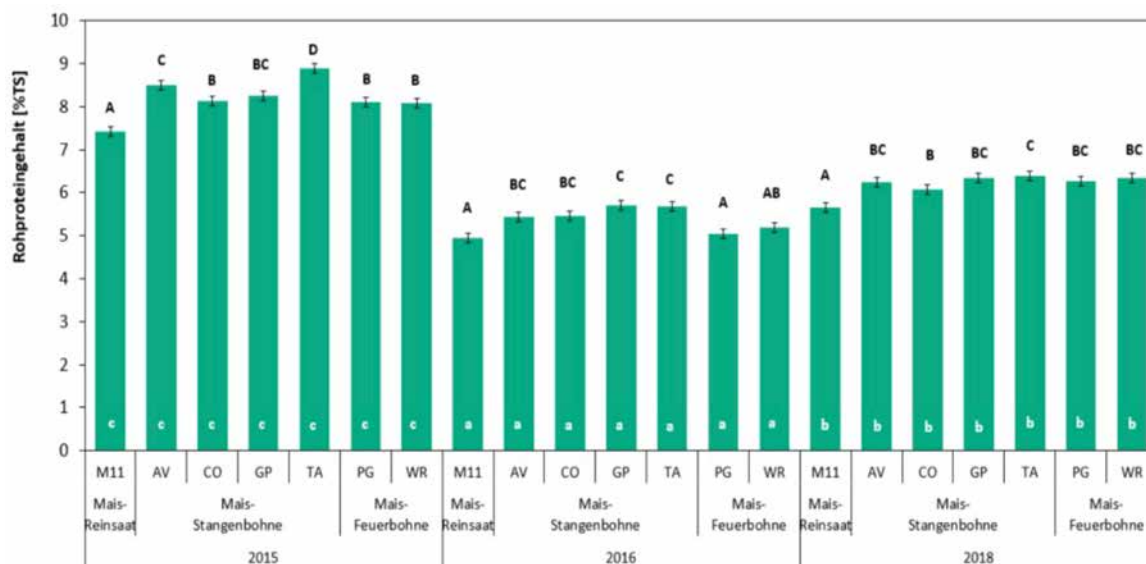
LSMeans ± SEM (SAS 9.4, Proc Mixed, Tukey-Cramer ($p < 0,05$)); LSMMeans ohne gemeinsamen Großbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten, LSMMeans ohne gemeinsamen Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Jahren; (AV=Anellino verde, CO=Cobra, GP=Grünes Posthörnchen, TA=Tarbais, PG=Preisgewinner, WR=Weiße Riesen)

Wilk-Test- und QQ-Plots überprüft, während die Varianzhomogenität mittels Residuen-Diagrammen und dem von Brown-Forsythe modifizierten Levene-Test überprüft wurde. Paarweise Vergleiche wurden mit dem Tukey-Kramer-Test ($\alpha = 0,05$) durchgeführt, während die Signifikanzbuchstaben mit dem %mult-Makro generiert wurden [3].

3. Ergebnisse und Diskussion

Für den Gesamtertrag konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten nachgewiesen werden. Im Gegensatz dazu wurden signifikante Unterschiede zwischen den Jahren ($p < 0,0001$) 2015, 2016 und 2018 gefunden mit dem signifikant geringsten Ertrag von 135 dt TM/ha im Jahr 2018 und dem signifikant höchsten Ertrag von 163 dt TM/ha im Jahr 2016. 2015 lag der Gesamtertrag bei 150 dt TM/ha.

Im Mittel der drei Versuchsjahre wurde der signifikant höchste Bohnenertrag für die Stan-

Abb. 2: Rohproteingehalte der Mais-Reinsaat und der Mais-Bohnen-Gemenge im Sortenversuch

LSMeans \pm SEM (SAS 9.4, Proc Mixed, Tukey-Cramer ($p < 0,05$)); LSMeans ohne gemeinsamen Großbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten innerhalb desselben Jahres. LSMeans ohne gemeinsamen Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Jahren innerhalb derselben Variante; (M11), (AV)=Anellino verde, CO=Cobra, GP=Grünes Posthörnchen, TA=Tarbais, PG=Preisgewinner, WR=Weiße Riesen)

genbohne Tarbais (12,2 dt TM/ha) gefolgt von Anellino verde (8,1 dt TM/ha) erfasst (Abb. 1). Signifikant geringere Erträge wiesen die Stangenbohnen Cobra und Grünes Posthörnchen sowie die Feuerbohnen Preisgewinner und Weiße Riesen auf. Von den drei Versuchsjahren wurde der durchschnittlich und signifikant geringste Bohnenertrag aufgrund extremer Trockenheit im Jahr 2018 mit 2,8 dt TM/ha erzielt und im Jahr 2015 der signifikant höchste (11,6 dt TM/ha).

Die Betrachtung der Rohprotein (XP)-Gehalte (Abb. 2) der Varianten zeigt signifikante Unterschiede zwischen den Jahren. Die höchsten Gehalte wurden im Jahr 2015 analysiert, die geringsten im Jahr 2016, sowohl beim Mais als auch in den Mais-Bohnen-Gemengen. Die Gemenge aller Varianten mit Stangen- oder Feuerbohnen wiesen signifikant höhere XP-Gehalte auf als Mais in Reinsaat mit Ausnahme des Gemenges mit der Feuerbohne Preisgewinner im Jahr 2016. Mit der Sorte Tarbais wurden in allen drei Jahren die höchsten XP-Gehalte erzielt, wobei im Jahr 2015 auch

der höchste XP-Zuwachs mit 1,5 %-Punkten beobachtet werden konnte.

Trotz der Unterschiede in den XP-Gehalten konnten keine signifikanten Unterschiede im Rohprotein-Ertrag zwischen den Varianten ermittelt werden. Dagegen variierte der Rohprotein-Ertrag signifikant zwischen den Jahren mit dem höchsten Wert 12,7 dt XP/ha im Jahr 2015. Im Jahr 2016 lag dieser bei 8,86 dt XP/ha und im Jahr 2018 bei 8,14 dt XP/ha.

Von großem Interesse ist im Hinblick auf die Sortenwahl und die damit verbundene Erzielung möglichst hoher XP-Steigerungen die Frage nach der Lokalisierung der XP-Gehalte in den Pflanzenorganen. Daher wurden diese getrennt in Blatt, Hülse, Samen und Stängel bestimmt. Abb. 3 zeigt exemplarisch für das Jahr 2015, dass die höchsten XP-Gehalte in den Samen zu finden sind, was für alle weiteren geprüften Jahre bestätigt wurde. Auch in Blättern und Hülsen wurden jahresabhängig relativ hohe XP-Gehalte analysiert, mit den höchsten Gehalten im Jahr 2015 (Blätter:

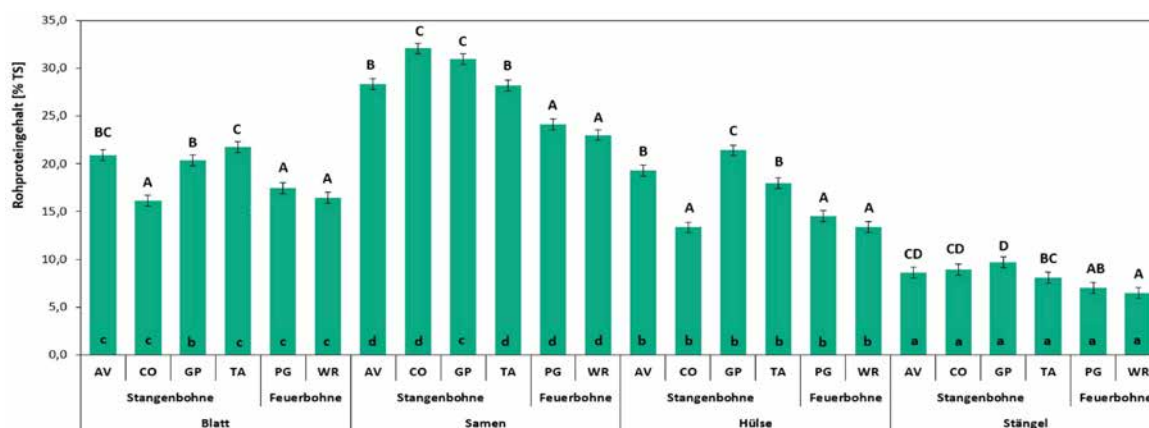
Tarbais 21,8 %, Grünes Posthörnchen 20,4 %; Hülsen: Grünes Posthörnchen 21,4 %, Anellino verde 19,3 %). 2016 lagen die XP-Gehalte der Blätter und Hülsen auf dem niedrigsten Niveau aller geprüften Jahre mit 12,3 % in Blättern der Cobra bis 8,1 % in Weißen Riesen und bei den Hülsen von 9,8 bei Anellino verde bis 4,5 % bei Tarbais. 2018 wurden in den Blättern Gehalte von 15,5 (Tarbais) bis 17,3 % (Weiße Riesen) gemessen. In den Hülsen schwankten die Gehalte von 5,6 % (Weiße Riesen) bis 8,4 % (Tarbais). Die geringsten XP-Gehalte wurden in allen Jahren in den Stängeln analysiert.

Die Gehalte an sekundären Pflanzeninhaltsstoffen in den Pflanzenorganen variierten stark von Jahr zu Jahr. Die signifikant höchsten Lektin-Gehalte (PHA) wurden in den Samen nachgewiesen, wobei die Stangenbohne Cobra die signifikant höchsten PHA-Gehalte mit 66 g/kg TS im Jahr 2015 aufwies, gefolgt vom Grünen Posthörnchen mit 28 g/kg TS und Weiße Riesen mit 25 g/kg TS. 2016 wurden mit 25 g/kg TS die signifikant höchsten PHA-Gehalte in den Samen des Grünen Posthörnchen analysiert, gefolgt von Cobra mit

18 g/kg TS. 2018 wiesen Cobrasamen mit 35 g/kg TS die signifikant höchsten PHA-Gehalte auf, Weiße Riesen mit 28 g/kg TS die zweithöchsten. Die PHA-Gehalte von Blättern, Hülsen und Stängeln unterschieden sich nicht signifikant und lagen im Bereich von 0,03 bis 0,3 g/kg TS in den geprüften Jahren.

Für die Einschätzung des antinutritiven Potentials in der Tierfütterung ist jedoch der Gehalt an Lektinen in den Mais-Bohnen-Silagen ein wichtiger Faktor. Gleichzeitig sollte der Effekt der Silierung auf einen möglichen Abbau der Lektin-Gehalte untersucht werden, sodass die PHA-Gehalte in den Gemengen vor und nach der Silierung analysiert wurden. Die PHA-Gehalte der nicht silierten Mais-Bohne-Gemenge lagen insgesamt auf einem sehr niedrigen Niveau mit den auffällig geringsten Gehalten aller Gemenge-Varianten im Jahr 2018 (< 0,1 g/kg). 2015 wurden in der Variante Cobra mit 0,47 g/kg TS und 2016 wiederum in der Variante Grünes Posthörnchen mit 0,44 g/kg TS die höchsten PHA-Gehalte gemessen. Durch den Silierprozess wurden die Lektine signifikant abgebaut, so dass in den Silagen deutlich geringere

Abb. 3: Rohproteingehalte der Pflanzenorgane der Bohnenvarianten des Sortenversuchs 2015



LSMeans ± SEM (SAS 9.4, Proc Mixed, Tukey-Cramer ($p < 0,05$)); LSMean ohne gemeinsamen Großbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten innerhalb desselben Pflanzenorgans. LSMean ohne gemeinsamen Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Organen innerhalb derselben Variante; (AV=Anellino verde, CO=Cobra, GP=Grünes Posthörnchen, TA=Tarbais, PG=Preisgewinner, WR=Weiße Riesen)

PHA-Gehalte gemessen wurden, die in dem Bereich von 0,02 bis maximal 0,27 g/kg TS variierten. Dieser höchste Wert aller Jahre wurde im Jahr 2015 in der Silage mit der Stangenbohne Cobra analysiert, der damit durch die Silierung um 42,5 % gegenüber dem Ausgangsmaterial reduziert wurde. In den Silagen des Jahres 2018 lagen die PHA-Gehalte zwischen 0,01 und 0,09 g/kg TS. Grenzwerte zum Einsatz von Phaseolus-Bohnen bzw. zur Lektinaufnahme in der Tierfütterung liegen derzeit nicht vor. Wird anhand des „no-observed-adverse-effect level“ (NOAEL), der mit Extrakten aus Bohnen bestimmt wurde [7] und bei 2.500 mg/Tag/kg Körpergewicht liegt, eine Modellrechnung für das Schwein vorgenommen, so wäre die Aufnahme von 250 g PHA bei einem 100 kg schweren Schwein ohne negative Effekte möglich. Auf die höchsten festgestellten PHA-Gehalte in Silagen (Cobra 2015: 0,27 g/kg) bezogen, bedeutet das, dass ein 100 kg schweres Schwein 926 kg dieser Silage aufnehmen könnte, ohne das negative Effekte festgestellt würden. Die reale Grundfutteraufnahme beträgt ca. 200 g Silage pro Tag. Das bedeutet eine höchste Aufnahme an Lektinen von 54 mg. Damit kann eine negative Wirkung der Mais-Bohnen-Silagen beim Schwein ausgeschlossen werden.

Die Tanningehalte, die in den Mais-Bohnen-Gemengen mit 3,5 bis 6,1 g/kg auf einem sehr niedrigen Niveau im Vergleich mit Literaturdaten [2] liegen, wiesen keine gerichteten Einflüsse der Sorte oder des Versuchsjahres auf. Da Tannine beim Monogastrier vorrangig die Proteinverdaulichkeit herabsetzen [8], könnten die gefundenen Gehalte durchaus eine Rolle beim Schwein spielen. Bei einer durchschnittlichen Aufnahme von ca. 200 g dieses Grundfutters pro Tier und Tag könnten zwischen 0,7 und 3 g Tannine von den Schweinen aufgenommen werden, je nach eingesetzter Bohnensorte. Es wurde eine herabgesetzte scheinbare ileale Proteinverdaulichkeit bei Ferkeln beschrieben [8], die zwischen 1 und 2,3 g/kg kondensierte Tannine aus Ackerbohnen aufnahmen. Ein negativer Effekt bei Schweinen ist damit nicht auszuschließen. Bei Wiederkäuern wiederum könnten durchaus positive Effekte zu erwarten sein, was im Rahmen dieses Beitrages aber nicht näher betrachtet werden sollte.

4. Schlussfolgerungen

Die Gesamterträge der Mais-Bohnen-Gemenge lagen in allen drei Untersuchungsjahren auf dem ökologisch bewirtschafteten Standort Trenthorst auf vergleichbarem Niveau zu den Maiserträgen in Reinsaat. Die Gemenge mit der Stangenbohne Tarbais (12,2 dt TM/ha) und mit Anellino verde (8,1 dt TM/ha) wiesen dabei die höchsten Bohnenerträge auf, lagen aber mit 8,3 bzw. 5,5 % auf einem relativ niedrigen Niveau. Der höchste Bohnenertrag wurde im Jahr 2015 von der Sorte Tarbais mit 19,7 dt TM/ha erzielt, was einem prozentualen Anteil von 13,4 % des Gesamtertrages entspricht. In den Mais-Bohnen-Gemenge-Silagen wurden höhere Rohproteingehalte als in reinen Maissilagen erzielt. Die jeweils höchsten Rohproteingehalte wurden in den Gemengen mit der Stangenbohne Tarbais erreicht, wobei ein deutlicher Jahreseinfluss festgestellt wurde. Die Sortenwahl beeinflusste die Gehalte an antinutritiv wirkenden Lektinen ebenso wie das Anbaujahr. So waren diese in den Gemengen mit der Stangenbohne Tarbais in allen Versuchsjahren am geringsten, wobei 2018 die geringsten Lektinegehalte in den Gemengen aller Sorten festgestellt wurden. Die Gemenge mit den buntblühenden und bunte Samen ausbildenden Stangenbohnen Cobra und Grünes Posthörnchen wiesen in allen Versuchsjahren die höchsten Lektinegehalte auf. Es konnte festgestellt werden, dass der Silierprozess die Lektinegehalte deutlich reduziert. Die in den Silagen vorkommenden Gehalte sind so gering, dass sie kein antinutritiv wirksames Potenti-

al mehr aufweisen. Die Tanningehalte lagen zwischen 3,5 und 6,1 g/kg und veränderten sich durch die Silierung nicht signifikant. Ein Einfluss der Tanningehalte der Silagen in der Schweinefütterung kann nicht ausgeschlossen werden, ist aber aus den vorliegenden Daten nicht abschließend zu bewerten. In der Fütterung von Rindern sollten die durch Bohnen erhöhten Tanningehalte in den Silagen eher zu positiven Effekten führen.

andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (FKZ 2813 NA 006).

Die Differenzierung der Pflanzenorgane zeigte, dass in den Samen die höchsten Rohproteingehalte und in den Stängeln die geringsten zu finden sind. Die Samen der Stangenbohne Cobra wiesen in allen Versuchsjahren die höchsten Rohproteingehalte auf. Auch die Blätter und Hülsen wiesen hohe Gehalte an Rohprotein auf, die bis zu 22 % betragen. Die Gehalte an sekundären Inhaltsstoffen in den Pflanzenorganen variierten stark. So wurden in den dunklen Samen der Stangenbohnen Cobra und Grünes Posthörnchen die höchsten Lektiningehalte nachgewiesen.

Danksagung

Das Projekt wurde gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und

Literaturverzeichnis

- [1] Grant, G., More, L.J., McKenzie, N.H., Stewart, J.C., Pusztai, A. (1983): A survey of the nutritional and haemagglutination properties of legume seeds generally available in the UK. *Brit. J. Nutr.* 50, 207–214
- [2] Shimelis, E.A., Rakshit, S.K. (2005): Antinutritional factors and in vitro protein digestibility of improved haricot bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in Ethiopia. *Internat. J. Food Sci. Nutr.* 56, 377–387
- [3] Piepho, H.-P. (2012): A SAS macro for generating letter displays of pairwise mean comparisons. *Communications in Biometry and Crop Science* 7, 4–13
- [4] VDLUFA (2012): Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch), Bd. III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, 3. Auflage, Gesamtwerk einschließlich 1.–8. Ergänzungslieferung (1983–2012). VDLUFA-Verlag, Darmstadt
- [5] Boniglia, C., Fedele, E., Sanzini, E. (2003): Measurement by ELISA of active lectin in dietary supplements containing kidney bean protein. *J. Food Sci.* 68, 1283–1286
- [6] Makkar, H.P.S., Blümmel, M., Borowy, N.N., Becker, K. (1993): Gravimetric determination of tannins and their correlations with chemical and protein precipitation methods. *J. Sci. Food Agric.* 61, 161–165
- [7] Chokshi, D. (2007): Subchronic oral toxicity of a standardized white kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) extract in rats. *Food Chem. Toxicol.* 45, 32–40
- [8] Jansman, A.J.M., Huisman, J., van der Poel, A.F.B. (1993): Ileal and faecal digestibility in piglets of field beans (*Vicia faba* L.) varying in tannin content. *Anim. Feed Sci. Technol.* 42, 83–96

MAIS-MISCHANBAU – WELCHE PARTNER BIETEN SICH AN?

H. Romundt · Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Bezirksstelle Bremervörde

Zusammenfassung

Aus den bisherigen Versuchs- und Praxiserfahrungen kann abgeleitet werden, dass der Mais-Mischanbau in vielerlei Hinsicht sehr interessante Perspektiven bietet. Eine kombinierte chemisch-mechanische Unkrautregulierung ist praxistauglich. Zum Vergleich gelangten Stangenbohnen, Ackerbohnen, Lupinen, Erbsen und Sonnenblumen in jeweils kulturspezifischer Aussaatstärke. Die Auswertung erfolgte nach Ertrag und Inhaltsstoffen. Ein Mehrertrag konnte nicht erzielt werden. Ein leichter Anstieg der Inhaltsstoffe war zu verzeichnen. Eine Vorzüglichkeit der Stangenbohnen deutet sich an. Die Reifezahl der Maissorte beeinflusst zusätzlich die Inhaltsstoffe. Mit zunehmender Reifezahl fallen die Protein- und Stärkegehalte im Erntegut ab. Die Verbesserung der Futterqualität und die Erhöhung der Biodiversität sind wesentliche Zielstellungen. Die Honorierung der zusätzlich erbrachten ökologischen Leistungen wäre wünschenswert. Die Anerkennung als „Ökologische Vorrangfläche“ könnte weitere Anbauimpulse geben.

1. Einleitung

Mais-Mischkulturen erfreuen sich zunehmender Beliebtheit. Besonders in den klassischen Maisanbauregionen mit hoher Veredlungsdichte nimmt die Nachfrage zu. Im letzten Jahr standen in Niedersachsen bereits auf über 8.000 ha Mais-Mischkulturen. Vorrangig gelangten Stangenbohnen als Partner zur Aussaat.

2. Versuchsaufbau und Ergebnisse

Voraussetzung für den Anbau von Mais-Mischkulturen sind Standorte mit halbwegs gesicherter Wasserversorgung oder mit der Möglichkeit der Beregnung. Flächen mit extremer Verunkrautung sollten gemieden werden. Den Möglichkeiten der chemischen Unkrautbekämpfung sind beim Mischanbau Grenzen gesetzt. Bodenherbizide können aus Verträglichkeitsgründen nur im Voraufbau der Kulturen zur Anwendung gelangen. Die häufig notwendige mechanische Nachlage mit einer Maschinenhacke sichert die Unkrautbekämpfung ab. Die einzige im Nachaufbau gegen Gräser und Schadhirsens einsetzbare Alternative wäre noch das Gräserherbizid „Focus Ultra“, welches allerdings nur in Cycloxydim-resistenten Maissorten (DUO-Sorten) zur Anwendung kommen darf.

Die Aussaat der Mischungen ist eine besondere Herausforderung. Die unterschiedlichen Kornfraktionen der Kulturen – Korngröße und Tausendkorngewicht – beeinflussen die Ablagegenauigkeit. Eine fast einheitliche Fraktionierung der Saaten nach Korngröße führte leider noch zu keinem durchschlagenden Erfolg.

In einem Parzellenversuch wurde die Ertragsleistung der einzelnen Mischkulturen überprüft. Nach der Standardaussaat von Mais wurden händisch verschiedene Mischkulturen und Sorten ausgebracht. Zur Aussaat gelangten Stangenbohnen, Ackerbohnen, Lupinen, Erbsen und Sonnenblumen in jeweils kulturspezifischer Aussaatstärke. So sollte die Ablagegenauigkeit gewährleistet werden.

Zur Auswertung gelangten Ertrags- und Qualitätsparameter sowie der Blühzeitraum der einzelnen Kulturen.

In der Darstellung (Abb. 1) sind einige Grundparameter aufgeführt. Der Trockenmasseertrag konnte allgemein nicht erhöht werden. Das unterschiedliche Abreifeverhalten der Stangenbohnsorten beeinflusste den Ertrag. Bei den spät blühenden Sorten wurden signifikante Mindererträge festgestellt. Ein besonders starker Ertragsabfall zeigte sich bei der Lupine, der Erbse sowie der Sonnenblume. Der Rohproteingehalt im Erntegut konnte nur leicht erhöht werden. Die höchsten Werte erzielten die Ackerbohnen und die Sonnenblume. Im Vergleich zum Mais konnte der Rohprotein-ertrag jedoch nicht erhöht werden. Ein ähnliches Bild zeigte sich auch bei der Stärkeauswertung. Bei der Beurteilung der Inhaltsstoffe sind die technisch bedingten Ernteverluste der teilweise überreifen Schoten bei Ackerbohnen, Lupine und Erbse zu beachten. Bei der Sonnenblume traten zusätzlich Vogelschäden in den reifen Körben auf.

Als weitere Versuchsfrage wurde der Einfluss der Maissorte auf die Entwicklung der Mischkultur überprüft (Abb. 2). Zur Aussaat gelangten Maissorten mit einer Reifezahl von S 210 bis S 240 jeweils in Kombination mit der gleichen Stangenbohnen-Mischung. Zur Ernte war der Trockenmasseertrag bei allen drei Varianten gleich. Mit zunehmender Reifezahl fällt jedoch der Trockensubstanzgehalt im Erntegut ab. Parallel dazu sinken die Rohprotein- und Stärkegehalte, sowie die Protein- und Stärkeerträge.

Abb. 1: Mais-Mischanbau – Arten und Sorten

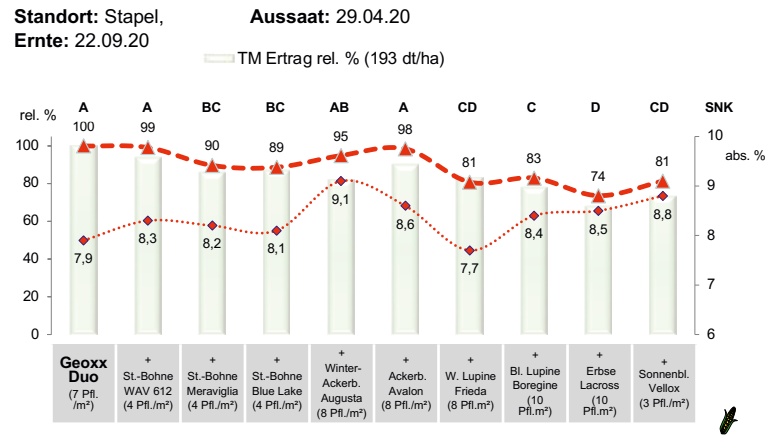
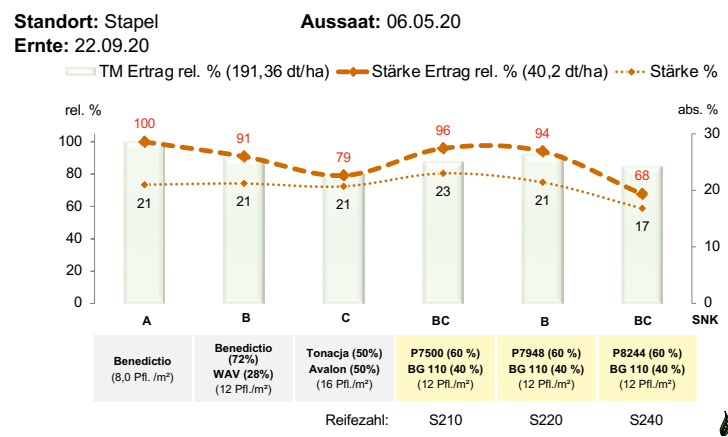


Abb. 2: Mischanbau – Mais/Bohnen (Maissorten – Reifezahl)



EINFLUSS DES BOHNENSAATTERMINS IM GEMENGEANBAU MIT MAIS

Dr. F. Höppner · Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Julius Kühn-Institut, Braunschweig, und J. Bussemas, Dr. K. Aulrich und Dr. H. Böhm · Thünen-Institut für Ökologischen Landbau, Westerau

Zusammenfassung

In allen Untersuchungsjahren war die Pflanzenentwicklung von Mais und Bohne arttypisch mit witterungsabhängiger Blütenbildung und Reife. Die Reinsaat M11 erzielte im Mittel der Untersuchungsjahre mit 218,8 dt TM/ha den signifikant höchsten Ertrag, gefolgt von den Prüfgliedern Reinsaat M8 mit 200,7 dt TM/ha und den Mais-Bohnen-Gemengen, von welchen GP Früh mit 184,4 dt TM/ha am besten abschnitt. Auf die Höhe der Gemengeerträge hatten der Bohnensaattermin und die Bohnensorte Einfluss. Je früher das Bohnenwachstum einsetzte und je massenwüchsiger die Bohnensorte war, umso geringer fiel der Gesamtertrag aus, allerdings bei höheren trockenmassebezogenen Bohnenertragsanteilen. Dies betraf dann insbesondere die Prüfglieder TA Früh und TA Früh Misch, die mit 170,8 dt TM/ha bzw. 163,4 dt TM/ha die signifikant niedrigsten Erträge aufwiesen. Unter dem Gesichtspunkt, möglichst hohe Bohnenertragsanteile zu realisieren, schneidet das einreihige Gemenge-Mischsaatverfahren gegenüber dem zweistufigen Saatverfahren mit zum Mais versetzter Bohnenreihe vergleichbar ab. In den Mais-Bohnen-Gemengen lagen im Erntegut die Rohproteingehalte gegenüber der Reinsaat Mais bis zu 34,8 % höher, wobei die Gemenge mit höheren Bohnenertragsanteilen in der Regel auch höhere Gehaltszuwächse verzeichneten. Dies wirkte sich insgesamt positiv auf die Rohproteinerträge der Gemengeprüfglieder (12,9 bis 13,6 dt TM/ha) aus, auch wenn der Ertrag der Reinsaat Mais mit 14,6 dt TM/ha nicht immer signifikant am höchsten lag. Ein

entgegengesetzter Effekt setzte beim Stärkegehalt mit einer Abnahme bis zu 16,5 % ein. Folglich sanken die Stärkeerträge der Gemengeprüfglieder (57,4 bis 71,0 dt TM/ha) gegenüber der Reinsaat mit 86,6 dt/ha signifikant stärker ab.

1. Einleitung

Vor dem Hintergrund, dass eine nachhaltige Proteinversorgung landwirtschaftlicher Nutztiere zukünftig verstärkt mit betrieblich oder regional erzeugten Futtermitteln erfolgen soll, wurde die Eignung des Gemengeanbaus von Mais mit proteinreichen Stangenbohnen in einem interdisziplinären Forschungsprojekt geprüft. Im Rahmen der pflanzlichen Produktion des Gemenges war eine Vermutung, dass die Stangenbohnen beim Anbau mit Mais aufgrund der langsameren Jugendentwicklung des Maises diesen bei einer synchronen Aussaat im Wachstum unterdrücken könnten. Somit war das Ziel, unter konventionellen Anbaubedingungen zu prüfen, ob hinsichtlich einer optimalen Bestandsführung eine verzögerte Aussaat der Stangenbohnen im Vergleich zu Mais erforderlich ist.

2. Material und Methoden

In den Jahren 2016 bis 2018 wurden auf dem Versuchsfeld in Braunschweig-Völkenrode (anlehmiger Sand, 30–35 Bodenpunkte) in 4-facher Feldwiederholung die Maissorte Logo mit den Bohnensorten Tarbais (TA) und Grünes Posthörnchen (GP) in einer randomisierten Blockanlage angelegt. Die Parzellen hatten eine Breite von 3 m und eine Länge von 11 m. Zur Entnahme von Pflanzenproben

gab es zudem einen Handbeerntungsbereich von 2 m Länge. Die Aussaat beider Gemengepartner erfolgte mit der Maisdrille Multicorn der Fa. Kleine. Die Saatzeitpunkte der Bohnen fanden einerseits gemeinsam mit dem üblichen Maissaattermin (Anfang Mai, früh) und andererseits zum 4- bis 5-Blatt-Stadium des Maises (Ende Mai/Anfang Juni, spät) statt. Jeweils in einer zweiten Überfahrt wurden die Bohnen ca. 15 cm im Abstand zur Maisreihe (Abstand: 0,75 m) abgelegt. Zusätzlich wurde zum frühen Saattermin mit der Bohnensorte Tarbais eine Aussaat beider Gemengepartner in einem Arbeitsgang durchgeführt, d. h. Mischung der Saat in der gleichen Saatreihe (Mischenbau). Dazu wurde das angestrebte Saatmengenverhältnis von Mais und Bohne gut durchmischt in die Drillaggregate gegeben, letztlich geschah die Verteilung des Saatgutes beider Pflanzengattungen in der Reihe dann zufällig. Als Kontrolle diente Mais in Reinsaat mit der praxisüblichen Saatlösung von 11 Körnern (Kö)/m², sowie einer reduzierten Saatlösung von 8 Kö/m². Eine Behandlung zur Unkrautregulierung erfolgte kurz nach der Aussaat. Zur Stickstoffversorgung wurden die Gemengeparzellen gegenüber den Mais-Rein-saaten nur moderat gedüngt, da Bohnen als Leguminose Luftstickstoff binden. Der Bestand wurde nach Bedarf bewässert, die Ernte erfolgte zur Silierreife des Gemenges. Alle exakten Angaben zur Versuchsdurchführung können aus der Tab. 1 entnommen werden.

Die Witterung war in den Versuchsjahren sehr unterschiedlich mit zum Teil deutlichen Abweichungen vom langjährigen Mittel (DWD 1962–2005), welches für die mittlere Jahrestemperatur 9,1 °C und 617 mm Jahresniederschlag ausweist. In allen Versuchsjahren war es mit 10,3 °C (2016 und 2017) und 11,1 °C (2018) immer wärmer. Mit Jahresniederschlagsmengen von nur 505 mm (2016) und 373 mm (2018) war es teilweise deutlich trockener. Lediglich das Jahr 2017 war mit 825

mm und regelmäßig auftretenden Niederschlägen sehr feucht.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die Keimdauer des Maises betrug im Schnitt der Jahre 10 Tage. Bei der Frühsaat war die Keimphase der Bohnen gegenüber dem Mais 4 Tage länger. Bei der späteren Zusaat der Bohnen verkürzte sich deren Keimphase im Vergleich zur Frühsaat durchschnittlich um 4 Tage.

Der Mais erreichte im Durchschnitt der Jahre seine Vollblüte (BBCH 65) 74 Tage nach der Saat. Bei den Bohnen gab es Unterschiede zwischen den beiden Sorten und Saatterminen. TA Früh und TA Früh Misch blühten fast zeitgleich mit dem Mais (76 Tage), während GP früh mit durchschnittlich 83 Tagen eine Woche länger für das Erreichen der Vollblüte brauchte. GP Spät und TA Spät benötigten dagegen weniger Tage. Im Durchschnitt der Jahre war es nur für TA Spät mit 76 Tagen (10 Tage früher) ermittelbar, weil GP Spät im sehr warmtrockenen Jahr 2018 aufgrund von Hitzestress alle Blütenknospen abgeworfen hatte. So kam es dann auch zu keiner Hülsen- und Kornbildung. Ebenfalls im Jahr 2018 zeigten alle Bohnen, dass sie deutlich weniger Tage bis zur Vollblüte benötigten als in den

Tab. 1: Versuchsdurchführung mit Behandlungsmaßnahmen

Jahr	2016	2017	2018
Standort	anlehmiger Sand (AZ 30-40)		
Silomais (S230)	Logo (Reinsaat: 11 Kö m ² /Gemenge: 8 Kö m ² (3–4 cm tief))		
Aussaat:	09. Mai	08. Mai	03./04. Mai
Unkrautregulierung:	Herbizidgemisch: Stomp (2,8 l/ha) + Spectrum (1,4 l/ha) im Voraufbau		
Stangenbohnen	Tarbais (TA) u. Grünes Posthörnchen (GP) 6 Kö m ² , ca. 15 cm neben Mais, 3–4 cm tief		
frühe Aussaat (T1):	09. Mai	08. Mai	03./04. Mai
Mischvariante (TA Früh Misch)	09. Mai	08. Mai	03./04. Mai
späte Aussaat (T2):	31. Mai	01. Juni	24. Mai
N-Düngung	Reinsaat: 150 kg/ha N, Gemenge: 100 kg/ha N (Kalkammonsalpeter)		
Beregnung	6x (Σ180 mm)	–	6x (Σ180 mm)
Ernte (Siloreife)	21. Sept.	04. Okt.	05. Sept.

beiden anderen Jahren. Der Zeitraum des Erreichens der Vollblüte erstreckte sich im Jahr 2018 von Mitte bis Ende Juli, während dieser in den anderen beiden Jahren von Ende Juli bis Mitte August stattfand.

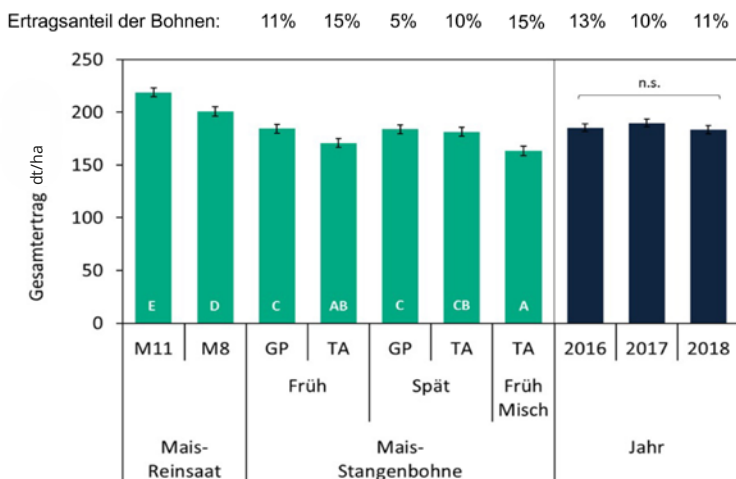
Die Wuchshöhe des Mais zur Ernte lag durchschnittlich bei den Prüfgliedern nicht signifikant zwischen 258 und 273 cm, wobei der Mais im Gemenge gegenüber der Maisreinsaat um die 10 cm weniger auswies. Signifikante Unterschiede gab es zwischen den Jahren mit dem längsten Mais von 291 cm im Jahr 2017, gefolgt von 278 cm (2016). Am kürzesten war er mit 231 cm im Jahr 2018. Bei der Wuchshöhe der Bohnen ergab sich ein gleiches Bild auf geringerem Niveau. Sie lag bei den Bohnenprüfgliedern nicht signifikant zwischen 216 und 227 cm. Zwischen den Jahren war deren Höhe in gleicher Jahresreihenfolge wie beim Mais signifikant: 254 cm (2017), 208 cm (2016) und 197 cm (2018).

Für den Gesamtertrag wurden im Mittel der Jahre zwischen den Prüfgliedern signifikante Unterschiede beobachtet (Abb. 1). Die im Mittel der Versuchsjahre signifikant höchsten

Erträge erzielte mit 218,8 dt/ha die Reinsaat M11. Davon unterschied sich signifikant die Reinsaat M8. Alle Gemengesaaen wiesen mit 163,4 bis 184,4 dt/ha gegenüber beiden Reinsaatprüfgliedern signifikant geringere Gesamterträge auf, wobei der signifikant geringste Ertrag bei TA Früh Misch (163,4 dt/ha) auftrat. Der im Gemengeanbau reduzierte Maisertrag konnte von dem Gemengepartner Bohne nicht kompensiert werden, welches auch andere Untersuchungen ergaben [1,2]. Zwischen den Jahren lagen die Erträge mit 183,5 bis 189,7 dt/ha auf einem vergleichbaren Niveau und waren nicht signifikant, welches bei den unterschiedlichen Witterungsverhältnissen wohl auf entsprechende ausgleichende Beregnungsgaben zurückzuführen war.

Die im Mittel der Jahre signifikant höchsten Bohnenerträge erzielten die Prüfglieder TA Früh und TA Früh Misch mit 24,9 bzw. 23,9 dt/ha. Anschließend folgte GP Früh mit 19,8 dt/ha, welche sich allerdings nicht signifikant von TA Spät mit 17,7 dt/ha unterschied. Der mit Abstand signifikant geringste Ertrag mit 9,5 dt/ha wurde von GP Spät erlangt. Zum Ertrag trugen die angesetzten Hülsen der Prüfglieder zur Hälfte oder mehr bei. Maximal erzielte TA Früh Misch einen Anteil von 56,4 %. Nur der Hülsenanteil von GP Früh fiel mit 37,3 % deutlich geringer aus. Auch wenn die Bohnenerträge der drei Versuchsjahre nicht signifikant verschieden waren, wies das Jahr 2016 den durchschnittlich höchsten Ertrag mit 22,3 dt/ha auf. In den Jahren 2017 und 2018 lagen die Erträge mit 17,2 und 18,0 dt/ha niedriger, aber auf gleicher Höhe. Im Jahr 2016 fiel insbesondere TA Früh mit einer Ertragshöhe von 32,0 dt/ha auf, welches einem trockenmassebezogenen Ertragsanteil von 19,1 % entsprach. Im Durchschnitt der Jahre gab es bei den Ertragsanteilen der Prüfglieder signifikante Unterschiede mit folgendem Ergebnis: 10,7 % B (GP Früh), 14,9 % C (TA Früh), 5,1 % A (GP spät) 9,8 % B (TA spät) und 15,1 % C (TA

Abb. 1: Gesamtertrag des Mais-Stangenbohnen-Anbaus im Saatzeitenversuch



LSMeans \pm SEM (SAS 9.4, Proc Mixed, Tukey-Cramer ($p < 0,05$)): LSMeans ohne gemeinsamen Großbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Prüfgliedern, n.s. = nicht signifikant

Früh Misch). Im Vergleich der Jahre variierten die Anteile nicht signifikant zwischen 10 und 13 %.

Der Rohproteingehalt der Gemengeprüfglieder lag vorwiegend in den Jahren 2016 und 2018 gegenüber der Reinsaat M11 signifikant höher (Abb. 2). Im Jahr 2018 wurde der höchste Wert mit 9,3 % bei TA Früh Misch gemessen. Im Vergleich zur Reinsaat M11 war dies ein Anstieg um 34,8 %. Allerdings lagen die Rohproteingehalte für die Reinsaat Mais in allen Jahren auf keinem besonders hohen Niveau [3]. Beim Rohproteinenertrag konnten die noch beim Gesamtertrag größer aufgetretenen Unterschiede zwischen der Reinsaat M11 und den Gemengeprüfgliedern teilweise kompensiert werden (Abb. 2, vergl. Abb. 1). Im Mittel der Jahre erzielten die Gemengeprüfglieder Rohproteinenerträge von 12,9 bis 13,9 dt/ha, die Reinsaat M11 14,6 dt/ha.

Der entgegengesetzte Effekt war beim Stärkegehalt und Stärkeertrag zu beobachten

(Abb. 3). Die Gemengeprüfglieder lagen durchschnittlich beim Gehalt mit 35,3 bis 38,5 % teilweise signifikant niedriger als die Reinsaat M11 mit 39,7 %. Folglich erreichte die Reinsaat M11 mit Abstand den höchsten Stärkeertrag von 86,6 dt/ha. Unter den Gemengeprüfgliedern waren diejenigen noch am ertragsreichsten, welche die geringsten Bohnenertragsanteile enthielten, GP Früh, GP Spät und TA Spät.

4. Schlussfolgerungen

Beim Gemengeanbau von Mais mit Stangenbohnen ist gegenüber der Maisreinsaat auf anlehmigen Sanden mit einer Ertragsminderung zu kalkulieren. Der Ertragsverlust fällt umso höher aus je früher das Bohnenwachstum einsetzt und je massenwüchsiger die Bohnensorte ist. Dies ist dann mit höheren Bohnenertragsanteilen verbunden, welches zu höheren Rohproteingehalten führt. Die Rohproteinenerträge der Mais-Stangenbohnen-Gemenge nähern sich jenen der Maisreinsaat an. Dagegen fallen die Stärkegehalte

Abb. 2: Rohproteingehalt (links) und Rohproteinenertrag (rechts) des Mais-Stangenbohnen-Anbaus im Saatzeitenversuch

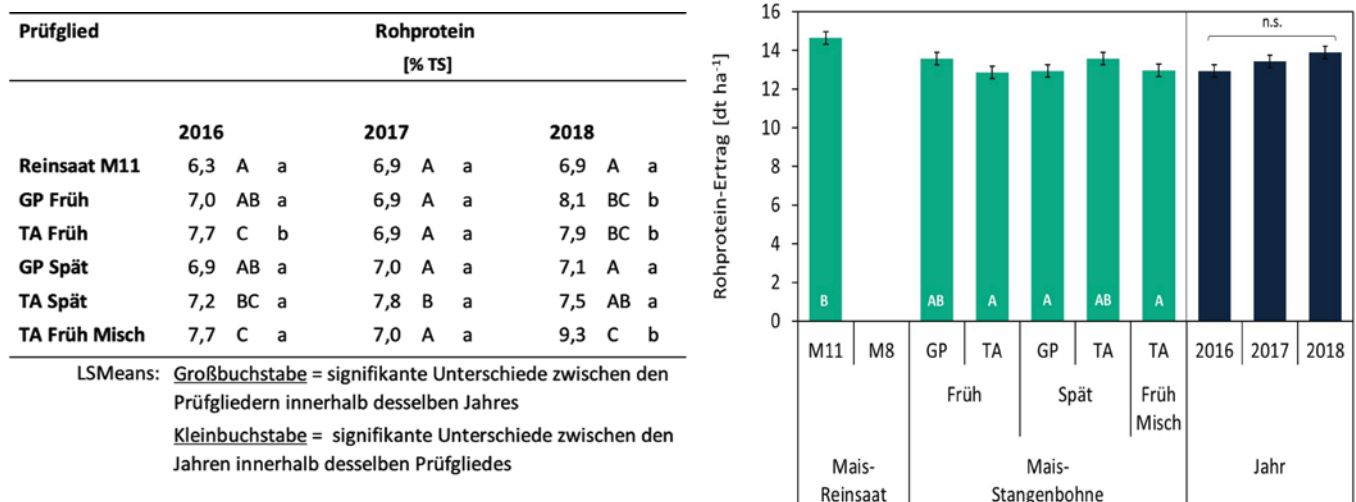
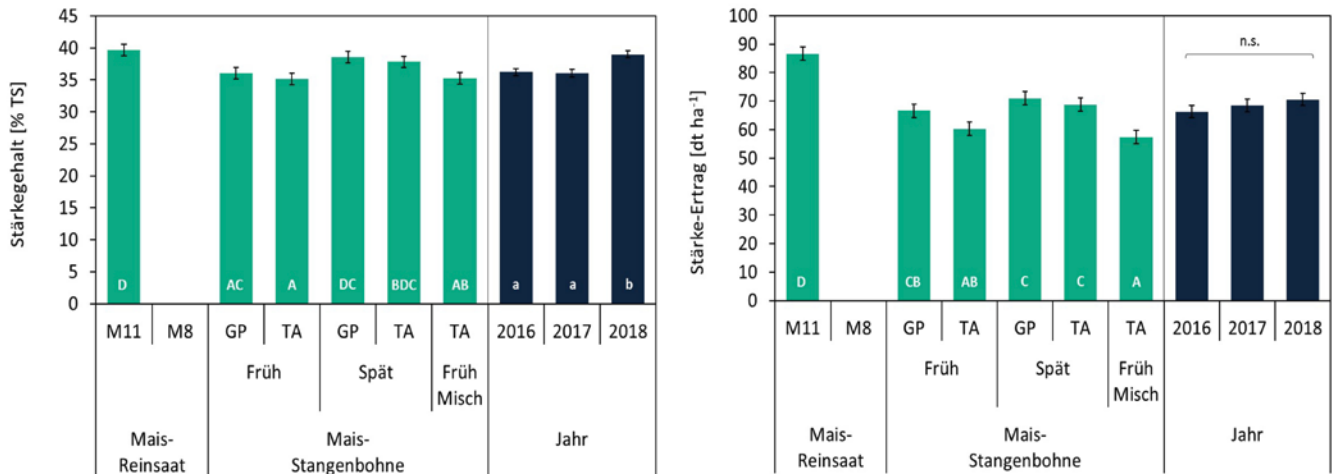


Abb. 3: Stärkegehalt (links) und Stärkeertrag (rechts) des Mais-Stangenbohnen-Anbaus im Saatzeitenversuch



LSMeans ± SEM (SAS 9.4, Proc Mixed, Tukey-Cramer (p < 0,05)); LSMMeans ohne gemeinsamen Großbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Prüfgliedern, n.s. = nicht signifikant

und -erträge der Gemenge immer geringer aus. Eine synchrone Saat von Mais und Bohne ist einer Bohnenspät Saat vorzuziehen. Dabei schneidet das einreihige Gemenge-Mischsaatverfahren gegenüber dem zweistufigen Saatverfahren mit versetzter Bohnenreihe vergleichbar ab und ist demnach aus arbeitseinsparenden und auch ökonomischen Gesichtspunkten vorzuziehen.

Danksagung

Das Projekt wurde gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft.

Literaturverzeichnis

- [1] Nurk, L., Graß, R., Pekrun, C., Wachendorf, M. (2017): Effect of sowing method and weed control on the performance of maize (*Zea mays* L.) intercropped with climbing beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agriculture* 7, 51. <https://doi.org/10.3390/agriculture7070051>
- [2] Paul, N., (2016). Mais und Stangenbohnen im Mischbau? *RBZ*, Nr.28, 30–31
- [3] Spiekers, H., Nußbaum, H., Potthast, V. (2009). Erfolgreiche Milchviehfütterung. DLG, Frankfurt, 5. Aufl., 576 Seiten.

EINFLUSS DER N-DÜNGUNG AUF ERTRAG, PROTEIN UND REST-N_{MIN}-WERTE DES MAIS-STANGEN- BOHNEN-MISCHBESTANDES

(3-jährige Versuchsergebnisse)

T.-K. Niehoff · Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Hannover

Zusammenfassung

In einem 3-jährigen Versuchsvorhaben – finanziert durch die KWS SAAT SE – wurden an 2 Standorten in Niedersachsen die Auswirkungen unterschiedlicher N-Düngungsstufen auf Ertrag, Protein- und Rest-N_{min}-Werte des Mais-Stangenbohnen-Mischbestandes im Vergleich zum Mais im Reinanbau untersucht.

Über die gesamte Versuchsserie hinweg betrachtet waren die TM-Erträge der Mais-Stangenbohnen-Mischkultur, wenn auch statistisch meist nicht signifikant, leicht niedriger als die des Mais im Reinanbau. Umgekehrt verhielten sich die Proteingehalte und die Proteinerträge. Diese waren bei der Mais-Stangenbohnen-Mischkultur etwas höher, aber ebenfalls meist statistisch nicht signifikant.

Tendenziell höhere Rohproteinerträge besonders auf den Stufen der reduzierten N-Düngung bedingten tendenziell höhere N-Entzüge des Misanbaus im Vergleich zum Reinanbau.

Die Stangenbohnen haben, abgesehen von der niedrigsten N-Stufe, so gut wie keinen Luftstickstoff fixiert – erkennbar an fehlenden Knöllchen. Die Bohnen deckten ihren N-Bedarf ausschließlich aus dem N-Vorrat des Bodens.

Dies ist unter den derzeitigen Gegebenheiten in der landwirtschaftlichen Praxis durch die verschärften Regelungen der DüVO als sehr positiv zu bewerten. Die Nachernte-N_{min}-Wer-

te des Mais-Stangenbohnen-Misanbaus unterschieden sich nicht von denen des Mais-Reinanbaus. Die Reduktion der Düngung konnte die Nachernte-N_{min}-Werte jedoch auf jeder Stufe statistisch absicherbar senken. Einzelne offene Versuchsfragen müssen weiter erforscht werden.

1. Einleitung

Der Anbau von Mais-Mischkulturen gewinnt zunehmend an Bedeutung. Aufgrund ihrer über 2000-jährigen Koevolution mit dem Mais ist die Stangenbohne eine besonders geeignete Partnerpflanze im Vergleich zu anderen grobkörnigen Leguminosen.

Neben der Förderung der Biodiversität erhofft man sich vom gemeinsamen Anbau von Mais und Stangenbohne eine Erhöhung des Proteingehaltes bei gleichzeitig hohen Trockenmasseerträgen.

Ein weiterer Vorteil, den die Stangenbohne in den Misanbau einbringt, ist die N-Fixierung, die die Stangenbohne selbst reguliert: Bei N-Mangel fixiert sie, bei N-Überschuss bedient sie sich ausschließlich aus dem Stickstoff des Bodenvorrates.

Aus dem Zusammenspiel von N_{min} bei der Aussaat, der Höhe der N-Düngung, der Mineralisierung, der N-Fixierung während der Vegetation und der N-Abfuhr ergibt sich der Nachernte-N_{min}-Gehalt im Boden.

Tab. 1: 2-faktorieller Versuchsplan 2018–2020

	Variante		Pflanzanzahl
1	Mais	100 % N-Düngung	Mais 8 Pfl./m ²
2	Mischanbau	100 % N-Düngung	Mais 8 Pfl./m ² + Stangenbohne 4 Pfl./m ²
3	Mais	66 % N-Düngung	Mais 8 Pfl./m ²
4	Mischanbau	66 % N-Düngung	Mais 8 Pfl./m ² + Stangenbohne 4 Pfl./m ²
5	Mais	0 % N-Düngung	Mais 8 Pfl./m ²
6	Mischanbau	0 % N-Düngung	Mais 8 Pfl./m ² + Stangenbohne 4 Pfl./m ²

Man erwartet, dass der Mischanbau diesen Nachernte-N_{min}-Gehalt je nach der Ausgangssituation, ob Überschuss oder Mangel, positiv beeinflusst. Ein 3-jähriges Versuchsergebnis zeigt vielversprechende Ergebnisse.

2. Versuchsaufbau und Ergebnisse

Der Versuch wurde an 2 Standorten, Obershagen (LK Hannover) und Wehnen (LK Ammerland), angelegt. Diese unterscheiden sich u. a. dadurch, dass der Standort Obershagen in einer ackerbaulich geprägten Region liegt und mit 640 mm Jahres-Niederschlag ein typischer Beregnungsstandort ist. Der Standort Wehnen dagegen liegt in einer typischen Veredlungsregion und hat mit 740 mm Jahres-Nie-

derschlag per se günstige Voraussetzungen für den Mais-Stangenbohnen-Mischanbau.

Tabelle 1 zeigt den schematischen Versuchsaufbau. Der Versuchsplan beinhaltete 3 N-Düngungsstufen, auf denen jeweils der reine Maisanbau mit dem Mischanbau aus Mais und Stangenbohne verglichen wurde. Dabei bezog sich die Variante „100 % N-Düngung“ auf den nach DüVO festgesetzten Düngebedarfswert zu Mais von 200 kg N/ha (abzüglich N_{min} und anderer Korrekturfaktoren und zusätzlich möglicher Ertragszuschläge, wie nach praxisüblicher Düngebedarfsermittlung).

Geprüft wurde das KWS-System. Im ersten Versuchsjahr war das die Sorte Figaro (S 250) mit der Stangenbohnen Sorte WAV 612. Im zweiten und dritten Versuchsjahr die Maissorte Benedictio (S 230) mit derselben Stangenbohnen Sorte. Im ersten Versuchsjahr (2018) wurde das Saatgut nicht gebeizt, aber geimpft. In den folgenden beiden Versuchsjahren kam gebeiztes, aber nicht mehr geimpftes Saatgut zur Aussaat.

Die Versuchsflächen waren jährlich wechselnde Flächen, die im Versuchsjahr nicht organisch gedüngt werden durften. Als Unterfußdüngung kam 1 dt Triplesuperphosphat/ha zum Einsatz, um in der Variante „0 % N-Düngung“ einen kompletten Verzicht auf N-Düngung gewährleisten zu können.

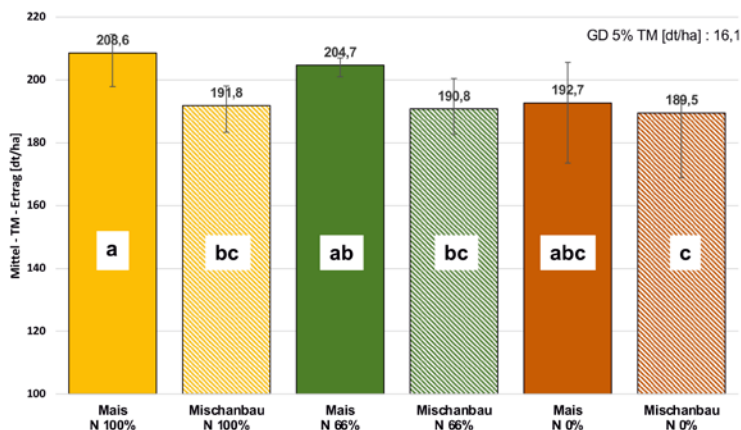
Abb. 1: TM-Erträge Obershagen, Mittel 2018–2020

Abbildung 1 zeigt das Mittel der TM-Erträge über alle 3 Versuchsjahre für den Standort Obershagen.

Am Standort Obershagen werden oft sehr hohe Maiserträge erzielt. Wie die 3-jährige Auswertung zeigt, gab es lediglich auf der Stufe der 100 % Bedarfswert N-Düngung einen signifikanten Ertragsunterschied zwischen Mais-Reinanbau und Mais-Mischanbau. Bei den niedrigeren Düngegraden sind keine

statistisch signifikanten Ertragsunterschiede mehr nachweisbar. Dies hat besonders vor dem Hintergrund Bedeutung, dass sich die Düngung zu Mais in vielen Betrieben (z. B. durch die Lage im Roten Gebiet) eher der 66 % N Bedarfswert-Düngung annähert.

Abbildung 2 zeigt das Mittel der Trockenmasse-Erträge am Standort Wehnen.

Am Standort Wehnen war der Mais-Mischanbau dem Mais-Reinbau ertraglich betrachtet auf allen Düngungsstufen nur leicht und statistisch nicht signifikant unterlegen.

Dadurch, dass es sich um jährlich wechselnde Versuchsflächen mit hohem N-Nachlieferungspotential über die Vegetationsperiode des Maises hinweg handelte, war an beiden Standorten die Reaktion auf die vollständig unterlassene N-Düngung relativ gering. Dazu muss außerdem angemerkt werden, dass es sich in dem Beobachtungszeitraum überwiegend um sehr trockene Versuchsjahre handelte, in denen kaum Wasserbewegung nach unten stattfand. Dies fand sich auch in vergleichsweise hohen Start- und Nachernte- N_{\min} -Werten des Versuchsjahres 2019 wieder.

Abbildung 3 zeigt die Rohprotein-erträge und -gehalte als Mittel über die beiden Versuchsstandorte und die 3 Versuchsjahre.

Zwar konnte der Rohprotein-Gehalt durch den Wechsel vom Reinbau zum Mischanbau noch nicht in der Dimension gesteigert werden wie vielleicht gewünscht, jedoch gab es auf der Stufe der zunehmend praxisnäheren 66 % Bedarfswert N-Düngung eine signifikante Steigerung des Rohproteingehaltes.

Die Rohprotein-Erträge unterschieden sich auf den jeweiligen Düngungsstufen nicht statistisch signifikant zwischen Mais-Mischanbau und Mais-Reinbau. Dennoch sind aus den

tendenziell höheren Rohprotein-Erträgen des Mischanbaus im Vergleich zum Mais-Reinbau auf der Stufe der 66 % N-Düngung sowie ohne N-Düngung auch tendenziell höhere N-Entzüge des Mischanbaus gegenüber dem Reinbau abzuleiten. Diese sind ebenfalls in der Abbildung 3 (oben) aufgeführt.

Selbst bei vollkommen unterlassener N-Düngung wurden dem Boden vom Mais-Bohnen-Gemisch demnach beachtliche 178 kg N/ha entzogen, vom Mais im Reinbau 176 kg N/ha.

Abb. 2: TM-Erträge Wehnen, Mittel 2018–2020

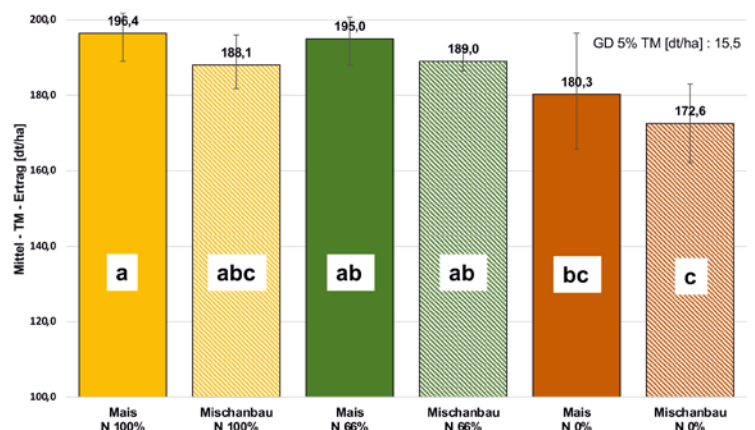
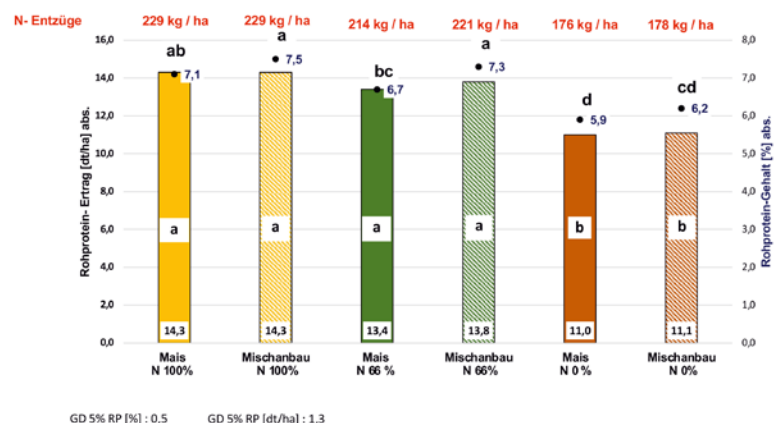


Abb. 3: Rohprotein-Erträge (Säulen) und -Gehalte (Punkte), Standortmittel Obershagen/Wehnen, 2018–2020



Die Ergebnisse der Nachernte- N_{\min} -Beprobung sind als Zusammenfassung über alle Düngungsstufen statistisch ausgewertet in den Abbildungen 4 und 5 abzulesen. Vom Standort Wehnen konnten die Werte des Versuchsjahres 2018 nicht in die statistische Auswertung einbezogen werden, da in dem Jahr versehentlich Mischproben jeweils über alle Wiederholungen einer Variante gezogen wurden.

Die Ergebnisse belegen, was auch schon vorherige Untersuchungen ergeben hatten: Die Stangenbohne ist als selbstregulierender

Partner zum Mais in der Lage, Stickstoff zu fixieren. Dies macht sie allerdings nur dann, wenn eine absolute N-Mangelsituation vorliegt. Bei ausreichender N-Versorgung (in den Versuchen sobald N gedüngt wurde) betreibt die Stangenbohne keinerlei N-Fixierung, sondern entzieht zusätzlich Stickstoff. Die Höhe des Entzugs lässt sich am Rohprotein-Ertrag ablesen.

Die Nachernte- N_{\min} -Werte der Mais-Mischanbau-Varianten waren deshalb gegenüber den Mais-Reinbau Varianten nicht erhöht.

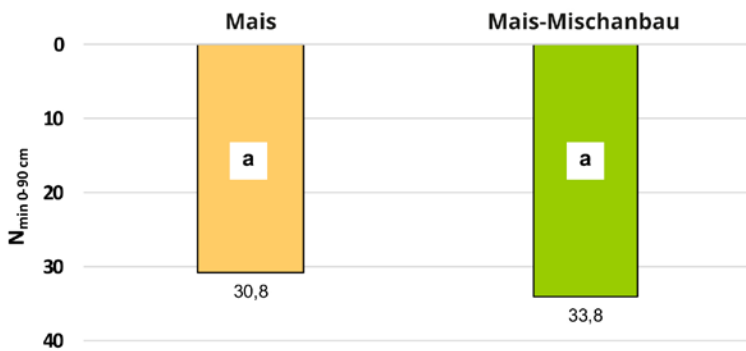
Als Indiz für das sich selbst regulierende System der N-Fixierung der Stangenbohne kann auch die geringe Anzahl an Knöllchen gesehen werden, die in den beiden gedüngten Stufen festgestellt wurde. Lediglich in der Variante der 0 % N-Düngung konnten etwas mehr Knöllchen gefunden werden und in einzelnen Jahren ließen die auch nur in dieser Variante tendenziell höheren Nachernte- N_{\min} -Werte der Mais-Mischanbau-Varianten gegenüber den Mais-Reinbau-Varianten einen N-Fixierungsansatz erkennen.

Es ist aber nicht auszuschließen, dass in den Böden der Versuchsorte zu wenig Rhizobien vorhanden waren, mit denen die Bohnen eine Symbiose hätten eingehen können. Dann wäre möglicherweise die N-Fixierung besonders in der 0 %-N-Düngungsvariante höher ausgefallen. Eine Impfung hätte dies sicherstellen können.

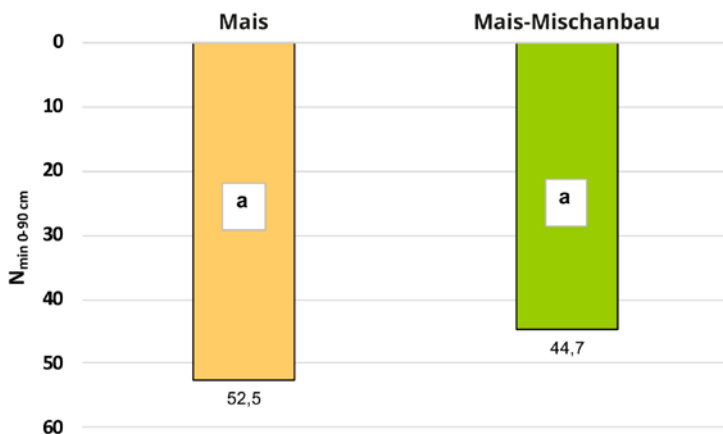
Eventuell ist auch eine Kombination beider Faktoren (ausreichender N-Vorrat des Bodens und zu wenig Rhizobien im Boden) als Ursache für die relativ geringe Knöllchenbildung und N-Fixierung auszumachen.

Allerdings sind die Versuchsergebnisse unter den derzeitigen Bedingungen in der landwirtschaftlichen Praxis mit noch sehr gut versorg-

**Abb. 4: Nachernte- N_{\min} -Werte, Mittel 2018–2020
Obershagen, Mittel über alle Düngungsstufen**



**Abb. 5: Nachernte- N_{\min} -Werte, Mittel 2019–2020
Wehnen, Mittel über alle Düngungsstufen**



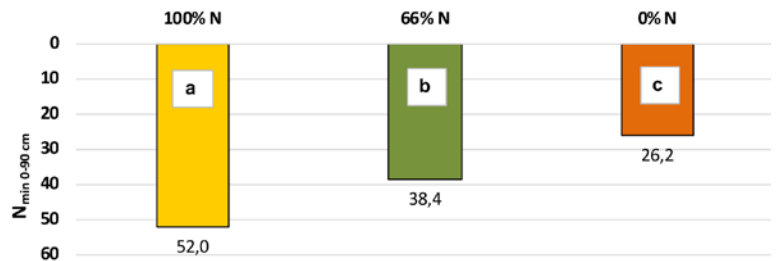
ten Böden und ausreichendem Vorhandensein organischer Dünger vielversprechend. Denn wichtig sind unter diesen Bedingungen vor allem hohe N-Entzüge, bei praxisnahem Düngungsniveau. Die Versuchsergebnisse zeigen, dass also nicht befürchtet werden muss, dass die Stangenbohne die Stickstoff-„Problematik“ auf Standorten mit N-Überschuss verschärft. Im Gegenteil, sie hilft bei der Lösung.

Die Reduktion der Düngung konnte eine deutliche Reduktion der Nachernte- N_{\min} -Werte bewirken, wie in der Abbildung 6 zu erkennen ist.

Andere Versuchsergebnisse mit neueren Stangenbohnsensorten zeigen, dass weiter intensiv daran gearbeitet wird, die Proteingehalte und -erträge noch zu steigern. Die erste Datenlage hierzu erscheint erfolgversprechend.

Das Thema zur Notwendigkeit einer Impfung muss weiter versuchstechnisch bearbeitet und untersucht werden. Auch in Bezug auf die Stickstoff-Dynamik gibt es noch offene Fragen, die es zu klären gilt.

Abb. 6: Nachernte- N_{\min} -Werte, Standortmittel 2018–2020, Düngungstufen



Danksagung

Ganz besonders bedanken möchte ich mich bei meinem Kollegen Nils Möbius und meiner Kollegin Wiebke Müller, ohne die die Auswertung der Versuche in dieser Präzision und Vielschichtigkeit nicht zustande gekommen wäre.

Den beiden Versuchsstationsleitern Hans-Georg Gerdes und Henning Ahlvers, die die Versuche während des gesamten Zeitraumes hauptverantwortlich betreut und durchgeführt haben, möchte ich ganz herzlich für ihr besonderes Engagement danken.

Ebenso danke ich Frau Sabine Hubert (HfWU Nürtingen) für ihre Unterstützung bei der statistischen Auswertung.

Mein herzlicher Dank gilt außerdem Herrn Dr. Walter Schmidt (KWS, extern) für sein immer offenes Ohr und seine wertvollen Anregungen.

AUSWIRKUNGEN DES MAIS-STANGENBOHNEN-GEMENGEANBAUS AUF DEN STICKSTOFFHAUSHALT

D. Villwock, Prof. Dr. M. Müller-Lindenlauf · Institut für Angewandte Agrarforschung,
Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen

Zusammenfassung

Im Projekt GEMABO wird derzeit untersucht, ob der Gemengeanbau von Mais mit Stangenbohnen dazu beitragen kann, die Umweltbilanz des Maisanbaus zu verbessern, ohne die Wirtschaftlichkeit wesentlich zu reduzieren. Zu diesem Zweck wurden in den Jahren 2019 und 2020 (Hauptfrucht) und 2020 und 2021 (Folgefrucht) an den Standorten Tachenhausen (HfWU) und Haus Düsse (Landwirtschaftskammer NRW) Exaktversuche mit Mais-Stangenbohnen-Gemenge und Mais im Reinanbau angelegt. Die Ergebnisse vom Standort Tachenhausen im Jahr 2019 zeigen, dass das Mais-Stangenbohnen-Gemenge über alle Düngestufen hinweg gleichbleibende TM-Erträge erzielte, während der Mais im Reinanbau mit zunehmender Düngung höhere Erträge lieferte. Auch in Bezug auf die Rohproteinерträge unterschieden sich die verschiedenen Düngestufen beim Mais-Stangenbohnen-Gemenge nicht, wohl aber im Mais-Reinanbau. Nur in der Variante ohne Stickstoffdüngung konnte das Gemenge höhere Rohproteinерträge erzielen als der Mais im Reinanbau. Die N_{\min} -Gehalte unter dem Mais-Stangenbohnen-Gemenge waren im Vergleich zum Mais im Reinanbau nicht erhöht, wohl aber die N_{\min} -Gehalte zur Ernte und zu Vegetationsende in der 100 % gedüngten Variante im Vergleich zu den Varianten mit reduzierter Düngung. Die Folgekultur Winterweizen profitierte leicht von Mais-Stangenbohne als Vorfrucht, stärker jedoch von der 100 %-Düngestufe. Die Ergebnisse lassen sich durch einen ausgleichenden Einfluss der Symbiose mit Knöllchenbakterien erklären,

die an diesem Standort nachweislich vorkommen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich das Mais-Stangenbohnen-Gemenge in Kombination mit einer reduzierten N-Düngung vor dem Hintergrund einer verschärften Debatte um N-Austragsrisiken als vorteilhaft erweisen könnte, weil die Symbiose mit Knöllchenbakterien in der Lage ist, einen gewissen N-Mangel auszugleichen. Die zweijährige Auswertung beider Standorte ist aktuell in Arbeit.

1. Einleitung

Im FNR-geförderten Projekt „Ökologische und ökonomische Bewertung des Gemengeanbaus von Mais (*Zea mays* L.) mit Stangenbohnen (*Phaseolus vulgaris* L.) unter besonderer Berücksichtigung der Auswirkungen auf Stickstoffbilanz und Biodiversität“, kurz GEMABO, (02/2019–01/2022) wird aktuell überprüft, ob der Gemengeanbau von Mais mit Stangenbohnen dazu beitragen kann, die Umweltbilanz des Maisanbaus zu verbessern, ohne die Wirtschaftlichkeit wesentlich zu reduzieren.

2. Material und Methoden

In den Jahren 2019 und 2020 (Hauptfrucht) und 2020 und 2021 (Folgefrucht) wurden an den Standorten Tachenhausen (HfWU) und Haus Düsse (Zentrum für nachwachsende Rohstoffe der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen) zweifaktorielle randomisierte Exaktversuche mit vierfacher Wiederholung durchgeführt. Neben dem Faktor Anbausystem, der Mais-Stangenbohnen-Gemengeanbau und Mais im Reinanbau umfasste, wurden im Faktor Düngung drei Düngestufen, 0 %, 40 % und 100 % der ma-

ximal zulässigen Düngemenge gemäß DüV getestet. Als Maissorte wurde die Sorte Figaro von KWS Saat SE genutzt, als Bohnensorte diente WAV 612 von Van Waveren Saaten GmbH. Im Folgenden werden die Daten aus Tachenhausen aus dem Jahr 2019 dargestellt. Es wurde ein Pflanzenbestand von 7,5 Pfl./m² Mais im Reinanbau und 7,5 Pfl./m² Mais mit 5,5 Pfl./m² Stangenbohne im Gemenge angestrebt. Die maximal zulässige Düngemenge nach DüV im Mais-Reinanbau lag bei 130 kg N/ha. Die Düngung erfolgte in Form von Kalkammonsalpeter. Das Düngemittel wurde oberflächlich ausgebracht und nicht eingearbeitet. Die Stangenbohnen wurden nicht mit Knöllchenbakterien geimpft. Zur Bestimmung der Ertragsanteile und -qualität der Gemengepartner wurden Teilparzellen von Hand geerntet, zur Bestimmung der Erträge erfolgte anschließend eine Maschinenernte. Bestimmt wurden TM-Erträge und N-Gehalte. Außerdem wurden N_{min}-Gehalte im Boden zur Ernte, zu Vegetationsende sowie zu Vegetationsbeginn des Folgejahres bestimmt. Als Folgefrucht wurde nach einer oberflächlichen Bodenbearbeitung Winterweizen gesät. Es wurde die Sorte Emerick von KWS SAAT SE verwendet. Der Winterweizen wurde nicht gedüngt, um einen möglichen Vorfrucht-Effekt des Mais-Stangenbohnen-Gemenges zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Laufe der Saison aufzeigen zu können. Der Weizen wurde mit Parzellentechnik maschinell geerntet. Auch hier wurden TM-Ertrag und N-Gehalt des Kornes bestimmt. Die statistische Auswertung der Ergebnisse erfolgte mit IBM SPSS Statistics.

3. Ergebnisse und Diskussion

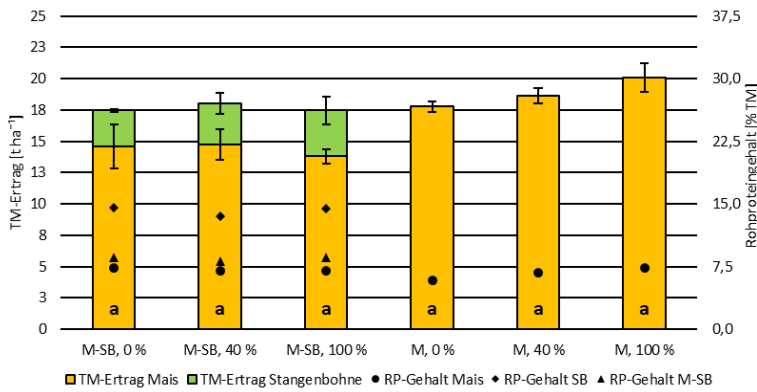
Der Bohnenanteil in den Mais-Stangenbohnen-Mischerträgen lag beim TM-Ertrag im Mittel bei 18,5 %, beim Rohproteinertrag im Mittel bei 31 %. Die TM-Erträge des Mais-Stangenbohnen-Gemenges lagen in der zweifaktoriellen Auswertung signifikant unter denen

des Maises im Reinanbau (Daten hier nicht gezeigt). Da beim Rohproteingehalt und Rohproteinertrag in der zweifaktoriellen Auswertung signifikante Wechselwirkungen zwischen Anbausystem und Düngung auftraten, wird zur besseren Vergleichbarkeit bei allen drei Messgrößen die einfaktorielle Auswertung dargestellt. Hier gab es beim TM-Ertrag keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten (Abb. 1). Beim Rohproteingehalt lag Mais im Mittel bei ca. 7 %, Stangenbohne bei ca. 14 %. Somit lag der Rohproteingehalt der Mais-Stangenbohnen-Mischerträge über alle Dünge­stufen hinweg bei gut 8 %, beim Mais im Reinanbau mit zunehmender Düngung leicht ansteigend zwischen knapp 6 und knapp 8 %. Innerhalb der drei Dünge­stufen lag der Rohproteingehalt des Mais-Stangenbohnen-Gemenges jeweils signifikant über dem des Maises im Reinanbau (Abb. 1).

Die Rohproteinerträge des Mais-Stangenbohnen-Gemenges waren über alle Dünge­stufen hinweg fast gleich, während die des Maises im Reinanbau mit zunehmender Düngung anstiegen. Die Mais-Stangenbohnen-Varianten lagen etwa auf Höhe des Maises im Reinanbau bei 100 % Düngung, die 40 %-Düngevariante des Maises im Reinanbau lag tendenziell aber nicht signifikant darunter (Abb. 2).

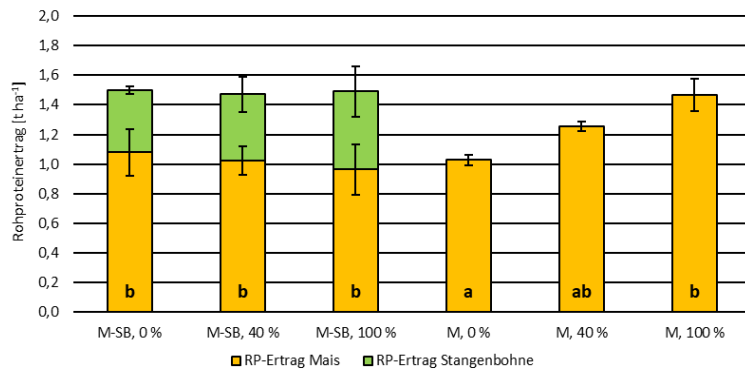
Die Ergebnisse lassen vermuten, dass die Stangenbohnen im Gemenge ihre Fähigkeit zur Symbiose mit luftstickstofffixierenden Knöllchenbakterien nutzen und dadurch die Reduktion der Düngemenge ausgleichen konnten, ohne den Mais als Hauptertragsbildner zu sehr zu beeinträchtigen. Dies zeigt sich sowohl beim TM- als auch beim Rohproteinertrag. Parallel durchgeführte Erhebungen auf einem speziell dafür angelegten benachbarten Exaktversuch mit Mais-Stangenbohnen-Gemenge in denselben Dünge­stufen zeigten, dass das Knöllchengewicht und die -anzahl, die als Indikator für die biologische

Abb. 1: TM-Erträge und Rohproteingehalte der Hauptkultur in Tachenhausen, 2019



M-SB = Mais-Stangenbohnen-Gemenge, M = Mais Reinanbau, 0%/40%/100% = N-Düngemenge als Anteil der maximal zulässigen Menge gemäß DüV. Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (Tukey B, $\alpha = 5\%$). Fehlerbalken zeigen Standardabweichungen der Mittelwerte

Abb. 2: Rohproteinerträge der Hauptkultur in Tachenhausen, 2019



Stickstofffixierung dienen können, entgegengesetzt zur Höhe der Düngemittelgabe waren und die Knöllchenbildung mit zunehmender Düngung später einsetzte. Das heißt, dass ohne N-Düngung die Knöllchenbildung als Erstes einsetzte und am meisten Knöllchen vorhanden waren, bei mittlerer N-Düngung die Knöllchenbildung etwas später einsetzte und eine mittlere Anzahl und Masse an Knöllchen vorhanden war und unter hoher N-Düngung die Knöllchenbildung deutlich später einsetzte und am wenigsten Knöllchen ausgebildet wurden.

Die Ergebnisse der N_{\min} -Messungen sind unter dem Vorbehalt zu sehen, dass zu den ersten beiden Zeitpunkten keine Normalverteilung der Daten vorlag, wodurch eine statistische Auswertung mit dem verwendeten Test theoretisch nicht zulässig ist. Da die Normalverteilung jedoch nur sehr knapp verfehlt wurde, wurde der Test trotzdem durchgeführt. Die Ergebnisse werden hier jedoch nur genannt und nicht grafisch dargestellt. Zur Ernte und zu Vegetationsende waren die N_{\min} -Gehalte unter dem Mais-Stangenbohnen-Gemenge mit denen des Mais im Reinanbau vergleichbar. Lediglich die 100%-Düngevariante war signifikant gegenüber den anderen Düngevarianten erhöht (Abb. 3). Dies spricht dafür, dass in der 100%-Düngevariante sowohl für das Gemenge als auch für den Mais im Reinanbau ein überschüssiges N-Angebot vorhanden war. Zu Vegetationsende konnte im Mittel eine Erhöhung um etwa 25 kg N/ha seit der Ernte verzeichnet werden. Dies lässt sich durch eine geringfügige Mineralisierung erklären. Zu Vegetationsbeginn der Folgekultur liegen die Werte in einem sehr geringen Bereich, im Mittel etwa 40 kg N/ha unter denen zu Vegetationsende des Vorjahres. Die N_{\min} -Gehalte unter Mais-Stangenbohne als Vorfrucht liegen jetzt signifikant, wenn auch sehr gering, über denen des Mais im Reinanbau, die 100%-Variante ist nicht mehr erhöht. Somit sind die größten Rückgänge in den 100%-Düngevarianten zu verzeichnen (Abb. 3). Wohin die N_{\min} -Mengen gegangen sind, kann teilweise von der Folgekultur Winterweizen erklärt werden.

Die TM-Erträge der Folgekultur Winterweizen sind für die Betrachtung der Vorfruchtwirkung bereits entscheidend, da die N-Gehalte über alle Varianten hinweg konstant waren (Abb. 4). Mit der Vorfrucht Mais-Stangenbohne liegen die Weizenerträge signifikant über denen mit Mais im Reinanbau als Vorfrucht. Der Unterschied in der N-Abfuhr im Korn

des Winterweizens beträgt etwa 7 kg N/ha. Dadurch wird ein geringfügiger Vorfruchtdefekt des Mais-Stangenbohnen-Gemenges deutlich. Ein erhöhtes N-Austragsrisiko nach Mais-Stangenbohnen-Gemenge ist dadurch unwahrscheinlich. Deutlich stärker und ebenfalls signifikant wurde der Weizenertrag von der 100 %-Düngevariante der Vorfrucht beeinflusst. Hier betrug der Unterschied in der N-Abfuhr im Korn des Winterweizens etwa 18 kg N/ha. Dies zeigt, dass der Winterweizen einen Teil des überschüssigen N-Angebots der 100 % gedüngten Vorfrucht nutzen konnte. Ein gewisser N-Austrag ist jedoch hier wahrscheinlich, da der Rückgang der N_{\min} -Werte deutlich größer war als die erhöhte N-Abfuhr im Korn des Winterweizens.

5. Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich das Mais-Stangenbohnen-Gemenge in Kombination mit einer reduzierten N-Düngung vor dem Hintergrund einer verschärften Debatte um N-Austragsrisiken als vorteilhaft erweisen könnte, weil die Symbiose mit Knöllchenbakterien in der Lage ist, einen gewissen N-Mangel auszugleichen. Voraussetzung ist, dass für eine Symbiose mit Stangenbohnen geeignete Knöllchenbakterien vorhanden sind. Bei reduzierter Düngung konnten im Mais-Stangenbohnen-Gemenge vergleichbare Trockenmasse- und Rohproteinträge erzielt werden wie im reinen Maisanbau bei voller Düngung, wobei die Fähigkeit der Stangenbohnen zur Stickstofffixierung bei geringer N-Verfügbarkeit aktiviert wird und ausgleichend wirkt. Die Ergebnisse der zusätzlich durchgeführten Begleituntersuchungen bestätigen die Vermutung, dass es bei hoher Düngung erst spät und in verringertem Umfang zur Ausbildung von Knöllchenbakterien kommt. Für eine erhöhte N-Austragung unter Mais-Stangenbohne liefern die Ergebnisse des Projektes keine Hinweise, wohl aber für eine erhöhte Auswaschung bei 100 % Düngung. Insofern könnte

Abb. 3: N_{\min} -Gehalte (0–60 cm) nach Mais-Stangenbohnen-Gemenge und Mais im Reinanbau in Tachenhausen, 2019 und 2020

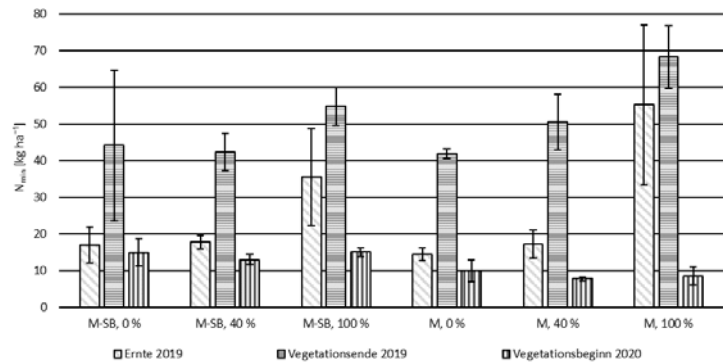
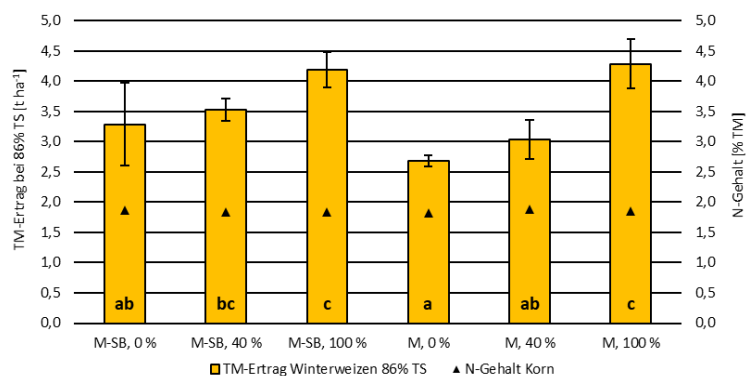


Abb. 4: TM-Erträge (86 % TS) und N-Gehalte der Folgekultur Winterweizen in Tachenhausen, 2020



M-SB = Vorfrucht Mais-Stangenbohnen-Gemenge, M = Vorfrucht Mais Reinanbau, 0%/40%/100% = N-Düngemenge der Vorfrucht als Anteil der maximal zulässigen Menge gemäß DüV

der Mais-Stangenbohnen-Gemengeanbau in Kombination mit einer reduzierten Düngung dazu beitragen, vergleichbare Erträge bei reduziertem N-Austragsrisiko zu erzielen und damit zu einer höheren N-Effizienz im Maisanbau beizutragen.

Rechtlicher Hinweis:

In diesem Beitrag werden Ergebnisse aus einem Versuchsjahr und von einem Standort gezeigt. Die Auswertung und Publikation zweijähriger Erhebungen von zwei Standorten ist derzeit in Arbeit. Vor diesem Hintergrund ist zu beachten, dass es sich bei den dargestellten Ergebnissen um vorläufige Ergebnisse handelt, die nur für den persönlichen Gebrauch freigegeben sind. Das Urheberrecht liegt beim Autor. Eine Weitergabe und Nutzung ist nur mit dessen Zustimmung möglich.

Förderhinweis:

Das Projekt GEMABO (FKZ 22027716) wird gefördert vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft und läuft unter der Trägerschaft der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR).

DIVERSIFIZIERUNG DURCH MAIS-GEMENGE – EINFLÜSSE AUF ANBAU, ERTRAG UND QUALITÄT

Dr. V. S. Schulz^{1,3}, C. Schumann², Prof. Dr. M. Müller-Lindenlauf¹, K. Stolzenburg³, S. Weisenburger^{3,4}, Dr. K. Möller³ · ¹Institut für Angewandte Agrarforschung, Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, Fakultät Agrarwirtschaft, Volkswirtschaft und Management, ²Referat Ökologischer Landbau, Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Außenstelle Emmendingen-Hochburg, Emmendingen, ³Referat Pflanzenbau, Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Außenstelle Forchheim, Rheinstetten, ⁴ neue Adresse; Landratsamt Rastatt – Landwirtschaftsamt

Zusammenfassung

Der Anbau von Mais-Gemengen stellt die Landwirte vor einige Herausforderungen. Diese liegen zum einen auf der technischen Seite, wie beispielsweise die Aussaattechnik und Möglichkeiten der Beikrautregulierung. Auf der anderen Seite bestehen Fragen zu der Ertragsleistung eines Mais-Gemenge-Bestandes und der Qualität bzw. Verwertung des Erntegutes. Diesen Fragestellungen gehen Forschende des Landwirtschaftlichen Technologiezentrum Augustenberg (LTZ), des Kompetenzzentrums Ökologischer Landbau Baden-Württemberg (KÖLBW), der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen (HfWU) sowie des Landwirtschaftlichen Zentrums Baden-Württemberg (LAZBW) nach.

1. Einleitung

Als Hauptsubstrat in der Milchviehfütterung und zur Produktion von Biogas wird Mais auf großen Teilen der landwirtschaftlich genutzten Flächen in Deutschland angebaut. Allein in Baden-Württemberg beträgt die Anbaufläche für Silomais 135.300 ha, was knapp 17 % der Ackerfläche entspricht [1]. In Gebieten mit einer hohen Dichte an Milchvieh und/oder Biogasanlagen kann der Anteil an Silomais an der ackerbaulich genutzten Fläche einen noch größeren Anteil einnehmen.

Während in Mittelamerika, der Ursprungsregion des Maises, dieser traditionell im Misanbau mit anderen Nutzpflanzen kultiviert wurde, vereinfachte erst der Reinanbau die Bestell-, Pflege- und Erntearbeiten und ermöglichte dadurch einen großflächigen Maisanbau. Somit ist Mais auf der einen Seite eine hoch effiziente und wirtschaftliche Pflanze, bietet andererseits aber nur eine geringe und zugleich sehr einseitige Habitats- und Nahrungsquelle für Insekten. Daher wurde der Einsatz von blühenden, die biologische Vielfalt fördernden Gemengepartnern (GMP) im Silomais auf Ertrag und Qualität sowohl unter konventionellen als auch ökologischen Anbaubedingungen in Baden-Württemberg untersucht.

2. Material und Methoden

Getestet wurden die Einsaat verschiedener GMP (Tab. 1) in Mais (cv. Figaro, 8 Pfl./m²) am konventionellen Standort Tachenhausen (N 48°39', E 9°23', 360 ü. NN, 802 mm, 10,2 °C) und am ökologisch bewirtschafteten Standort Forchheim am Kaiserstuhl (N 48°10', E 7°41', 175 m ü. NN, 882 mm, 10,2 °C). Die GMP wurden nach der praxisüblichen Maisaussaat mittels Parzellentechnik direkt neben die Maisreihen gesät, um eine gemeinsame Aussaat als Saatgutmischung zu simulieren. Die Beernung erfolgte mittels Parzellenhäcksler (BAU-RAL SF2000, reihenunabhängiger Kemper-Vorsatz, Arbeitsbreite 1,5 m, Schnitthöhe 15 cm).

Tab. 1: Die verwendeten Gemengepartner (GMP), Sorten, Aussaatstärken und Tausendkornmasse (TKM)

GMP	Sorte	Aussaatstärke	TKM (g)
Saat-Luzerne (<i>Medicago sativa</i> L.)	Catera	15 kg/ha	2,5
Echter Steinklee (<i>Melilotus officinalis</i> L.)	-	4 kg/ha	2,0
Sommerwicke (<i>Vicia sativa</i> L.)	Jose ¹ Mery ²	70 kg/ha	40–60
Kapuzinerkresse (<i>Tropaeolum majus</i> L.)	-	20 kg/ha	200
Gartenkürbis I (<i>Cucurbita pepo</i> L.)	Jack be little	1,6 Körner/m ²	55
Gartenkürbis II (<i>Cucurbita pepo</i> L.)	Spinnig/Dancing Gourd	1,6 Körner/m ²	27
Stangenbohne I (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	WAV 512 ³	4,5 Körner/m ²	190
Stangenbohne II (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	Anellino verde ⁴	4,5 Körner/m ²	350
Gartenkürbis III ⁵ (<i>Cucurbita pepo</i> L.)	New England Pie	1,6 Körner/m ²	102
Mischung I ⁵ (Gartenkürbis II + Stangenbohne I)		1,6 Körner/m ² + 4,5 Körner/m ²	
Mischung II ⁵ (Sommerwicke + Stangenbohne I)		70 kg/ha + 4,5 Körner/m ²	

¹ konventionelle Sorte; ² ökologische Sorte; ³ WAV 512 wurde 2019 in WAV 612 umbenannt; ⁴ Anellino verde nicht verfügbar in 2019; ⁵ nur 2019 getestet

3. Ergebnisse und Diskussion

Ein GMP ist nur zu empfehlen, wenn die folgenden Bedingungen zutreffen:

- Der GMP schafft ein zusätzliches Blühangebot (daher muss Steinklee ausgeschlossen werden, da dieser im Schatten nicht zur Blüte kommt [2]).
- Die Attraktivität der GMP für Insekten muss gegeben sein (alle untersuchten GMP zeigten laut Literatur ein Blühangebot, das für zahlreiche Insektenspezies von Interesse war [3]).
- Die Aussaat muss praxistauglich sein. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die alle Vor- und Nachteile bergen [4]:
 - Aussaat als Saatgutmischung mit dem Mais (räumlich und zeitlich gemeinsam): mechanische Beikrautregulierung bzw. Bandspritzung zwischen den Reihen ist möglich. Bei einer flächigen Herbizidapplikation oder Bandspritzung in den Reihen darf der GMP durch die Maisherbizide nicht geschädigt werden. Durch die gleichzeitige Saat etabliert sich ein frühes Blühangebot.
 - Hinsichtlich der Mischbarkeit des Saatgutes und somit Ausbringung als Saatgutmischung sind hinsichtlich der geprüften Varianten lediglich die beiden Stangenbohnen, die Kapuzinerkresse und Kürbis III als großsamiger Kürbis interessant. Die anderen GMP haben ein zu geringes TKM, was zu einer Entmischung im Saatguttank bzw. ein „Wegblasen“ an der Lochscheibe führt.
 - Aussaat des GMP mittels Streuer auf der Einzelkornsämaschine (räumlich getrennt, zeitlich gemeinsam): eine mechanische Beikrautregulierung zwischen den Reihen ist nicht mehr möglich, eine Bandspritzung kann in den Maisreihen erfolgen. Bei einer flächigen Herbizidapplikation dürfen die Maisherbizide den GMP nicht schädigen. Es etabliert sich ein frühes Blühangebot.
 - Aussaat des GMP mittels zweiter Überfahrt (räumlich und zeitlich getrennt): der Mais hat einen Wachstumsvorsprung gegenüber dem GMP, eine mechanische Beikrautregulierung zwischen den Reihen ist möglich, ebenso eine flächige Herbizidapplikation direkt vor oder nach der Maisaussaat. Je nach Herbizid sollte der

Tab. 2: Trockenmasse-(TM-)Erträge (dt/ha), TM-Gehalt (%) sowie Biogasertrag (NI/kg oTM) und Methangehalt (%) unter konventioneller (Tachenhausen) und ökologischer (Forchheim am Kaiserstuhl) Bewirtschaftung im Jahr 2019 für den Misanbau von Mais für die vielversprechendsten Varianten mit Kapuzinerkresse, Stangenbohne, Luzerne und Kürbissen

	TM-Ertrag (dt/ha)	TM-Gehalt (%)	Biogasertrag (NI/kg oTM)	Methangehalt (%)	TM-Ertrag (dt/ha)	TM-Gehalt (%)	Biogasertrag (NI/kg oTM)	Methangehalt (%)
Mais (Kontrolle)	179	32,7	562	53,9	169	34,6	560	53,9
Mais + Kapuzinerkresse	183	32,7	560	53,8	152	34,6	558	54,1
Mais + Stangenbohne I	186	29,5	555	53,9	157	33,1	560	54,1
Mais + Luzerne	157	32,0	563	53,6	157	34,1	562	54,1
Mais + Kürbis I	177	32,5	561	53,8	161	34,6	561	54,2
Mais + Kürbis II	176	32,2	561	54,0	168	34,0	559	54,2
Mais + Kürbis III	158	32,1	560	53,8	142	34,9	561	54,0

Quelle: Schulz, V. (2020) [4]

Zeitraum zwischen Herbizidanwendung des Mais und Aussaat des GMP 14 Tage nicht unterschreiten. Das Blühanbot des GMP wird allerdings verzögert.

Eine zusätzliche zweite Aussaat zur Etablierung des GMP wird aus arbeitswirtschaftlichen Gründen kritisch betrachtet, als vertretbar kann diese nur gewertet werden, wenn die zweite (Aussaat-)Überfahrt bspw. mit einem Hackgang kombiniert wird.

- Eine Beikrautregulierung (entweder chemisch-synthetisch oder mechanisch) muss möglich sein. Hier hat besonders der Ökolandbau einen Vorteil. Anders als bei chemisch-synthetischen Behandlungen werden im Ökolandbau die GMP nicht durch die Herbizidmaßnahmen geschädigt. Lediglich kleinsamige GMP und Partner mit filigranem Wuchs (Saat-Luzerne, Steinklee) haben auch bei der mechanischen Beikrautregulierung Schwierigkeiten; sie werden beim Hacken verschüttet. Beim Herbizideinsatz ist es ebenfalls notwendig, dass dieser im Voraufbau erfolgen kann. Eine Nachaufbaubehandlung birgt zum einen das Problem, dass die Unkräuter bereits aus ihren sensiblen Stadien entwachsen sind und zum anderen die GMP geschädigt werden können. Eine Voraufbaubehandlung mit Herbiziden kann nur bei Kapuzinerkresse

und den Stangenbohnen durchgeführt werden. Alternativ kann eine Bandspritzung interessant sein, wenn der GMP zwischen den Maisreihen etabliert wird.

- Die Erträge (Trockenmasse, Biogas, Methan) müssen denen eines reinen Silomaisbestandes entsprechen, um einen wirtschaftlichen Anbau zu ermöglichen (Tab. 2).
- Die Qualität des Häckselguts sollte für die Biogasanlage und/oder die Milchviehfütterung geeignet sein. Dies bedeutet, dass der Gehalt an Rohprotein (XP) nicht zu hoch liegt. Obwohl hohe Biogasausbeuten daraus erzielt werden können, ist die Verweilzeit in der Biogasanlage zu lang. In der Milchviehfütterung können hohe XP-Gehalte zu einer höheren Konzentration an Milchsäuren führen. Der Gehalt an Rohfasern (XF) sollte ebenfalls nicht zu hoch sein, da diese sowohl in der Biogasanlage als auch für das Milchvieh schwierig abzubauen sind. Ein zu hoher Rohaschegehalt (XA) reduziert zum einen das Fermentervolumen und ist zum anderen keine Substanz, die in Energie umgewandelt werden kann.

Beim Gemengeanbau von Mais lagen die Gehalte von XP, XF und XA in einem verwertbaren Bereich [3].

4. Schlussfolgerungen

Der Anbau von Mais mit GMP, die die biologische Vielfalt fördern, kann eine Alternative zum reinen Maisanbau sein, wenn die GMP Habitate oder Nahrungsquellen zur Verfügung stellen, sich im Schatten des Maisbestandes entwickeln können, die Praxistauglichkeit des Systems gegeben ist (Aussaatechnik, Beikrautregulierung, Beerntbarkeit) und die Erträge (TM, Biogas, Methan) sowie die Qualität nicht negativ beeinflusst werden. Zum derzeitigen Zeitpunkt lassen sich daher Systeme mit Mais + Stangenbohne, Mais + Kapuzinerkresse, Mais + (großsamigen) Kürbissen und – bedingt – Mais + Luzerne empfehlen.



Landwirtschaftliches
Technologiezentrum
Augustenberg



Die Ergebnisse entstammen dem Projekt „Diversifizierung des Silo- und Energiemaisanbaus im konventionellen und ökologischen Landbau“. Dieses Projekt wird aufgrund eines Beschlusses der baden-württembergischen Landesregierung durch das Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz (MLR) Baden-Württemberg durch das Sonderprogramm zur Stärkung der biologischen Vielfalt gefördert.

Literaturverzeichnis

- [1] Statistisches Landesamt Baden-Württemberg. Anbauflächen aller Kultur- und Nutzungsarten. <https://www.statistik-bw.de/Landwirtschaft/Bodennutzung/LF-NutzgKultFrucht.jsp> (accessed Feb. 23, 2021).
- [2] Ogle, D., St John, L., Tilley, D. (2008). Plant guide for yellow sweetclover (*Melilotus officinalis* (L.) Lam.) and white sweetclover (*M. alba* Medik.). In: USDA-Natural Resources Conservation Service, Idaho Plant-Materials Center, Aberdeen, United Kingdom.
- [3] Schulz, V.S., Schumann, C., Weisenburger, S., Müller-Lindenlauf, M., Stolzenburg, K., Möller, K. (2020): Row-Intercropping Maize (*Zea mays* L.) with biodiversity-enhancing flowering-partners – Effect on plant growth, silage yield, and composition of harvest material. *Agriculture* 10 (11), 524.
- [4] Schulz, V. (2020): Mischanbau kann den Silomaisanbau ökologisch verträglicher machen. *Biogas Journal* 06, 86–90.

ERTRÄGE UND GEHALTE VON MAIS-BOHNEN-GEMISCHEN MIT STANGENBOHNEN ODER HELMBOHNEN

U. Wyss · Agroscope, Forschungsgruppe Wiederkäuer, CH-1725 Posieux; D. Martin · Proconseil, CH-1510 Moudon; A. Zemp · Bildungszentrum Wallierhof, CH-4533 Riedholz

Zusammenfassung

Der Anbau von Mais-Bohnen-Gemischen könnte eine Alternative zum Silomaisanbau sein, da durch die Bohnen der Proteingehalt der produzierten Silage erhöht werden könnte. Die vorliegenden Untersuchungen zeigten, dass Stangenbohnen wie auch Helmbohnen höhere Proteingehalte als der Mais aufweisen. Doch da der Anteil der Bohnen im Gemisch relativ niedrig war und der Ertrag der Gemische tiefer lag als beim Mais-Reinbestand, war der Proteingehalt des Futters pro Fläche nicht erhöht. Der Phasingehalt in den Bohnen und im Mais-Bohnen-Gemisch, der stark von der verwendeten Stangenbohnen-Sorte abhängig ist, wurde durch die Silierung leicht abgesenkt. Bezüglich Inhaltsstoffen und Gärqualität waren die Mais-Reinbestand-Silagen und die Mais-Bohnen-Gemisch-Silagen praktisch identisch.

1. Einleitung

Der Anbau eines Mais-Bohnen-Gemischs könnte eine Alternative zum konventionellen Silomaisanbau sein. Die Bohnen nutzen die Maispflanzen als Stütze und steigern den Proteingehalt in der Silage, da die gesamte Bohnenpflanze einen rund doppelt so hohen Proteingehalt hat wie der Mais. 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. Im Weiteren wachsen die Bohnen schneller als der Mais, dadurch wird das Unkraut besser unterdrückt und das Erosionsrisiko kann gesenkt werden. In den letzten Jahren wurden in der Schweiz verschiedene Versuche mit ei-

nem Mais-Stangenbohnen- oder Mais-Helmbohnen-Gemisch durchgeführt. Im vorliegenden Beitrag werden Ergebnisse von diesen Untersuchungen vorgestellt.

2. Material und Methoden

In den Jahren 2017–2019 führte das Forum Ackerbau an verschiedenen Standorten in der Schweiz Streifenversuche mit Mais-Stangenbohnen-Gemischen durch [1]. Dabei wurden Mais-Bohnen-Gemische mit Mais in Reinsaat bezüglich Trockenmasseerträgen, Inhaltsstoffen und Gärqualität verglichen. In den Jahren 2016 und 2017 wurden mit dem Erntegut zusätzlich Silierversuche durchgeführt [2]. Das Futter von einem Standort wurde in Rundballen und auch in Laborsilos mit 1,5 Liter Inhalt einsiliert. Speziell wurden, neben Ertragsmessungen und Analysen zu den Inhaltsstoffen, die Phasingehalte im grünen und silierten Material untersucht. In der Westschweiz wurden im Jahr 2019 an drei Standorten Helmbohnen, welche auch Lablab genannt werden, angebaut. Unterschiedliche Anteile an Mais und Helmbohne wurden gesät und das Erntegut in Laborsilos einsiliert [3].

3. Ergebnisse und Diskussion

Im Durchschnitt über alle Standorte lag der Trockensubstanzertrag mit den Mais-Stangenbohnen-Gemischen in allen drei Jahren niedriger als bei der Reinsaat Mais (Abb. 1) [1]. 2017 betrug die Ertragsdifferenz 18 %, 2018 16 % und 2019 13 % [1].

Der Anteil der Stangenbohnen am Mais-Bohnen-Gemisch betrug zwischen 8 und 18 % bezogen auf die Trockenmasse. Der TM-Ertrag war

auch bei den Helmbohnen niedriger als beim reinen Maisbestand (Abb. 2 [3]). Der Anteil der Helmbohne am Gemisch variierte je nach Saatenmengen zwischen 3 und 13% bezogen auf die Trockenmasse.

Bezüglich der Inhaltsstoffe wiesen die Gemische mit Stangenbohnen und insbesondere die mit Helmbohnen höhere Rohproteingehalte als der Silomais auf (Tab. 1). Wird die Rohproteinproduktion pro Fläche verglichen, wurde auf den Parzellen mit reinem Silomaisanbau bedingt durch die höheren Erträge mehr Protein produziert. Die berechneten NEL-Gehalte pro kg Trockenmasse der Bohnen und des Mais-Bohnen-Gemischs waren etwas niedriger als die der Maispflanzen.

Die im Versuch 2016 verwendete Stangenbohnen-sorten (Anellino Giallo) wies einen Phasingehalt von 16 mg/g Futter auf. Die im zweiten Versuchsjahr verwendete Stangenbohnen-sorten (WAV 512) wies mit 0,94 mg/g einen wesentlich geringeren Phasingehalt auf [2]. Nach Brugger et al. (2016) [4] schwanken die Phasingehalte in den Bohnen je nach Sorte sehr stark. Durch den Silierprozess wurden die Phasingehalte leicht abgebaut [2]. Auch die Samen und Hülsen der Helmbohnen sind im rohen Zustand giftig, da sie cyanogene Glykoside enthalten.

Die Silagen mit den Mais-Bohnen-Gemischen mit Stangenbohnen und Helmbohnen wiesen niedrige pH-Werte und ein ähnliches Gär säuremuster

Abb. 1: Trockenmasse-Erträge pro Jahr im Durchschnitt von verschiedenen Versuchsstandorten

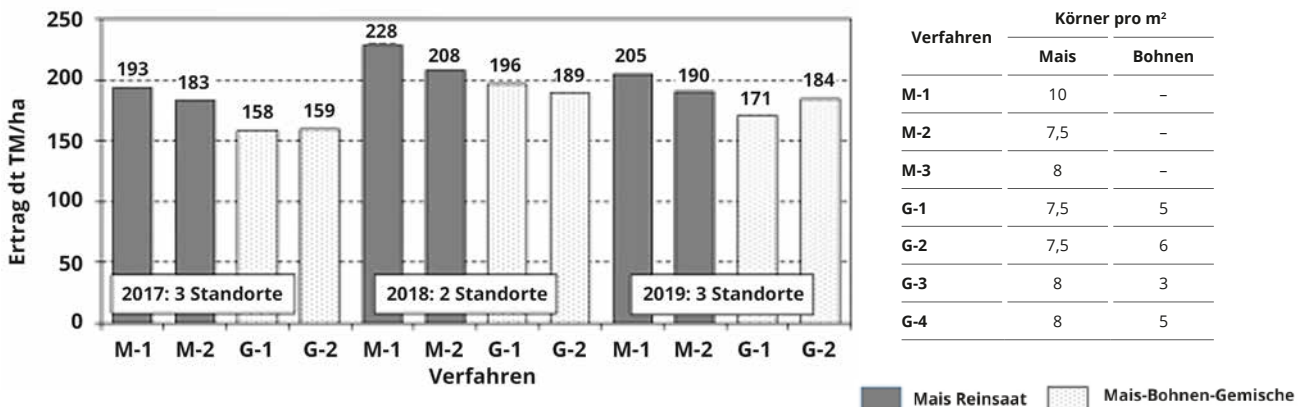
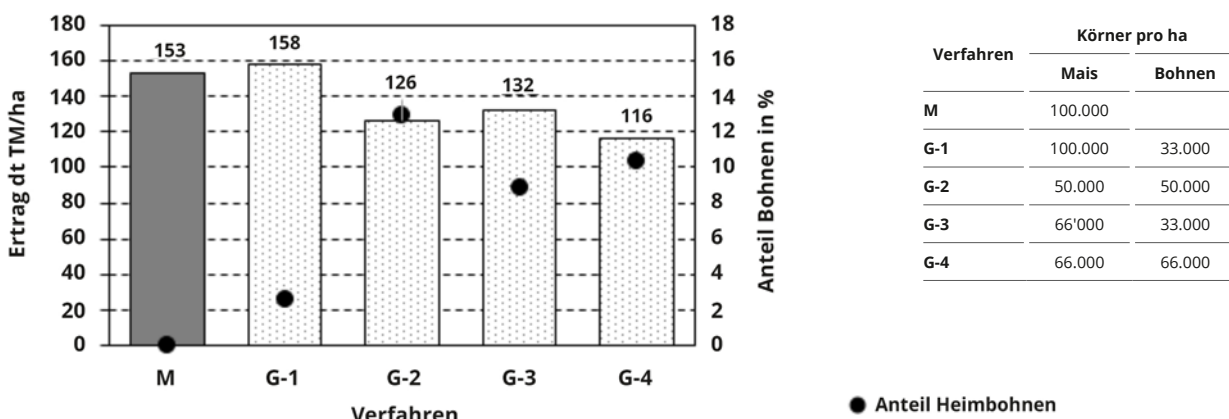


Abb. 2: Trockenmasse-Erträge pro Jahr von Mais in Reinkultur im Vergleich zu Mais-Helmbohnen-Gemischen und Anteil der Helmbohnen am Gemisch



Tab. 1: Inhaltsstoffe des Ausgangsmaterials mit Stangen- oder Helmbohnen von 2016 und 2019 – Mittelwerte und Standardabweichungen

		Material 2016			Material 2019		
		Mais	Stangenbohnen	Mischung	Mais	Helmbohnen	Mischung
Anzahl Proben		2	1	2	3	12	12
Trockenmasse	%	41,4 +/- 0,5	27,6	36,7 +/- 0,1	38,3 +/- 5,3	18,3 +/- 1	37,2 +/- 2,7
Rohprotein	g/kg TM	65 +/- 1	145	72 +/- 2	85 +/- 3	173 +/- 32	92 +/- 8
Rohfaser	g/kg TM	173 +/- 1	163	209 +/- 21	161 +/- 14	274 +/- 19	172 +/- 12
Rohasche	g/kg TM	29 +/- 1	67	39 +/- 5	36 +/- 5	114 +/- 14	40 +/- 7
ADF	g/kg TM	209 +/- 2	187	260 +/- 37	204 +/- 12	311 +/- 27	216 +/- 16
NDF	g/kg TM	400 +/- 15	279	416 +/- 38	370 +/- 13	429 +/- 26	391 +/- 23
Zucker	g/kg TM	77 +/- 3	71	68 +/- 5	46 +/- 10	76 +/- 18	43 +/- 6
Stärke	g/kg TM	391 +/- 5	303	331 +/- 67	389 +/- 40	79 +/- 30	370 +/- 42
NEL	MJ/kg TM	6,9 +/- 0,1	6,7	6,8 +/- 0,1	6,9 +/- 0,1	5,2 +/- 0,4	6,8 +/- 0,2

wie die reinen Maissilagen auf (Tab. 2). Insgesamt war die Silagequalität gemäß den DLG-Punkten sehr gut.

5. Schlussfolgerungen

Die Mais-Bohnen-Gemische führten im Vergleich zum Silomais-Reinbestand zu geringeren Trockenmasseerträgen pro Fläche. Die Proteingehalte bei den Stangen- und Helmbohnen sind höher als beim Silomais. Beim Bohnen-Mais-Gemisch

konnte jedoch der Proteingehalt nicht wesentlich erhöht werden. Wenn Stangenbohnen mit niedrigen Phasingehalten verwendet werden, dann sollte es bei der Verfütterung keine Probleme geben. Für die Verwendung in der Praxis wird deshalb der Anbau von Stangenbohnen-sorten mit geringen Phasingehalten empfohlen. Bei den Helmbohnen ist nicht bekannt, was mit den cyanogenen Glykosiden während des Silierprozesses passiert.

Tab. 2: Gärparameter der Silagen von 2016, 2017/2019 – Mittelwerte und Standardabweichungen

Verfahren		Silagen 2016		Silagen 2017		Silagen 2019	
		Mais	Mischung	Mais	Mischung	Mais	Mischung
Anzahl Proben		3	4	2	6	3	12
Trockenmasse	%	40,4 +/- 0,3	37,3 +/- 0,9	42 +/- 0,2	39,5 +/- 0,5	37,9 +/- 4,9	38,1 +/- 3,1
pH		4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Milchsäure	g/kg TM	46 +/- 3,4	62 +/- 6,0	46 +/- 0,6	59 +/- 2,5	60 +/- 3,0	66 +/- 5,8
Essigsäure	g/kg TM	11 +/- 0,8	14 +/- 1,8	10 +/- 1,1	11 +/- 0,6	13 +/- 1,7	14 +/- 1,8
Propionsäure	g/kg TM	0	0	0	0	0	0
Buttersäure	g/kg TM	0	0	0	0	0	0
Ethanol	g/kg TM	16 +/- 1,2	9 +/- 1,6	11 +/- 2,5	5 +/- 0,5	9 +/- 2,7	9 +/- 2,8
DLG Punkte		100	100	100	100	100	100

Literaturverzeichnis

- [1] Zemp A., 2019. Mais-Bohnen Mischanbau – Versuchsbericht 2019 Forum Ackerbau, S. 51-60. Versuchsbericht_2019.pdf (forumackerbau.ch).
- [2] Wyss U., Enggler A. und Brugger D., 2019. Mischkulturen für Tierfutter: Mais-Stangenbohnen-Gemisch und Phasingehalt. Agrarforschung Schweiz 10 (5): 190-197.
- [3] Martin D., 2020. Conseils de mise en place pour l'association maïs lablab. Agri 17, 17.
- [4] Brugger D., Buffler M., Windisch W. und Bolduan C., 2016. Untersuchungen zum antinutritiven Potential von Gartenbohnen (*Phaseolus vulgaris*). VDLUFA-Schriftenreihe 73, 500-507.

BESTIMMUNG DES ROHPROTEINGEHALTS VON MAIS-STANGENBOHNEN-MISCHUNGEN: REFERENZANALYTIK UND NIRS

Dr. B. Darnhofer · Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising

Zusammenfassung

An einem Datensatz mit Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen mit Rohproteingehalten von 5,4 bis 9,1 % TM wurde untersucht, ob es möglich ist, den Rohproteingehalt von Mais-Stangenbohnen-Mischungen mit der VDLUFA Standardkalibration für Mais zu bestimmen. Die H-Distanz lag nur bei Probenmaterial von Pflanzen, das extrem durch Trockenheit geschädigt war, über 3. Das Bestimmtheitsmaß war mit $R^2 = 0,93$ für alle Proben bzw. $R^2 = 0,88$ nur für die Mischungen sehr hoch, allerdings lagen die mit NIRS bestimmten Werte bei Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen im Durchschnitt etwa 7 % relativ unter denen der Referenzanalytik. Da mit einem weiteren Anstieg des Mais-Stangenbohnen-Anbaus und weiterer züchterischer Entwicklung im Hinblick auf die Erhöhung des Rohproteingehalts zu rechnen ist, scheint es für einen routinemäßigen Einsatz in der Qualitätsbestimmung ohne aufwändige Trennung des Probenmaterials sinnvoll und machbar, besonders die Daten von rohproteinreichen Mais-Stangenbohnen-Mischungen in die Standardkalibration einzupflegen anstatt eine eigene Kalibration für die Mischungen zu erstellen. Eine gröbere Einordnung ist bei Mais-Stangenbohnen-Mischungen auch heute schon mit der VDLUFA Standardkalibration für den Rohproteingehalt möglich.

1. Einleitung

Zu Beginn des gemeinsamen Anbaus von Mais und Stangenbohnen vor etwa zehn Jahren standen Produktionstechnik und Ertrags-

steigerung im Fokus. Nachdem nachgewiesen werden konnte, dass das Gemenge auch für die Fütterung von Wiederkäuern geeignet ist [1], rückte das Qualitätsmerkmal Rohproteingehalt zunehmend in den Mittelpunkt der Züchtung. In der Mischung soll die proteinreiche Stangenbohne den energiereichen, aber proteinarmen Mais ergänzen. Durch diese Mischung direkt vom Feld könnte der Zukauf von Eiweißfuttermitteln reduziert und der Anteil an heimischem Eiweiß in der Fütterung erhöht werden.

Eine Methode zur Bestimmung des Rohproteingehalts ist die Analyse des Stickstoffgehalts nach Kjeldahl [2] und die anschließende Multiplikation des Stickstoffgehalts mit dem Faktor 6,25. Diese Methode ist jedoch zeit- und kostenintensiv. Eine mögliche Alternative stellt die NIRS (Nahinfrarotspektroskopie) dar, mit der bei deutlich geringerem Zeitaufwand mehrere Inhaltsstoffe zeitgleich bewertet werden können. Es ist im bundesweiten VDLUFA Netzwerk eine Kalibrationsgleichung zur Bestimmung des Rohproteingehalts vorhanden [3]. Diese Kalibrationsgleichung wurde jedoch an reinem Mais erstellt, so dass sich die Frage stellte, ob sie dennoch für Mais-Stangenbohnen-Mischungen geeignet ist. Dieses wurde an Probenmaterial aus den Jahren 2018 und 2019 in kleinem Umfang im Rahmen eines vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten geförderten Forschungsprojekts an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Pflanzenbau und

Pflanzenzüchtung, getestet. Es wurde der Rohproteingehalt nach Kjeldahl sowie mittels NIRS bestimmt, um festzustellen, wie gut die Bewertung des Rohproteingehalts der Mais-Stangenbohnen-Mischungen mit NIRS erfolgt.

2. Material und Methoden

Aus den Versuchsjahren 2018 und 2019 wurde der Rohproteingehalt von Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen aus dem Stickstoffdüngerversuch bestimmt, da in diesem Versuch auf dem Feld die größte Variation sichtbar war und dieses auch bei den Inhaltsstoffen zu erwarten war [4]. Es lag Material von jeweils 4 Feldwiederholungen von den Standorten Freising (gut versorgt, gute Nährstoff- und Wassernachlieferung) und Grub (weniger gut versorgt, schlechte Nährstoff- und Wassernachlieferung) vor. Die Stickstoffdüngung erfolgte in fünf Stufen mineralisch mit bis zu 170 kg N/ha inklusiv N_{\min} . Die Stufe 1 erhielt keine zusätzliche N-Düngung. In beiden Jahren stand die Maissorte Figaro im Reinanbau und in den Mischungen im Versuch. Die Stangenbohnenarten waren Anellino Verde und WAV 512 (2018) bzw. WAV 612 (2019). Pro Jahr waren somit 40 Mais- und 80 Mais-Stangenbohnen-Mischungen vorhanden.

Von einem Teil der Parzellen wurden Pflanzen aus der Reihenmitte herausgeschnitten, Mais und Stangenbohnen getrennt und der Anteil der Stangenbohnen an der Trockenmasse der Mischungen berechnet.

Die Versuche wurden mit dem Parzellenhäcksler geerntet und die Proben anschließend schonend getrocknet. Das getrocknete Material wurde in einem zweistufigen Verfahren vermahlen. Die Qualitätsanalysen erfolgten in der Abteilung Qualitätssicherung und Untersuchungswesen (AQU) der LfL in Freising. In beiden Jahren wurde der Rohpro-

teingehalt mit NIRS bestimmt. Aus dem Jahr 2019 wurden zudem 119 Proben nach der Methode von Kjeldahl auf ihren Rohproteingehalt untersucht, eine Mischprobe musste verworfen werden.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die Ernte wurde im Hinblick auf einen optimalen TS-Gehalt für die Mischungen angestrebt. Dies führte in beiden Jahren dazu, dass der TS-Gehalt vom Mais im Reinanbau mit 38 % und mehr über dem Wert lag, der als optimal für die Silierung angestrebt wird (Tab. 1). Die Mischungen erreichten bis auf Grub 2019 akzeptable Werte. In Grub führten verschiedene Faktoren dazu, dass die Ernte 2019 zu spät und in der Folge bei zu hohen TS-Gehalten erfolgte.

Die H-Distanz (Global-H-Wert, Mahalanobis-Distanz) ist ein Maß dafür, wie gut das Spektrum einer Probe in den gesamten Datensatz, der der Kalibration zugrunde liegt, hineinpasst. Liegt der Wert über 3, so stellt die jeweilige Probe einen Ausreißer dar, wobei die Gründe dafür unterschiedlich sein können. Es liegt z. B. an einem Fehler in der Probenaufbereitung, in extremen Witterungsbedingungen während des Wachstums oder einer außergewöhnlichen Sortenneuzüchtung, deren Zusammensetzung im Datensatz noch nicht erfasst ist.

Am Standort Freising gab es 2018 nur zwei H-Ausreißer, die jedoch nur gering über dem Grenzwert lagen. In Grub war der Durchschnittswert bei Mais und Mischungen etwas höher. Bei Mais betrug er 3,5. Dies beruhte vor allem auf den Proben der nicht bzw. gering mit Stickstoff gedüngten Stufen, die 2018 teilweise den Wert von 5 überschritten. Der Mais hatte sehr unter der Frühsommertrockenheit gelitten und sich schlecht entwickelt. Er stellte somit kein typisches Material des Kalibrationsdatensatzes dar. Die Mais-Stangen-

Tab. 1: Trockensubstanz- (TS-) Gehalt, Rohproteingehalt (NIRS) sowie H-Distanz von Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen der Standorte Freising und Grub der Jahre 2018 und 2019

Material	Freising			Grub		
	TS-Gehalt (%)	Rohproteingehalt (%)	H-Distanz	TS-Gehalt (%)	Rohproteingehalt (%)	H-Distanz
2018						
Figaro	39,1	5,9	2,2	39,5	4,9	3,5
Figaro + Anellino Verde	34,6	7,2	1,9	35,0	7,2	2,4
Figaro + WAV 512	35,6	7,0	1,6	37,0	6,5	2,8
2019						
Figaro	38,0	5,8	1,7	43,1	4,8	2,9
Figaro + Anellino Verde	36,9	6,8	1,9	38,0	6,6	2,3
Figaro + WAV 612	37,3	6,7	1,7	39,8	6,5	2,1

bohnen-Mischungen überschritten den Grenzwert ebenfalls bei den schwach versorgten Stufen. Die niedrigen Werte für die H-Distanz deuten darauf hin, dass eine Bestimmung des Rohproteingehalts der Mischungen mit der Standardkalibration für Mais möglich sein sollte.

Die auffälligen H-Werte in Grub spiegelten sich in sehr niedrigen Rohproteingehalten wider, die bei den nicht oder nur gering mit Stickstoff versorgten Düngestufen deutlich unter 4 % TM lagen. Der Bereich im Kalibrierdatensatz liegt zwischen 4,66 und 10,74 % TM [5]. Die deutlich bessere Stangenbohnenentwicklung am schwächeren Standort Grub gegenüber dem gut versorgten Standort Freising zeigte sich in einer größeren Differenz im Rohproteingehalt zwischen Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen in Grub. In Grub betrug der Anteil an Stangenbohnen an der Trockenmasse der Mischungen teilweise über 25 %, in Freising erreichte er keine 15 %. Die herausgeschnittenen Pflanzen stellten die gesamte Variation auf dem Feld dar, so dass anzunehmen ist, dass alle mit NIRS bestimmten Proben gut widerspiegelt werden. Insgesamt war der Rohproteingehalt in den Mischungen an beiden Standorten mit durchschnittlich bis zu 7,2 % TM nicht sehr hoch. In Grub lag dies vor allem am schlecht entwickelten Mais,

aber auch an den Stangenbohnen, die sich nach der Frühsommertrockenheit sehr gut entwickelt hatten, aber sehr spät waren und nur einen geringen Anteil an gut entwickelten Hülsen aufwiesen. In Freising war der Mais in beiden Jahren deutlich besser und die Stangenbohne im Vergleich zu Grub schwächer entwickelt.

2019 gab es bei den Proben aus Freising keinen Ausreißer bei den H-Werten, in Grub vereinzelt bei Mais sowie Mischungen. Die Rohproteingehalte waren noch etwas niedriger als im Jahr zuvor.

Die Proben aus dem Jahr 2019 wurden nicht nur mit NIRS, sondern auch referenzanalytisch untersucht. Es wurde im Durchschnitt bei den Maisproben mit NIRS ein Rohproteingehalt von 5,28 % TM bestimmt (Tab. 2), der Referenzwert nach Kjeldahl war mit 5,76 % TM etwas höher, bei den Mischungen betrug die entsprechenden Werte 6,66 % TM bzw. 7,10 % TM. Der mit NIRS bestimmte Wert lag somit im Mittel etwa 7 % relativ unter dem Wert der Referenzanalytik, wobei es keinen relevanten Unterschied zwischen Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen gab.

In Abb. 1 ist die Korrelation zwischen den Methoden für Mais und Mais-Stangenboh-

Tab. 2: Rohproteingehalt (% TM) von Mais (n = 40) und Mais-Stangenbohnen-Mischungen (n = 79) bestimmt mit NIRS und der Referenzmethode nach Kjeldahl

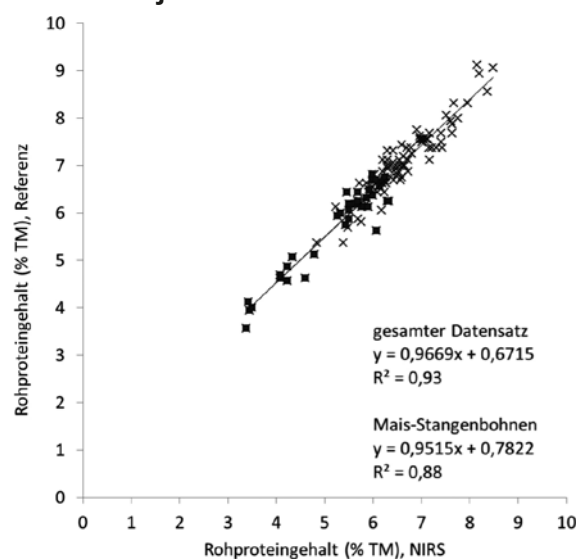
Methode	Mais			Mais-Stangenbohnen-Mischungen		
	Minimum	Mittelwert	Maximum	Minimum	Mittelwert	Maximum
Referenz	3,58	5,76	6,75	5,38	7,10	9,13
NIRS	3,37	5,28	6,33	4,83	6,66	8,58

nen-Mischungen ersichtlich. Es ist keine Tendenz größerer oder kleinerer Unterschiede in einem bestimmten Wertebereich erkennbar. Die Korrelation ist sehr gut, das Bestimmtheitsmaß liegt bei $R^2 = 0,93$ für alle Proben bzw. $R^2 = 0,88$ nur für Mais-Stangebohnen-Mischungen. Dieser Wert bezieht sich nur auf einen sehr begrenzten Datensatz. Für eine allgemeingültige Aussage zur Eignung der VDLUFA Kalibration auch für Mais-Stangenbohnen-Mischungen wäre ein größerer Datensatz mit einer weiteren Differenzierung im Material erforderlich. Von besonderem Interesse sind dabei Mischungen mit höheren Stangenbohnenanteilen mit dem Ziel einer deutlichen Erhöhung des Rohproteingehalts. Die untersuchten Mischungen lagen in dem Rohproteinbereich, der im Standarddatensatz der Kalibration erfasst ist. Der Unterschied von durchschnittlich 7 % relativ zwischen NIRS und Referenzanalytik ist für eine gröbere Einordnung des Probenmaterials geeignet. Auffällig war, dass diese Differenz auch bei den Maisproben und nicht nur bei den Mischungen auftrat.

Aufgrund verschiedener projektbedingter Gründe war es nicht möglich, eine spezielle Kalibration für Mais-Stangenbohnen-Mischungen zu erstellen oder die Daten in die Standardkalibration einzupflegen. Nach Projektende im Frühjahr 2020 ist keine weitere Datenerhebung erfolgt.

Da es zurzeit so aussieht, dass die Anbaufläche mit Mais-Stangenbohnen-Mischungen

in Deutschland weiter steigen wird, scheint es sinnvoll, weiteres Probenmaterial zu untersuchen und nach Möglichkeit in der Standardkalibration zu erfassen. Es wäre z. B. im Versuchswesen, in dem Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen zum Vergleich in einem Versuch stehen, keine aufwändige Trennung des Probenmaterials erforderlich, wie es bei getrennten Kalibrationen der Fall wäre. Auf diese Weise könnten zudem zeitgleich mehrere qualitätsrelevante Merkmale bewertet werden. Neben dem Rohproteingehalt dürfen andere Parameter wie z. B. der Stärke- oder Energiegehalt nicht aus den Augen verloren werden.

Abb. 1: Korrelation zwischen Rohproteingehalt bestimmt mit NIRS und Rohproteingehalt nach Kjeldahl

Die Mais-Stangenbohnen-Mischungen sind als Kreuz, der Mais als Quadrat gekennzeichnet

4. Schlussfolgerungen

Die Auswertung eines vergleichsweise kleinen Datensatzes mit Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen hat gezeigt, dass es möglich sein sollte, Mais-Stangenbohnen-Mischungen mit der VDLUFA Standardkalibration für Mais auf ihren Rohproteingehalt zu untersuchen. Es könnte so auf zeit-, personal- und kostenintensive Referenzanalysen verzichtet werden. Da mit einem weiteren Anstieg der Mais-Stangenbohnen-Flächen und dem zunehmenden Bedarf von Sortenversuchen zu rechnen ist, wäre es für einen routinemäßigen Einsatz in der Qualitätsbestimmung bei Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen ohne aufwändige Trennung des Probenmaterials sinnvoll, besonders Daten von rohproteinreichen Mischungen, die den Wertebereich im Kalibrationsdatensatz möglicherweise übersteigen werden, in die Standardkalibration einzupflegen, anstatt eine eigene Kalibration für die Mischungen zu erstellen.

Literaturverzeichnis

- [1] Leiser, W., Brugger, D. (2019): Stangenbohnen für Milchkühe. top agrar 11/2019, R22-R25
- [2] Kjeldahl, J. (1883): Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. In: Zeitschrift für Analytische Chemie, 366–382
- [3] VDLUFA (2020): 22.03.2021 abgerufen von <http://www.vdlufa-nirs.de/de/probenarten/mais>
- [4] LfL (2020): Untersuchungen zur Erhöhung der Diversifizierung des Maisanbaus zur Substratproduktion durch den Mischbau von Mais mit Blühpflanzen und Leguminosen. LfL Schrifteneihe 2/2020, Hrsg. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 22.03.2021 abgerufen von https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/diversifizierungmaisbaumischbaubluehpflanzenleguminosen-projektbericht_lfl-schriftenreihe.pdf
- [5] VDLUFA (2020): 22.03.2021 abgerufen von <http://www.vdlufa-nirs.de/uploads/pdf/sm2019.eqa.pdf>

EINSATZ VON MAIS-STANGENBOHNEN-SILAGE IN DER MILCHVIEHFÜTTERUNG, ERGEBNISSE DES SILOCONTROLLINGS

Dr. T. Jilg und A. Jilg · LAZBW Aulendorf, M. Ismail · HfWU Nürtingen, und Dr. D. Brugger · TUM Freising

Zusammenfassung

Dieser Versuch ist ein Folgeversuch zum Versuch 2018/2019, bei dem die Maissilagen und Mais-Bohnen-Silagen aufgrund klimatischer Besonderheiten (Trockenheit, sehr frühe Ernte) nicht repräsentativ für normale Erntejahre waren.

Der Trockenmassetrag im Erntejahr 2019 war bei Mais-Bohnen-Gemenge mit 192 dt TM/ha um 9 % niedriger als bei Maissilage. Die Bohnenanteile am TM-Ertrag betragen 2019 11,2 %.

Mit 0,029 mg/kg TM wies die Mais-Bohnen-Silage einen äußerst geringen Phasingehalt auf, so dass der Einsatz von Mais-Bohnen-Silage in der Milchviehfütterung mit phasinarmer Sorten unproblematisch ist.

Die Futteraufnahme mit Mais-Bohnen-Silage war um 0,5 kg TM/Kuh und Tag signifikant niedriger als bei der Kontrollration. Die Milchmenge mit Mais-Bohnen-Silage war mit 34,3 kg/Kuh und Tag signifikant um 0,3 kg/Tag niedriger. Jedoch war die ECM-Leistung mit 34,3 vs. 35,0 kg/Tag nicht signifikant unterschiedlich.

Die Vergärbarkeit von Mais-Bohnen-Gemenge und Silomais waren vergleichbar.

In der Proteinfractionierung fielen die Unterschiede zwischen den Futterarten moderat aus, wobei in der Maissilage mit 68 % des XP eine etwas höhere Proteinlöslichkeit als

in der Mais-Bohnen-Silage gefunden wurde (62 %). UDP5 befand sich mit 27 % (Mais-Bohnen-Silage) und 26 % (Maissilage) auf einem fast identischen Niveau.

In der Mais-Bohnen-Silage wurde ein etwas höherer γ -Aminobuttersäure-Gehalt (GABA) detektiert (2,6 g/kg TM im Vergleich zu 1,4 g/kg TM in der Maissilage), jedoch lag die Menge an biogenen Aminen in der Maissilage etwas höher (1,6 g/kg TM versus 1,4 g).

1. Material und Methoden

Silocontrolling

Für den Versuch 2019 wurden 4,74 ha Mais-Bohnen-Gemisch und 4,51 ha Silomais angebaut. Zur Aussaat kam beim Mais-Bohnen-Gemisch die Gartenbohne (*Phaseolus vulgaris*) WAV 512 und die Maissorte Figaro der Firma KWS (Mais 8 Körner/m², Bohne 4 Körner/m²), beim Mais im Reinanbau ebenfalls die Sorte Figaro mit 9 Körnern/m². Die Aussaat erfolgte als Mischung mit einem Kuhn-Maissägerät. Der Reihenabstand betrug 50 cm. Die Ernte erfolgte am 01.10.2019 mit einem reihenunabhängigen Maishäcksler.

Im Rahmen des Silocontrollings fand an sechs Messstellen die Beprobung der Futterstöcke an 6 Terminen im zweiwöchigen Rhythmus im Zeitraum vom 20.04. bis zum 29.06.2020 statt. Die Probenahmen für die Analyse auf den Phasingehalt erfolgten dreimal. Da es sich bei den Messungen um reine Wiederholungen handelte, erfolgte eine beschreibende Statistik.

Fütterungsversuch

Der Versuch wurde mit 32 Kühen im Cross-Over-Design durchgeführt. Die Kühe wurden vor Versuchsbeginn in die Gruppen 11 und 12 nach Leistung und Laktationstag aufgeteilt. Vor Phase 1 war eine 7-tägige Eingewöhnungsphase, zwischen Phase 1 und 2 eine 7-tägige Umstellungsphase angeordnet. Die Wasserversorgung erfolgte an 2 Wassertrögen mit Wiegeeinrichtung.

Aufstallung

Die Kühe waren im Versuchsbereich des Kuhstalls mit eingestreuten Liegeboxen aufgestallt. Die Milchgewinnung erfolgte mit einem automatischen Melksystem (AMS).

Datenerfassung, Analysen

- Täglich tierindividuell: Milchmenge (VMS 300, Fa. deLaval, Glinde D) und Futtermittelverzehr (RIC Wiegetröge, Fa. Insentec, Marke- nese NL).
- Wöchentlich tierindividuell: Milchinhalt- stoffe, Lebendmasse auf einer Durchlauf- waage.
- 14-tägig: Analyse der Rationskomponen- ten auf Nährstoffgehalte nach VDLUFA-Me- thodenbuch (1976, 4. Ergänzungslieferung 1997), Methan mit Laser-Methandetektor tierindividuell (Laser-methane-mini, Fa. Crowcon UK) nach Messprotokoll der UNI Halle.
- Monatlich tierindividuell: Body Condition Score (BCS) nach Edmons et. al (1989) durch visuelle Bonitur.

Statistik

Die statistische Auswertung erfolgte mit einem linearen gemischten Modell mit SAS, Version 9.4, unter Berücksichtigung von Versuchstag, Tier, Tiergruppe, Laktationsabschnitt, Laktati- onsnummer, Behandlung (V, K).

Futtermittel

In Tabelle 1 ist die Trogration dargestellt. Der Anteil der Maissilage bzw. Mais-Bohnen-Sila- ge lag bei ca. 38 %, der Grassilageanteil bei 34 % der TM bei einem KF-Anteil von ca. 27 bis 28 %. Im automatischen Melksystem wurden 3 kg/Tag AMS-Mix angeboten.

Tab. 1: Zusammensetzung der Trogration

Trogration mit	Maissilage (K)	Mais-Bohnen- Silage (V)
	Anteile in % der TM	
Grassilage	34,4	34,4
Maissilage	38,2	
Mais-Bohnen-Silage		37,5
KF_MIX ¹⁾	10,4	10,1
Rapsextraktionsschrot	12,7	13,3
Stroh Gerste	3,2	3,7
Mineralfutter	0,6	0,6
Kohlensaurer Futterkalk	0,2	0,2
Viehsalz	0,2	0,2
Summe	100	100
Kraftfutteranteil	27,3	28,1

¹⁾ KF_MIX 1: 40 % Weizen, 40 % Gerste, 20 % Ackerbohnen/Erbsen bis 01.06.2020
KF_MIX 2: 48 % Weizen, 40 % Gerste, 12 % Rapsextraktionsschrot ab 02.06.2020

2. Ergebnisse

Die Ernteerträge sind in Tabelle 2 aufgeführt. Die TM-Erträge je ha waren beim Mais-Boh- nen-Gemenge um 10,5 % niedriger als beim Silomais. Der Ertragsanteil der Bohnenpflan- zen betrug an der Frischmasse 17,7 %, an der Trockenmasse 11,2 %.

Tab. 2: Ernteerträge Mais-Bohnen-Gemenge und Silomais in Aulendorf, 2019

Variante	dt FM/ha	% TM	dt TM/ha
Mais-Bohnen-Gemenge	546,00	35,2	192,2
Silomais	625,65	34,3	214,6

In Tabelle 3 sind die Ergebnisse der Phasin- untersuchungen der Futtermittel dargestellt. Das Niveau in den Futtermitteln ist auf den niedrigen Gehalt der Sorte WAV 512 zurück- zuführen.

Tab. 3: Phasingehalte in den Substraten in mg/g TM

Substrat	n	MW	±s
Saatgut WAV 512 ¹⁾	4	0,622	0,032
Bohnen Ganzpflanze	3	0,268	0,142
Mais-Bohnen-Gemenge	3	0,023	0,005
Mais-Bohnen-Silage	6	0,029	0,010

¹⁾ Spannweite in 20 Sorten 0,16 mg/g TM und 67,4 mg/g TM n. Brugger et al. (2016)

In Tabelle 4 sind die Nährstoffgehalte der Rationskomponenten dargestellt. Aufgrund der Situation bei den Futtevvorräten mussten Kraftfuttermischung KF_Mix und die Grassilagen im Lauf des Versuchs bei beiden Gruppen gleichzeitig ausgetauscht werden. Die Mais-Bohnen-Silage hatte mit 81 g/kg TM 12,5% mehr Rohprotein als die Maissilage. Der Energiegehalt der Mais-Bohnen-Silage

war mit 7,02 MJ NEL/kg TM niedriger als der der Maissilage mit 7,20 MJ NEL/kg TM.

Die Gesamtration (Tabelle 5) umfasst die Trogration und die Kraftfuttermgaben, die über das automatische Melksystem dosiert werden. Die Rohproteingehalte der Ration mit Maissilage (K) lag mit 157 g/kg TM leicht unter dem der Ration mit Mais-Bohnen-Silage (V) mit 161 g/kg TM. Die durchschnittlichen nXP-Gehalte waren identisch. Die NEL-Konzentration der Ration K betrug 6,94 MJ/kg TM, die der Ration V 6,86 MJ/kg TM. Die Unterschiede sind durch die Differenzen zwischen Maissilage und Mais-Bohnen-Silage im Energiegehalt zu erklären.

In Tabelle 6 werden die Ergebnisse der Verzehrsmessungen dargestellt. Der Trockenmasseverzehr der Trogration war mit Maissilage

Tab. 4: Nährstoffgehalte der Rationskomponenten

Trogration mit	TM	XA	XP	aNDF _{OM}	Ca	P	ME	NEL	nXP	RNB
	g/kg			g/kg TM		MJ/kg TM		g/kg TM		
Mineralfutter bis 22.06.	976	994			39					
Mineralfutter ab 23.06.	967	981			48					
KF_Mix 1 bis 01.06	878	27	169	242	1,3	5,9	13,5	8,51	181	-1,9
KF_Mix 2 ab 02.06.	875	31	167	282	2,3	5,9	13,3	8,43	179	-2
Stroh Gerste	901	61	46	768	4,4	1,6	6,9	4,22	82	-5,8
Rapsextraktionsschrot	875	86	375	310	8,0	14,9	11,8	7,18	248	20,4
Grassilage bis 17.04.	421	81	174	383	8,0	4,2	11,1	6,7	148	4,2
Grassilage 18.04. bis 04.06.	442	96	163	425	9,0	4,8	10,3	6,12	137	4,2
Grassilage ab 05.06.	423	114	173	441	8,4	5,2	9,1	5,88	134	6,2
Maissilage	350	33	72	308	2,0	2,2	11,8	7,2	138	-10,6
Mais-Bohnen-Silage	341	40	81	314	3,5	2,6	11,5	7,02	139	-9,2
AMS-Mix	887	63	203	221	7,8	6,9	13,1	8,23	181	3,5

Tab. 5: Nährstoffgehalte der Gesamtration (Trogration + Kraftfutter im Automatischen Melksystem (AMS))

Ration mit		TM	XP	ADF _{OM}	aNDF _{OM}	NFC	P	Ca	ME	NEL	nXP	RNB
		g/kg TM			g/kg TM		MJ/kg TM		g/kg TM			
Maissilage (K)	MW	470	157	201	340	402	5,3	7,3	6,94	11,25	156	0,2
	s	5,7	2,9	5,1	8,5	11	0,2	0,2	0,08	0,21	1,8	0,3
Mais-Bohnen-Silage (V)	MW	466	161	206	344	391	5,5	7,9	6,86	11,14	156	0,8
	s	6,5	4,6	6,4	9,3	12	0,3	0,2	0,08	0,19	2,2	0,5

Tab. 6: Futterverzehr (LS-means)

Parameter	Beob.	Maissilage (K)		Mais-Bohnen-Silage (V)		p<
	n	MW	s	MW	s	
Trogration, kg/Tag	2317	46,1	0,9	45,3	0,87	0,0004
Trogration, kg TM/Tag	2317	20,5	0,4	20	0,38	0,0001
KF-Anteil, g/kg TM		243		244		
KF-AMS, kg TM/Tag	2316	2,6	0	2,5	0,04	0,0427
KF ges., kg TM/Tag	2317	7,5		7,4		ber.
TM-Verzehr, kg/Tag	2317	23,0	0,4	22,5	0,38	0,0001
Wasser, kg/Tag	2317	97,2	3,2	98	3,2	0,084

um 0,5 kg höher. Dieser hochsignifikante Unterschied von 0,5 kg TM/Tag war auch im Gesamttrockenmasseverzehr vorhanden. Über das automatische Melksystem (AMS) wurden bei K 2,6 kg, bei V 2,5 kg Kraftfutter pro Tier und Tag dosiert. Die gesamte Kraftfuttermenge (KF) betrug bei K 7,5 kg TM, bei V 7,4 kg TM pro Tag. Im Wasserverzehr gab es keinen signifikanten Unterschied.

Tab. 7: Milchleistung (LS-means)

Parameter	Beob.	Maissilage (K)		Mais-Bohnen-Silage (V)		p<
	n	MW	s	MW	s	
Milchmenge, kg/Tag	2317	34,6	1,01	34,3	1,01	0,0032
Milchfett, %	375	3,96	0,1	3,98	0,08	0,6884
Milcheiweiß, %	375	3,69	0,1	3,68	0,06	0,638
Laktose, %	343	4,8	0,1	4,74	0,06	0,2234
ECM, kg/Tag	375	35,0	1,03	34,3	1,04	0,0798
MH ¹⁾ , mg/Liter	372	213	5,7	241	5,9	0,0001
MH ¹⁾ Ref.methode, mg/Liter	310	228	5,2	247	5,4	0,0001
Zellzahl, in 1.000/ml	343	209	60	198	63,6	0,7858

¹⁾ Milchwahrscheinlichkeit
n.s. p > 0,05, * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001

Tab. 8: Weitere Ergebnisse (LS-means)

Parameter	Beob.	Maissilage (K)		Mais-Bohnen-Silage (V)		p<
	n	MW	s	MW	s	
BCS (Körperkondition)	88	3,4	0,1	3,4	0,2	0,823
Lebendmasse, kg	297	804	14	803	14,2	0,684
Futterkonvertierungseffektivität FKE, kg ECM/kg TM	377	1,51	0	1,55	0,04	0,178
Methanausscheidung, g/Tag	325	425	14	406	14,8	0,138

Die Parameter der Milchleistung werden in Tabelle 7 dargestellt. Der Unterschied in der Milchmenge von 0,3 kg/Kuh/Tag war signifikant. Bei den Milchhaltsstoffen Fett-, Eiweiß-, Laktosegehalt gab es keine signifikanten Unterschiede. Der Fettgehalt lag knapp unter 4 %, der Eiweißgehalt war mit fast 3,7 % in beiden Gruppen sehr hoch. Die energie-korrigierte Milchmenge (ECM) der Kontrolle K von 35 kg/Kuh/Tag ist nicht signifikant verschieden zur ECM der Versuchsgruppe V mit 34,3 kg/Kuh/Tag. Ration V führte zu signifikant höheren Milchwahrscheinlichkeiten obwohl der Rohproteingehalt der Ration V mit 161 g/kg TM nur unwesentlich höher war als bei der Ration K mit 157 g/kg TM. Mit der Referenzmethode wurden bei V 247 mg Milchwahrscheinlichkeit/Liter, bei K 228 mg Milchwahrscheinlichkeit/Liter gemessen.

In Tabelle 8 sind weitere Ergebnisse dargestellt. Die Körperkondition (BCS) und die Lebendmasse waren bei beiden Behandlungen gleich. Das gilt auch für die Futterkonvertierungseffektivität (FKE), die bei K 1,51, bei V 1,55 betrug. Die gemessenen Methanausscheidungen waren bei K mit 425 g/Kuh/Tag ca. 5 %, aber nicht signifikant, höher als bei V mit 406 g/Tag.

Ergebnisse des Silierversuchs

Maissilage und Mais-Bohnen-Silage zeigten eine sehr gute Vergärbarkeit (Vergärbarkeitskoeffizient (VK) > 45).

Proteinqualität

Die Ammoniak-Stickstoffgehalte (NH₃-N (% v. Nges)) lagen in der Mais-Bohnen-Silage mit 8,91 % (s=0,48) und 8,73 % (s=0,15) in der Maissilage über dem Orientierungswert von 6 %. Sie schwankten während der Entnahmephase in beiden Silagen zwischen rund 8,2 bis 9,7 %.

Es zeigte sich in der Maissilage mit 68 % Proteinlöslichkeit ein um 6 % höherer Wert als in der Mais-Bohnen-Silage (Abb. 1). Des Weiteren wurde ein leichter Unterschied in Fraktion B2 nachgewiesen, die anderen Fraktionen und der UDP5 (unabbaubares Protein bei ei-

ner unterstellten Passagerate von 5%/h) lagen auf dem gleichen Niveau.

In den jeweiligen Ausgangsmaterialien wurden keine biogenen Amine (BA) detektiert. Die Gehalte an γ -Aminobuttersäure (GABA) beliefen sich mit 0,37 g/kg TM im Mais-Boh-

Abb. 1: Rohproteingehalt (g XP/kg TM), Proteinlöslichkeit (A+B1), Proteinfractionierung (Fraktionen A, B1, B2, B3, C) und daraus berechnetes unabbaubares Protein bei einer unterstellten Passagerate von 5%/h (UDP5) in Mais-Bohnen- und Maissilage, n= 6

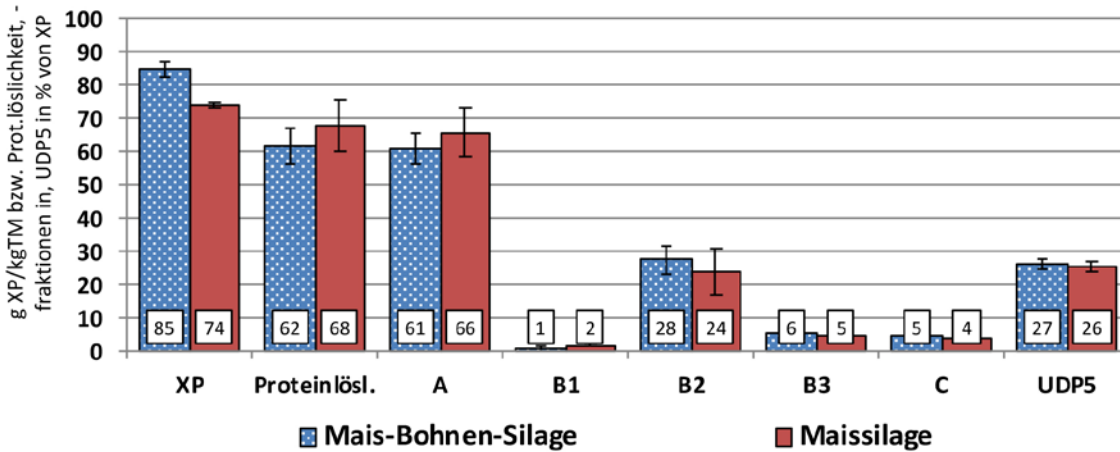


Abb. 2: Biogene Amine (Σ Putrescin, Histamin, Phenylethylamin und Tyramin in g/kg TM) sowie γ -Aminobuttersäure (GABA (g/kg TM)) im oberen und unteren Silobereich und deren Standardabweichung von Mais-Bohnen- (MBS) und Maissilage (MS), n=3

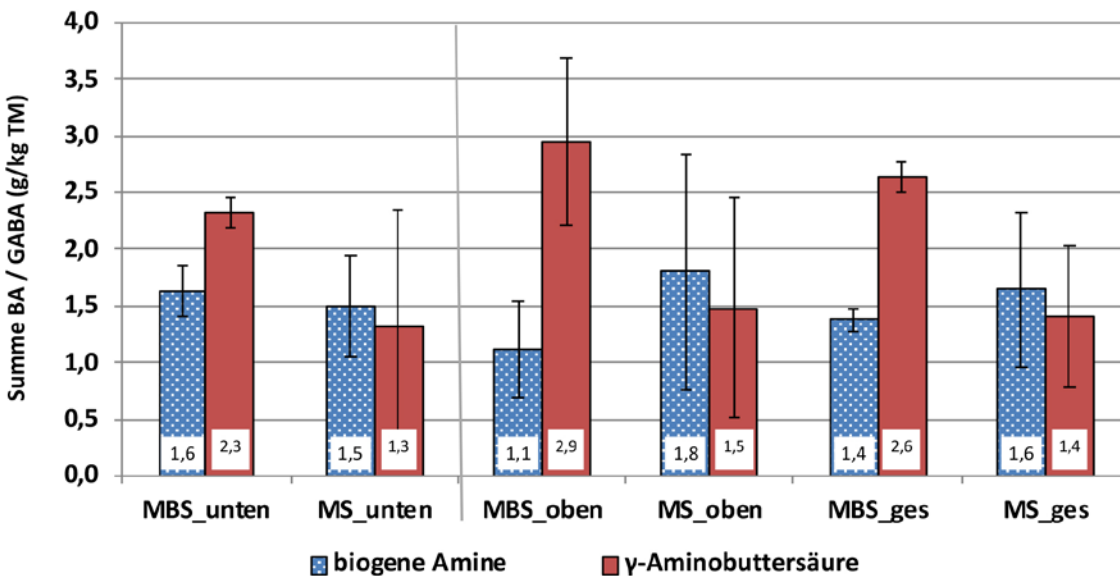
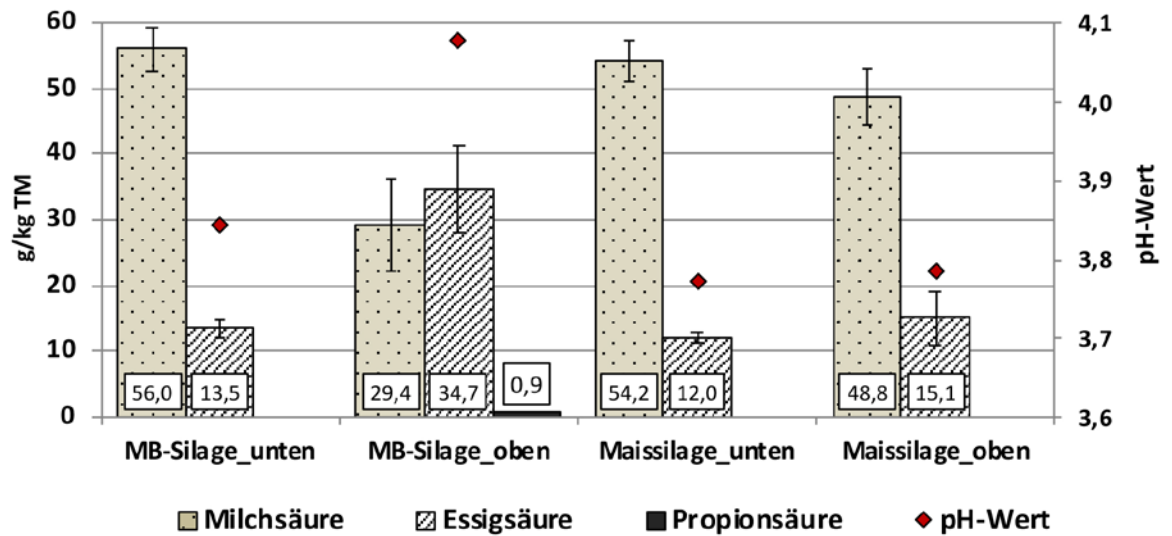


Abb. 3: Gärssäuren (Milch-, Essig- und Propionsäure) und pH-Werte im oberen und unteren Bereich der Anschnittsfläche bei Mais-Bohnen- (MB-Silage) und Maissilage, Summe jeweils aus 3 Probestellen, n=6

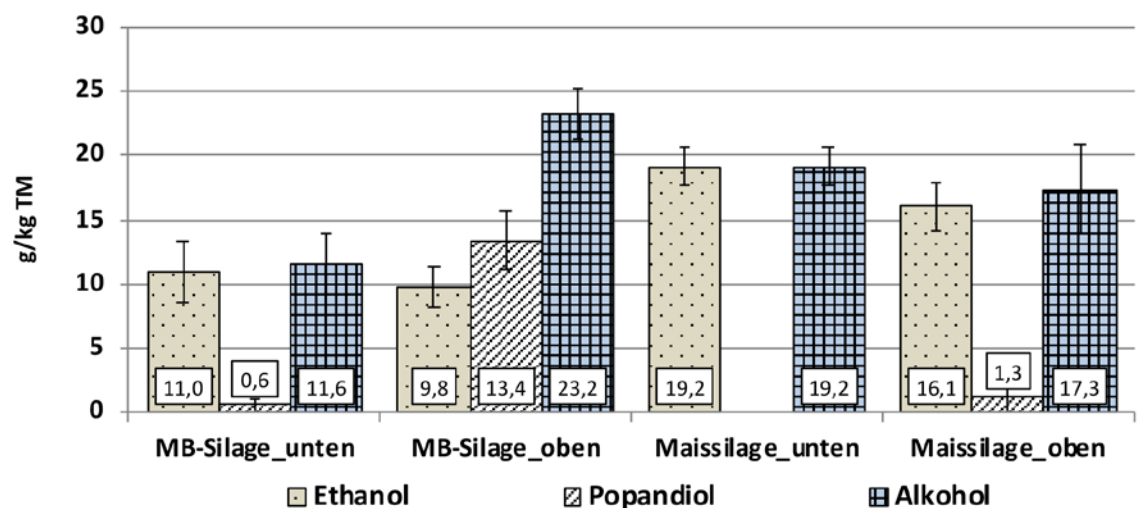


nen-Gemenge und 0,2 g/kg TM im Silomais auf einem sehr niedrigen Niveau. In den Silagen wurde kein Cadaverin und Tryptamin nachgewiesen.

konnte ein höherer Gehalt an biogenen Aminen in der Maissilage nachgewiesen werden (Abb. 2). Grundsätzlich lagen die Parameter unter dem Orientierungswert (< 5 g/kg TM).

Während in der Mais-Bohnen-Silage ein höherer Gehalt an GABA festgestellt wurde

Abb. 4: Ethanol-, 1,2-Propandiol- und Alkoholgehalte (Σ Ethanol und 1,2-Propandiol) im oberen und unteren Bereich der Anschnittsfläche bei Mais-Bohnen- (MB-Silage) und Maissilage, Summe jeweils aus 3 Probestellen, n=6



Gärqualität

Der obere Bereich der Anschnittsfläche der Mais-Bohnen-Silage wies etwas höhere pH-Werte auf (Abb. 3). Die Ansäuerung ist insgesamt als sehr gut einzustufen. In keinem der beiden Futterstöcke wurde Butter- und Ameisensäure nachgewiesen.

Die geringsten Milchsäuregehalte wurden im oberen Bereich bei der Mais-Bohnen-Silage festgestellt. Mit durchschnittlich 35 g/kg TM zeigten sich hier die höchsten Essigsäuregehalte. Propionsäure wurde nur im unteren Bereich in der Mais-Bohnen-Silage detektiert, an 4 der 6 Termine lagen die Gehalte zwischen 0,4 bis 3,6 g/kg TM.

Die Maissilage wies sowohl unten als auch oben höhere Ethanolgehalte auf (Abb. 4). Hingegen zeigte sich im oberen Bereich der Mais-Bohnen-Silage die höchste Menge an 1,2-Propandiol, in der Summe wurde dort der höchste Alkoholgehalt (Σ Ethanol, 1,2-Propandiol) gemessen.

3. Auswirkung auf die Rationsgestaltung

Bei Verfütterung von 8 kg TM/Kuh und Tag Mais-Bohnensilage alternativ zu Maissilage können ca. 72 Gramm Rohprotein pro Kuh/Tag (\approx ca. 0,200 kg Rapsschrot) für die Eiweißergänzung eingespart werden.

