



LfL

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft



Projektbericht

**Untersuchungen zur Erhöhung der
Diversifizierung des Maisanbaus
zur Substratproduktion durch den
Mischanbau von Mais mit
Blühpflanzen und Leguminosen
(Phase II) K/16/02**



Schriftenreihe

2

2020

ISSN 1611-4159

Impressum

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Vöttinger Straße 38, 85354 Freising-Weihenstephan
Internet: www.LfL.bayern.de

Redaktion: Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
Kleeberg 14, 94099 Ruhstorf a.d.Rott
E-Mail: Pflanzenbau@LfL.bayern.de
Telefon: 08161 71-3637

1. Auflage: Juni 2020

Druck: ES-Druck, 85356 Freising-Tüntenhausen

Schutzgebühr: 15,00 Euro

© LfL Alle Rechte beim Herausgeber

PROJEKTBERICHT

Untersuchungen zur Erhöhung der Diversifizierung des Maisanbaus
zur Substratproduktion durch den Misanbau von Mais mit Blüh-
pflanzen und Leguminosen (Phase II)

K/16/02

Durchführende Stelle:

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)

Gefördert durch:



Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

2020

Projektbericht

Vorhabenbezeichnung:	Untersuchung zur Erhöhung der Diversifizierung des Maisanbaus zur Substratproduktion durch den Misanbau von Mais mit Blühpflanzen und Leguminosen (Phase II)
Zuwendungsempfänger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising-Weihenstephan
Gefördert durch:	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF)
Projektträger:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Förderkennzeichen:	K/16/02
Laufzeit des Vorhabens	geplant 01.08.2016 - 31.12.2018, kostenneutrale Verlängerung bis 31.12.2019
Kooperationspartner:	-
Verfasser des Berichts:	Dr. Birte Darnhofer
Projektleiter:	Dr. Joachim Eder

Freising, April 2020

Dr. Joachim Eder, Projektleiter

Inhaltsverzeichnis

<i>Inhaltsverzeichnis</i>	3
<i>Tabellenverzeichnis</i>	5
<i>Abbildungsverzeichnis</i>	8
1 Einleitung und Aufgabenstellung	11
2 Darstellung der pflanzenbaulichen Versuche	12
2.1 Standortbeschreibung	12
2.1.1 Witterung 2016.....	12
2.1.2 Witterung 2017.....	13
2.1.3 Witterung 2018.....	13
2.1.4 Witterung 2019.....	14
2.2 Versuchsübergreifende Methoden.....	15
2.2.1 Durchführung der Feldversuche.....	15
2.2.2 Statistische Auswertung	16
2.3 Mais-Sonnenblumen-Mischungen	17
2.3.1 Problematik und Aufgabenstellung.....	17
2.3.2 Versuch 2016	17
2.3.2.1 Material und Methoden	17
2.3.2.2 Ergebnisse und Diskussion 2016	18
2.3.3 Versuch 2017	21
2.3.3.1 Material und Methoden 2017	21
2.3.3.2 Ergebnisse und Diskussion	22
2.3.4 Versuch 2018	26
2.3.4.1 Material und Methoden 2018	26
2.3.4.2 Ergebnisse und Diskussion 2018	26
2.3.5 Biogasausbeute und Inhaltsstoffe.....	29
2.3.6 Zusammenfassung und Schlussfolgerung	32
2.4 Mais-Stangenbohnen-Mischanbau Anbauversuch.....	34
2.4.1 Problematik und Aufgabenstellung.....	34
2.4.2 Material und Methoden	34
2.4.2.1 Versuchsdurchführung 2016	34
2.4.2.2 Versuchsdurchführung 2017	35
2.4.2.3 Versuchsdurchführung 2018	36
2.4.2.4 Versuchsdurchführung 2019	37
2.4.3 Ergebnisse und Diskussion	39
2.4.3.1 Versuchsjahr 2016.....	39
2.4.3.2 Versuchsjahr 2017.....	43
2.4.3.3 Versuchsjahr 2018.....	47
2.4.3.4 Versuchsjahr 2019.....	52
2.4.4 Zusammenfassung und Ausblick	56

2.5	<i>Mais-Stangenbohnen-Mischanbau Düngerversuch</i>	58
2.5.1	Aufgabenstellung	58
2.5.2	Material und Methoden	58
2.5.3	Ergebnisse und Diskussion	59
2.5.3.1.	Ergebnisse und Diskussion 2017	59
2.5.3.2.	Ergebnisse und Diskussion 2018	65
2.5.3.3.	Ergebnisse und Diskussion 2019	71
2.5.3.4.	Zusammenfassung der Jahre 2017 - 2019	79
2.5.4	Zusammenfassung und Ausblick	80
2.6	<i>Qualitätsbestimmung</i>	82
2.6.1	Siliverversuch.....	82
2.6.2	Biogasausbeute.....	86
2.6.3	Phasin	88
2.6.4	Inhaltsstoffe	90
2.6.4.1.	Rohproteingehalt im Anbauversuch.....	92
2.6.4.2.	Rohproteingehalt im Düngerversuch.....	92
2.7.	<i>Test weiterer Mais-Leguminosen-Mischungen</i>	97
2.7.1	Mais und Sojabohne	97
2.7.2	Mais und Ackerbohne	99
3	<i>Zusammenfassung und Empfehlungen für die Praxis</i>	102
4	<i>Literaturverzeichnis</i>	106
5	<i>Veröffentlichungen, die aus dem Projekt hervorgegangen sind</i>	109
6	<i>Tabellenanhang</i>	110
6.1	<i>Mais-Stangenbohnen-Anbauversuch</i>	112
6.2	<i>Mais-Stangenbohnen-Düngerversuch</i>	113
6.3	<i>Qualitätsbestimmung</i>	117

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Durchgeführte Feldversuche in Projektphase 2	12
Tab. 2: Aussaat- und Erntetermine in den Jahren 2016 -2019 an den Standorten Freising und Grub.....	16
Tab. 3: Bestandesdichte von Mais und Mais-Sonnenblumen-Mischungen, die 2016 geprüft wurden.....	18
Tab. 4: Durchschnittlicher Trockenmasse- (TM-) Ertrag und Trockensubstanz- (TS-) Gehalt im Mais-Sonnenblumen-Mischanbauversuch des Erntejahres 2016 (ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im SNK-Test, $\alpha = 5\%$)	20
Tab. 5: Übersicht über Bestandesdichte von Mais und Mais-Sonnenblumen-Mischungen, die 2017 geprüft wurden	21
Tab. 6: Durchschnittlicher Trockenmasse- (TM-) Ertrag und Trockensubstanz- (TS-) Gehalt im Mais-Sonnenblumen-Mischanbauversuch des Erntejahres 2017 (ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im SNK-Test, $\alpha = 5\%$)	25
Tab. 7: Übersicht über die Bestandesdichte von Mais und Mais-Sonnenblumen-Mischungen, die 2018 geprüft wurden	26
Tab. 8: Durchschnittliche Trockenmasse- (TM-) Erträge und Trockensubstanz- (TS-) Gehalte im Mais-Sonnenblumen-Mischanbauversuch des Erntejahres 2018 (ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im SNK-Test, $\alpha = 5\%$)	28
Tab. 9: Übersicht über die Prüfglieder, die 2016 im Batch auf ihre potentielle Biogasausbeute untersucht wurden, sowie Ergebnisse der Biogas-Analyse.....	30
Tab. 10: Trockensubstanz- (TS-) Gehalt und Inhaltsstoffe von Mais und Mais-Sonnenblumen-Mischungen	31
Tab. 11: Übersicht über die Prüfglieder im Mais-Stangenbohnen-Anbauversuch, die 2016 in Freising und Grub geprüft wurden	35
Tab. 12: Übersicht über die Prüfglieder im Mais-Stangenbohnen-Anbauversuch, die 2017 in Freising und Grub geprüft wurden	36
Tab. 13: Übersicht über die Prüfglieder im Mais-Stangenbohnen-Anbauversuch, die 2018 in Freising und Grub geprüft wurden	37
Tab. 14: Übersicht über die Prüfglieder im Mais-Stangenbohnen-Anbauversuch, die 2019 in Freising und Grub geprüft wurden	38
Tab. 15: Durchschnittlicher Frischmasse- (FM-) und Trockenmasse- (TM-) Ertrag sowie Trockensubstanz- (TS-) Gehalt im Mais-Stangenbohnen-Anbauversuch des Erntejahres 2016 an den Standorten Freising und Grub (ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im SNK-Test, $\alpha = 5\%$)	42
Tab. 16: Durchschnittlicher Frischmasse- (FM-) und Trockenmasse- (TM-) Ertrag sowie Trockensubstanz- (TS-) Gehalt im Mais-Stangenbohnen-Anbauversuch des Erntejahres 2017 an den Standorten Freising und Grub (ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im SNK-Test, $\alpha = 5\%$)	46
Tab. 17: Durchschnittlicher Frischmasse- (FM-) und Trockenmasse- (TM-) Ertrag sowie Trockensubstanz- (TS-) Gehalt im Mais-Stangenbohnen-Anbauversuch des Erntejahres 2018 an den Standorten Freising und Grub (ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im SNK-Test, $\alpha = 5\%$)	50
Tab. 18: Übersicht über die Nmin-Gehalte sowie Zieldüngemengen im Düngeversuch 2017 - 2019.....	58
Tab. 19: Übersicht über die Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen, die 2017 im Düngeversuch geprüft wurden	60

Tab. 20: Mittelwerte von Frischmasse (FM-) und Trockenmasse- (TM-) Ertrag und Trockensubstanz (TS-) Gehalt über alle Prüfglieder im Düngeversuch in Freising und Grub 2017 (ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im SNK-Test, $\alpha = 5\%$)	65
Tab. 21: Übersicht über die Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen, die 2018 im Düngeversuch geprüft wurden	66
Tab. 22: Mittelwerte von Frischmasse (FM-) und Trockenmasse- (TM-) Ertrag und Trockensubstanz (TS-) Gehalt über alle Prüfglieder im Düngeversuch in Freising und Grub 2018 (ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im SNK-Test, $\alpha = 5\%$)	71
Tab. 23: Übersicht über die Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen, die 2019 im Düngeversuch geprüft wurden	72
Tab. 24: Mittelwerte von Frischmasse (FM-) und Trockenmasse- (TM-) Ertrag und Trockensubstanz (TS-) Gehalt über alle Prüfglieder im Düngeversuch in Freising und Grub 2019 (ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im SNK-Test, $\alpha = 5\%$)	78
Tab. 25: Mittelwerte von Frischmasse (FM-) und Trockenmasse- (TM-) Ertrag und Trockensubstanz (TS-) Gehalt der N-Stufen im Düngeversuch in Freising und Grub 2017-2019 (ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im SNK-Test, $\alpha = 5\%$)	79
Tab. 26: Mittelwerte von Frischmasse (FM-) und Trockenmasse- (TM-) Ertrag und Trockensubstanz (TS-) Gehalt von Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen in Freising und Grub 2017-2019 (ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im SNK-Test, $\alpha = 5\%$)	80
Tab. 27: Übersicht über die Prüfglieder im Silierversuch	82
Tab. 28: Übersicht über Stangenbohnenanteil, TS-Gehalt sowie Roh Nährstoffe des Ausgangsmaterials im Silierversuch	83
Tab. 29: Vergärbarkeit und mikrobiologischer Besatz des Ausgangsmaterials	83
Tab. 30: Phasingehalt von Ausgangsmaterial (AM) und Silagen des Silierversuchs	85
Tab. 31: Inhaltsstoffe der Proben des Batch-Versuchs	90
Tab. 32: Durchschnittlicher Gehalt verschiedener Inhaltsstoffe bei den drei Prüfgliedern des Düngeversuchs im Jahr 2018 (ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im SNK-Test, $\alpha = 5\%$)	92
Tab. 33: Durchschnittlicher Gehalt verschiedener Inhaltsstoffe bei den drei Prüfgliedern des Düngeversuchs im Jahr 2019 (ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im SNK-Test, $\alpha = 5\%$)	93
Tab. 34: Durchschnittlicher Gehalt verschiedener Inhaltsstoffe bei den fünf Dünge Stufen des Düngeversuchs im Jahr 2018 (ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im SNK-Test, $\alpha = 5\%$)	95
Tab. 35: Durchschnittlicher Gehalt verschiedener Inhaltsstoffe bei den fünf Dünge Stufen des Düngeversuchs im Jahr 2019 (ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im SNK-Test, $\alpha = 5\%$)	95
Tab. 1A: Monatswerte für Temperatur in °C an den Standorten Grub und Freising von 2016 bis 2019 (kursiv: langjähriges Mittel)	110
Tab. 2A: Monatswerte für Niederschlag in l/m ² an den Standorten Grub und Freising von 2016 bis 2019 (kursiv: langjähriges Mittel)	110
Tab. 3A: Monatswerte für Sonnenscheindauer in h an den Standorten Grub und Freising von 2016 bis 2019 (kursiv: langjähriges Mittel)	111
Tab. 4A: Durchschnittlicher Frischmasse- (FM-) und Trockenmasse- (TM-) Ertrag sowie Trockensubstanz- (TS-) Gehalt im Mais-Stangenbohnen-Anbauversuch des Erntejahres 2019 an den Standorten Freising und Grub (ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im SNK-Test, $\alpha = 5\%$)	112

Tab. 5A: Durchschnittlicher Frischmasse- (FM-) und Trockenmasse- (TM-) Ertrag sowie Trockensubstanz- (TS-) Gehalt im Mais-Stangenbohnen-Düngeversuch des Erntejahres 2017 an den Standorten Freising und Grub.....	113
Tab. 6A: Durchschnittlicher Frischmasse- (FM-) und Trockenmasse- (TM-) Ertrag sowie Trockensubstanz- (TS-) Gehalt im Mais-Stangenbohnen-Düngeversuch des Erntejahres 2018 an den Standorten Freising und Grub.....	114
Tab. 7A: Durchschnittlicher Frischmasse- (FM-) und Trockenmasse- (TM-) Ertrag sowie Trockensubstanz- (TS-) Gehalt im Mais-Stangenbohnen-Düngeversuch des Erntejahres 2019 an den Standorten Freising und Grub.....	115
Tab. 8A: Nmin-Gehalt nach Ernte im Mais-Stangenbohnen-Düngeversuch des Erntejahres 2019 an den Standorten Freising und Grub.....	116
Tab. 9A: Ausgewählte Merkmale zur Beschreibung der Gärqualität der erzeugten Silagen von den Standorten Grub und Freising (Mittelwerte aus n = 3)	117
Tab. 10A: Ergebnisse der Proteinfraktionierung der LKS Lichtenwalde	118
Tab. 11A: Inhaltsstoffe im Anbauversuch in Freising 2019	119
Tab. 12A: Inhaltsstoffe im Anbauversuch in Grub 2019	120
Tab. 13A: Inhaltsstoffe im Düngeversuch in Freising 2018	121
Tab. 14A: Inhaltsstoffe im Düngeversuch in Grub 2018	122
Tab. 15A: Inhaltsstoffe im Düngeversuch in Freising 2019	123
Tab. 16A: Inhaltsstoffe im Düngeversuch in Grub 2019	124

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Schädigung von Sonnenblumen am 14.6.2016 in Freising und 21.6.2016 in Grub	18
Abb. 2: Gut entwickelte Mischungen von Mais und Sonnenblumen am 13.7.2016 in Grub	19
Abb. 3: Blüte von Mais und Sonnenblumen am 25.7.2016 in Freising	19
Abb. 4: Mais und Sonnenblumen am 31.8.2016 in Grub.....	19
Abb. 5: Mais und Sonnenblumen am 8.9.2016 in Grub.....	20
Abb. 6: Aufgang von Mais und Sonnenblumen am 1.6. und 16.6.2017 in Freising.....	22
Abb. 7: Trockenstress in Grub am 7.7.2017	22
Abb. 8: Sonnenblumenblüte in Freising am 14.7.2017.....	23
Abb. 9: Mais-Sonnenblumen-Mischungen am 25.8.2017 in Grub	23
Abb. 10: Mais-Sonnenblumen-Mischungen am 03.09.2017 in Freising	24
Abb. 11: Mais-Sonnenblumen-Mischungen 25.9.2017 Grub	24
Abb. 12: Mais-Sonnenblumen-Mischungen 10.10.2017 in Freising	25
Abb. 13: Jugendwachstum von Mais-Sonnenblumen-Mischungen in Freising und Grub	27
Abb. 14: Blühende Sonnenblumen im Juli 2018 in Freising und Grub	27
Abb. 15: Mais-Sonnenblumen-Mischungen zur Ernte am 19.9.2018 in Freising	28
Abb. 16: Biogasausbeute (Säule) und Methangehalt (Kreuz) von zwei Mais- sowie sieben Mais-Sonnenblumen-Proben.....	30
Abb. 17: Zögerliche Anfangsentwicklung von Mais und Stangenbohnen, Freising 6.6.2016 ..	39
Abb. 18: Befall der Stangenbohne mit Schnecken und Drahtwürmern, Freising 5.6.2016.....	39
Abb. 19: Verschlammte Bodenoberfläche und verkümmerte Stangenbohnenkeimlinge, Freising 17.6.2016.....	40
Abb. 20: Jugendentwicklung von Mais und Stangenbohne, Grub 21.6.2016.....	40
Abb. 21: Mais und Stangenbohnen, Grub 13.7.2016.....	40
P1 (links) sowie P2.....	41
Abb. 22: Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen, Freising 25.7.2016.....	41
Abb. 23: Mais sowie Mais -Stangenbohnen-Mischung, Grub 1.8.2016.....	41
Abb. 24: Laubabfall bei den Stangenbohnen, Freising 21.9.2016	41
Abb. 25: Aufgang und Pflanzenverteilung in Freising, 1.6.2017	44
Abb. 26: Jugendentwicklung in Freising und Grub, 16.6.2017	44
Abb. 27: Üppige Stangenbohnenentwicklung in Grub, 25.8.2017	44
Abb. 28: Mais und Stangenbohnen am Erntetag in Grub, 25.9.2017	45
Abb. 29: Große Unterschiede in der Massebildung der Stangenbohnen in Freising, 3.9.2017.	45
Abb. 30: Ungleichmäßiger Aufgang von Mais und Stangenbohnen in Freising, 7.6.2018	48
Abb. 31: Jugendentwicklung von Mais und Stangenbohnen, Freising 25.6.2018.....	48
Abb. 32: Jugendentwicklung von Mais und Stangenbohnen, Grub 3.7.2018.....	48
Abb. 33: Geschwächte Maispflanzen können dem Bohnenwachstum nicht standhalten, Grub 5.9.2018.....	49
Abb. 34: Große Unterschiede in der Stangenbohnenentwicklung in Freising, 19.9.2018.....	49
Abb. 35: Stark aufgehellte Blätter bei den Stangenbohnen, Freising 19.9.2018	50
Abb. 36: Zögerlicher Aufgang von Mais und Stangenbohnen in Freising, 29.5.2019	52
Abb. 37: Gleichmäßiger Aufgang von Mais und Stangenbohnen in Grub, 4.6.2019	52
Abb. 38: Trockenheit erschwert Keimung und Aufgang von Mais und Stangenbohnen, Freising 8.6.2019.....	53
Abb. 39: Erntetag in Grub, 24.9.2019	53
Abb. 40: Unterschiedliche Stangenbohnenentwicklung in Freising kurz vor der Ernte, 8.10.2019.....	54

Abb. 41: Ernte der Mais-Stangenbohnen-Mischungen bei guter Ausbildung von Kolben und Hülsen, Freising 10.10.2019	54
Abb. 42: Frischmasse- (FM-) Ertrag der Maissorten (Balken dunkel) und Mais-Stangenbohnen-Mischungen (Balken heller) sowie Trockensubstanz- (TS-) Gehalt der Maissorten (Kreuz) und Mais-Stangenbohnen-Mischungen (Dreieck) in Freising und Grub 2019.....	55
Abb. 43: Ungleichmäßiger Feldaufgang der Stangenbohnen, Freising 1.6.2017	59
Abb. 44: Jugendentwicklung in Freising und Grub	60
Abb. 45: Trockenstress in Grub, 7.7.2017	61
Abb. 46: Gut entwickelte Mais- und Stangenbohnenpflanzen am 14.7.17 in Freising	61
Abb. 47: Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen in Grub zur Ernte am 25.9.2017.....	62
Abb. 48: Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen in Freising am 2.10.2017.....	63
Abb. 49: Trockensubstanz- (TS-) Gehalt sowie Frischmasse- (FM-) und Trockenmasse- (TM-) Ertrag von Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen im Düngerversuch 2017	64
Abb. 50: Körner von Mais und WAV 512.....	65
Abb. 51: Schützen der Jungpflanzen vor Wildverrbiss mit einem Zaun	66
Abb. 52: Entwicklung von Mais-Stangenbohnen-Mischungen in Freising und Grub Ende Juli 2018.....	67
Abb. 53: Maisbestände unterschiedlicher Dünge­stufen in Freising und Grub Ende Juli 2018 .	68
Abb. 54: Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen unterschiedlicher Dünge­stufen in Freising am Tag der Ernte, 19.9.2018.....	69
Abb. 55: Trockensubstanz- (TS-) Gehalt sowie Frischmasse- (FM-) und Trockenmasse- (TM-) Ertrag von Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen im Düngerversuch 2018	70
Abb. 56: Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen unterschiedlicher Dünge­stufen in Freising am 5.8. und 2.9.2019.....	73
Abb. 57: Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen unterschiedlicher Dünge­stufen in Grub am 2.9. und 24.9.2019.....	74
Abb. 58: Stangenbohnenwurzeln mit Knöllchenbesatz Grub, 24.9.2019	75
Abb. 59: Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen unterschiedlicher Dünge­stufen in Freising am 8.10.2019.....	76
Abb. 60: Trockensubstanz- (TS-) Gehalt sowie Frischmasse- (FM-) und Trockenmasse- (TM-) Ertrag von Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen im Düngerversuch 2019	77
Abb. 61: Stangenbohnenwurzeln mit Knöllchenbesatz aus N-Stufe 5 in Freising, 14.10.2019	78
Abb. 62: Typischer Verlauf der Biogasbildung bei Mais und Stangenbohne.....	86
Abb. 63: Methanausbeute und TS-Gehalt von Stangenbohnen (S1501 bis S1704), Mais (M1601 bis M1708) und Mais-Stangenbohnen-Mischungen (MS1601 bis MS1715)	87
Abb. 64: Zusammenhang zwischen Rohproteingehalt und Methanausbeute bei den Proben des Batch-Versuchs	88
Abb. 65: Phasingehalt und Methanausbeute der Proben aus dem Batch-Versuch.....	89
Abb. 66: Beziehung zwischen nassanalytisch bestimmten Rohproteingehalt (Kjeldahl) und mit NIRS bestimmten Rohproteingehalt	91
Abb. 67: Rohproteingehalt von Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen im Anbauversuch in Freising und Grub 2019	92
Abb. 68: Rohproteingehalt von Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen im Düngerversuch in Freising und Grub 2018 und 2019	94
Abb. 69: Sojapflanzen mit gelben Blättern und wenigen Hülsen tragen kaum zum Ertrag bei, Grub 8.9.2016.....	97
Abb. 70: Gleichmäßiger Aufgang der Sojabohnen neben dem Mais, Freising 1.6.2017.	97
Abb. 71: Jugendentwicklung von Mais und Sojabohne, Freising 16.6.2017.....	98
Abb. 72: Starke Beschattung der Sojabohnen durch den Mais, Freising 24.7.2017.....	98
Abb. 73: Gleichmäßiger Aufgang der Sojabohnen neben dem Mais, Freising 1.6.2017.	99

Abb. 74: Jugendentwicklung von Mais und Ackerbohne Grub 16.6.2017	99
Abb. 75: Ackerbohnen können der Konkurrenz durch den Mais nicht Stand halten, Freising 24.7.2017.....	99
Abb. 76: Mais wächst Ackerbohnen davon, Freising 25.6.2017 und Grub 3.7.2018	100
Abb. 77: Einzelne Ackerbohnen zwischen dem Mais, Grub 24.7.2018	100
Abb. 78: Verkümmerte Ackerbohnen in Freising 5.8.2019.....	100
Abb. 79: Vertrocknete Ackerbohnen in Grub 2.9.2019.....	101

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Seit dem Start von Projektphase I im Januar 2013 zu „Untersuchungen zur Erhöhung der Diversifizierung des Maisanbaus zur Substratproduktion durch den Misanbau von Mais mit Blühpflanzen und Leguminosen“ sind verschiedene Kulturarten und Gemenge auf ihre Eignung als Alternative oder Ergänzung zum Mais für die Substraterzeugung geprüft worden. Obwohl inzwischen z.B. die Durchwachsene Silphie, Getreide-Ganzpflanzensilage oder auch Wickroggen vermehrt auf den Flächen stehen, ist Mais immer noch die dominierende Kulturart zur Substratproduktion. Es war in Phase I abschließend festgestellt worden, dass der Mais-Misanbau von Mais mit Sonnenblumen oder Stangenbohnen eine Möglichkeit zur Erhöhung der Diversität auf dem Acker sein kann, dass aber noch viele Fragen in diesen Anbausystem offen sind, die bearbeitet werden sollten.

Der Mais bildet den Hauptertragsbildner, der durch andere Kulturarten so ergänzt werden soll, dass die Biodiversität gefördert wird. Es soll geprüft werden, wie möglichst hohe Erträge im Vergleich zum Mais-Reinbestand durch Mischbestände erzeugt werden können, und welchen Effekt die Mischungspartner auf Futterqualität und Substrateignung haben. Die Futterqualität ist besonders dann relevant, wenn aus einem Silo sowohl die Rinderfütterung erfolgt wie auch die Beschickung der Biogasanlage. Nachdem in der ersten Projektphase neben Sonnenblumen und Stangenbohnen auch Zwischenfrüchte als blühende Partner für den Mais getestet wurden, um den Maisanbau vielgestaltiger zu machen, liegt dieses Mal der Schwerpunkt bei Mais-Stangenbohnen-Mischungen. Zudem wird noch einmal die Sonnenblume als Mischungspartner geprüft. Mehrköpfige Sonnenblumen hatten sich in Projektphase I als länger blühende Alternative zu den großköpfigen Ertragssonnenblumen gezeigt, es konnten TM-Erträge von bis zu 95 % des Maisreinbestands erreicht werden. Es sollen daher weitere Versuche mit entsprechenden Sorten durchgeführt werden.

Bei den Mais-Stangenbohnen-Mischungen gab es in allen Projektjahren Mischungen, die TM-Erträge über 90 % des Maisreinbestands aufwiesen. Nachdem zu Beginn mit bekannten Stangenbohnen sorten getestet wurde, wurde zwischenzeitlich eine Stangenbohnen sorten speziell für den gemeinsamen Anbau mit Mais gezüchtet. So solle neues Züchtungsmaterial bei Mais und Stangenbohnen auf seine Misanbaueignung geprüft werden. Aus den vorliegenden Untersuchungen aus Phase I konnte keine allgemeingültige Aussage zur optimalen Bestandesdichte, zum Anteil der einzelnen Mischungspartner und zur Lage der Mischungspartner zueinander abgeleitet werden. Auch hier soll weiter nach Antworten im Hinblick auf den Anbau in der Praxis gesucht werden. Des Weiteren gibt es noch Fragen zur erforderlichen Stickstoff-Düngung, die bearbeitet werden sollen. Inwieweit kann der Mischungspartner Stangenbohne selbst Stickstoff fixieren? Wieweit kann oder muss die Stickstoff-Düngung reduziert werden, um gute Erträge ohne eine Belastung der Umwelt zu erreichen?

Die Eignung von Mais-Stangenbohnen- sowie Mais-Sonnenblumen-Mischungen als Futter und zur Substraterzeugung sollen in Untersuchungen zu Silierfähigkeit, Inhaltsstoffen und Biogasausbeute festgestellt werden.

Leguminosen wie Ackerbohnen oder auch Sojabohnen wurden testweise in einzelnen Parzellen angebaut. Diese Mischungen werden bisweilen als weitere Ergänzungsmöglichkeiten für Mais vorgeschlagen.

2 Darstellung der pflanzenbaulichen Versuche

Im Rahmen des Projektes wurden diverse Feldversuche durchgeführt, in denen die Mischungen als Ganzpflanzen zur Substratproduktion für die Biogasanlage geerntet wurden (Tab. 1). Es wurde der Ertrag bestimmt sowie bei einem Teil der Versuche Inhaltsstoffe und Biogasausbeute.

Tab. 1: Durchgeführte Feldversuche in Projektphase II

	Jahr	Standort
Mais-Sonnenblumen-Mischanbau	2016-2018	Grub, Freising
Mais-Stangenbohnen-Anbauversuch	2016-2019	Grub, Freising
Mais-Stangenbohnen-Düngeversuch	2017-2019	Grub, Freising

2.1 Standortbeschreibung

Die Durchführung der Versuche erfolgte an den Standorten Grub und Freising. Die Versuchstation Grub (vormals LfL, nun BaySG) liegt etwa 525 m über Normalnull in der Münchener Schotterebene. Es handelt sich um sandigen Lehm mit Ackerzahlen von 41 bis 56. Im Jahr liegt der Durchschnittsniederschlag bei 857 l/m² bei einer Durchschnittstemperatur von 8,9 °C. Das Wasserhaltevermögen der Böden mit einer Krume von 25 bis 30 cm ist relativ gering. Nach dieser Schicht folgt gut durchlässiger, nährstoffarmer Kies. Der Standort Freising (vormals LfL, nun BaySG) zeichnet sich durch eine geringere Niederschlagsmenge (788 l/m²) und Durchschnittstemperatur (7,5 °C) als Grub aus. Die Versuchsflächen lagen auf circa 455 m über Normalnull. Auf den schluffig lehmigen Standorten werden Ackerzahlen von etwa 50 erreicht.

Die Witterungsdaten der vier Versuchsjahre und zwei Versuchsstandorte sind den Tabellen 1A bis 3A zu entnehmen.

2.1.1 Witterung 2016

Die durchschnittlichen Niederschlagsmengen lagen in Freising von Mai bis September im Bereich des langjährigen Mittels. Nur im August war die Niederschlagsmenge etwa ein Drittel geringer, was sich in ständigen Trockenrissen zwischen den Maisreihen zeigte. Die Sonnenscheindauer war von Mai bis Juli durchschnittlich, im August und September lag sie deutlich über dem langjährigen Mittel. Verbunden mit der höheren Sonnenscheindauer waren höhere Durchschnittstemperaturen, die von Mai bis September zwischen 7,6 % und 20,9 % über dem langjährigen Durchschnitt lagen.

Nach der Aussaat am 10.5. war es in Grub kühl und feucht, erst ab Mitte Juni wurde ideales Wachstumswetter erreicht. Die Temperaturen lagen immer über dem langjährigen Mittel, besonders in der ersten Septemberdekade wurde es noch einmal sehr sonnig, warm und trocken

was die Abreife sehr beschleunigte. Die Niederschlagsmengen lagen von Juni bis August unter dem langjährigen Bereich. Allerdings wechselten sich trockene Phasen mit Gewitterereignissen ab, die in kurzer Zeit relativ viel Niederschlag brachten. Dies führte dazu, dass sich die Bestände immer wieder erholen konnten und die Bodenfeuchtigkeit ausreichte. Es gab keine gravierenden Trockenschäden. Die Sonnenscheindauer bewegte sich von Mai bis Juli im durchschnittlichen Bereich, im August und September lag sie deutlich darüber.

2.1.2 Witterung 2017

Die durchschnittlichen Temperaturen lagen von Mai bis August in Freising und Grub deutlich über dem langjährigen Mittel, nur im September war es etwas kühler, was mit einer geringeren Sonnenscheindauer verbunden war. In den übrigen Monaten, außer Juli mit durchschnittlichen Werten, lag die Sonnenscheindauer an beiden Orten über dem Mittel.

In Freising lag die durchschnittliche Temperatur im Juni um 23 % über dem langjährigen Mittel, die Niederschlagsmenge 46 % darunter, was in der Kombination zu erheblichen Wachstumseinbußen und Trockenschäden aller Pflanzenarten führte. Im Mai und September lag die Niederschlagsmenge ebenfalls unter dem Durchschnitt. Im Juli, aber besonders im August wurden deutlich überdurchschnittliche Regenmengen verzeichnet, die vor allem auf wenige Tage mit hohen Regenmengen zurückzuführen waren.

In Grub waren die Temperaturen im Juni etwa 26 % höher als im Durchschnitt verbunden mit einer um Dreiviertel geringeren Niederschlagsmenge. Dies führte zu erheblichem Trockenstress und Wachstumseinbußen. Ende Juni regnete es endlich etwas mehr und im Juli folgten immer wieder Tage mit etwas Niederschlag, bis es Ende Juli zwei Tage mit zusammen über 50 l/m² regnete, so dass in der Summe durchschnittliche Mengen erreicht. Im August war die Niederschlagsmenge überdurchschnittlich.

2.1.3 Witterung 2018

In Freising regnete es Mitte Mai, so dass den Samen ausreichend Wasser zum Keimen und Jugendwachstum zur Verfügung stand. Im Juni wurde es dann sehr rasch warm, an 11 Tagen wurden Temperaturen über 25 °C gemessen. Es regnete wenig, ein starker Niederschlag von über 60 mm führte zu höheren Durchschnittswerten als im langjährigen Mittel. Der Juli war sehr warm, gegen Ende des Monats gab es auch heiße Tage. Es regnete immer wieder ein wenig, die Wasserbilanz war deutlich negativ. Die Pflanzenentwicklung war immer noch vergleichsweise gut. Die hohen Temperaturen und geringen Wassermengen führten bei einigen Bohnensorten dazu, dass die unteren Blüten abgeworfen wurden und der erste Fruchtansatz relativ weit oben war. Auch der August war deutlich sonniger und wärmer/heißer als im langjährigen Mittel, es regnete weniger. Allerdings war die Verteilung so, dass sich sowohl der Mais und als auch die Bohnen sehr gut entwickelten. Der Mais zeigte erste Abreifeerscheinungen. Die späten Stangenbohnsorten blühten auch im September noch und wuchsen weiter. Auch im September war es wärmer und trockener als gewöhnlich.

Auch in Grub erfolgte die Aussaat nach einem sehr warmen, sonnigen April in ein gut vorgewärmtes Saatbett mit ausreichend Bodenfeuchte. Alle Folgemonate waren wie auch in Freising deutlich wärmer und sonniger als in den vergangenen Jahren. Der Mai war bereits trockener als im Durchschnitt, der Juni ebenfalls. Die Niederschlagsmenge wurde durch ein Starkregenerereignis am Anfang der zweiten Junidekade deutlich erhöht. Auch im weiteren Verlauf im Juli war immer genügend Wärme und Wasser vorhanden. Im August herrschten dann wieder hohe

Temperaturen und wenig Niederschlag bis es ab Mitte August immer wieder stärkere Regenergebnisse gab, so dass sich der Trockenstress in Grenzen hielt und die Bestände bis Anfang September abreifen konnten.

2.1.4 Witterung 2019

Nach der Aussaat regnete es in Freising ein wenig, danach war es dann relativ kühl und trocken. Um den 21.5. regnete es mehr, die Temperaturen stiegen langsam an. Der Juni war warm, sonnig und trocken. Gegen Ende des Monats gab es einige heiße Tage. Die Wasserbilanz war deutlich negativ. Die Pflanzen kamen dennoch mit der Witterung relativ gut zurecht, da es immer wieder ausreichend regnete. Der Juli war ebenfalls warm und sonnig. Die einzelnen Niederschlagsereignisse reichten für ein weiterhin gutes Pflanzenwachstum beider Kulturarten. Im Gegensatz zu 2018 wurden bei den Bohnen die unteren Hülsenansätze nicht abgeworfen, so dass viele Stangenbohnen von unten bis oben mit Hülsen besetzt waren. Im August war es weniger sonnig, es gab häufig Tage mit Niederschlag. Die Niederschlagsmenge lag im Bereich des langjährigen Durchschnitts. Sowohl Mais und Bohnen entwickelten sich sehr gut. Im September zeigte der Mais erste Abreifeerscheinungen. Die späten Stangenbohnen sorten blühten und wuchsen weiter. Im September war es zu Monatsbeginn kühler und feuchter, dann überwiegt sonnige und trockene Tage, so dass die Bestände ohne Stress gut abreifen konnten. Am 20. September gab es leichten Bodenfrost, der aber keine sichtbaren Effekte hatte.

Nach der Aussaat am 14.5. regnete es etwa eine Woche später in Grub sehr stark, die Temperaturen stiegen langsam an. In der Folge konnten sich die Bestände gut entwickeln. Da es im Juni immer wieder Niederschläge gab, kam es trotz der warmen, sonnigen Witterung nicht zu bedeutenden Trockenschäden. Die Pflanzenentwicklung war weiterhin gut. Wie auch im Juli, in dem sich das sommerliche, warme Wetter fortsetzte. Und in dem es etwa wöchentlich Niederschläge gab, die ausreichten, um die Pflanzen ausreichend zu versorgen. Im August setzte sich das Juliwetter fort. Anfang September gab einige Tage mit Niederschlägen, dann einen Wechsel zu sonnigem Spätsommerwetter, was besonders die Abreife des Mais beschleunigte. Der Bodenfrost am 20.9. führte bei Stangenbohnen und Mais im oberen Bereich zu abgestorbenen Blättern.

2.2 Versuchsübergreifende Methoden

Nachfolgend sind Methoden beschrieben, die für mehrere der Versuche in gleicher Weise angewendet wurden. Abweichungen bei einzelnen Versuchen werden dort aufgeführt.

2.2.1 Durchführung der Feldversuche

In Grub war die Vorfrucht für die Aussaat 2016 Wintergerste, für die Aussaat 2017 und für 2018 Sommergerste. 2019 wurde der Mischbauversuch auf derselben Fläche angelegt wie 2018. Somit wurde der Versuch nach 2014 innerhalb von sechs Jahren dreimal auf derselben Fläche angebaut. Prinzipiell sollten auch bei Mais-Stangenbohnen-Mischungen wie bei Leguminosen Anbaupausen eingehalten werden, da es über die langfristige Wirkung von mehrmaligem Anbau auf einer Fläche noch keine Ergebnisse gibt. Es ließ sich aber aus organisatorischer Sicht und der Verteilung der Flächen im Gesamtbetrieb nicht anders lösen. In Freising wurde nach Kartoffeln und Sommergetreide angebaut. Im Herbst erfolgte die Einarbeitung mit dem Pflug. Kurz vor der Aussaat wurde das Saatbett mit der Kreiselegge vorbereitet. Für die Aussaat wurden die Arten im Düngerversuch und Mais-Sonnenblumen-Versuch gemischt und zusammen mit einer vierreihigen Einzelkornsämaschine ausgebracht. Die abweichende Aussaat im Anbauversuch und im ersten Jahr des Düngerversuchs wird dort beschrieben. Der Reihenabstand betrug 0,75 m, die Reihenlänge 6 m. Nach der Aussaat wurde in Grub die Saat angewalzt, um einen besseren Bodenschluss des Saatguts zu erreichen.

Die Aussaatstärke lag in den Versuchen je nach Variante zwischen 30 % und 50 % über der angestrebten Pflanzenanzahl, die durch das Heraushacken überschüssiger Pflanzen erreicht wurde. Da sich im Vorversuch 2012 gezeigt hatte, dass sowohl Hasen als auch Rehe Pflanzen und Hülsen abgefressen haben, wurden die Versuchsflächen umzäunt, um den Aufwuchs zu schützen. Relevante Schäden durch Wildverbiss sind bei Mais, Sonnenblume und Stangenbohne nicht aufgetreten.

Die Unkrautbekämpfung wurde innerhalb von zwei Tagen nach der Aussaat mit einer Mischung aus 2,8 l/ha *Stomp Aqua* und 1,8 l/ha *Spectrum* durchgeführt, die zu nahezu unkrautfreien Beständen führte. In Freising trat immer wieder Kartoffeldurchwuchs auf, der händisch entfernt bzw. von Kartoffelkäfern abgefressen wurde.

Für alle Varianten mit Mais, Stangenbohnen und Sonnenblumen im Anbauversuch sowie Mais-Sonnenblumen-Versuch wurde eine Stickstoff- (N-) menge von 200 kg N/ha einschließlich Nmin in den ersten beiden Jahren und 170 kg N/ha in den Jahren drei und vier angestrebt. In Freising lag die N-Menge unter dem Düngbedarf, der für standorttypische Erträge angesetzt wird. Im Düngungsversuch erfolgte die N-Gabe in fünf Stufen, siehe dort. Um den Nmin-Gehalt zu bestimmen, wurden vor der Aussaat Bodenproben genommen.

In den einzelnen Versuchen wurde die Pflanzenzahl, der Entwicklungsverlauf, sowie Auffälligkeiten wie starkes Lager oder hoher Unkrautdruck sowie die Abreife und die Massebildung der Stangenbohnen in den Beständen erfasst. Aufgrund der geringen Arbeitszeit, die in diesem Projekt zur Verfügung stand, wurde nur ein kleiner Teil an Bonituren durchgeführt.

Zur Ernte wurde der Frischmasseertrag (FM-Ertrag) der Parzellen auf dem Häcksler erfasst und dort von jeder Parzelle eine Probe für weitere Analysen gezogen. Diese Proben wurden bei maximal 40 °C bis zur Gewichtskonstanz schonend getrocknet. Anschließend erfolgte die Bestimmung des Trockensubstanzgehalts (TS-Gehalts) nach Trocknung bei 105 °C von

Referenzproben, die aus allen Versuchen genommen worden waren. Der Trockenmasseertrag (TM-Ertrag) wurde aus den Faktoren FM-Ertrag und TS-Gehalt berechnet.

Tab. 2: Aussaat- und Erntetermine in den Jahren 2016 -2019 an den Standorten Freising und Grub

Ort	Aussaattermin	Erntetermin
2016		
Freising	3.5., 9.5.	28.9.
Grub	10.5.	15.9.
2017		
Freising	17.5.	10.10.
Grub	16.5.	25.9.
2018		
Freising	9.5.	20.9.
Grub	15.5.	6.9.
2019		
Freising	8.5.	10.10.
Grub	14.5.	24.9.

Die Aussaat erfolgte tendenziell etwas später als bei Mais im Reinbestand, da die Stangenbohnen empfindlich gegen Kälte reagieren. Sie wurde bis auf eine Ausnahme planmäßig an einem Tag für beide Mischungspartner durchgeführt.

2.2.2 Statistische Auswertung

Die statistische Verrechnung erfolgte mit dem Softwarepaket SAS 9.4. (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA 2016). Die ANOVA wurde mit der GLM Funktion durchgeführt, der ein Plausibilitätstest vorangestellt wurde. Multiple Mittelwertvergleiche zwischen den Prüfvarianten wurden mit dem Student-Newman-Keuls Test ($\alpha = 0,05$) angestellt. Bei signifikanten Unterschieden zwischen Mittelwerten wurden diesen verschiedene Signifikanzbuchstaben zugeordnet.

Bei den Ertragsergebnissen muss beachtet werden, dass die Versuchserträge aufgrund von Randeffekten bei den Parzellen etwa 10 bis 15 % über praxisüblichen Erträgen liegen.

2.3 Mais-Sonnenblumen-Mischungen

2.3.1 Problematik und Aufgabenstellung

Die Versuche der Projektphase I haben gezeigt, dass es bei einem geringen Anteil von Sonnenblumen (*Helianthus annuus* L.) mit Mais (*Zea mays* L.) in der Mischung möglich ist, einen positiven optischen Effekt mit einem TM-Ertrag zu verbinden, der mit etwa 95 % bei 10 % Sonnenblumenanteil nahe dem des Reinbestands von Mais liegt. Ein TS-Gehalt im silierfähigen Bereich kann ebenfalls erreicht werden.

Die in der ersten Projektphase getestete mehrköpfige Sorte hatte sich als eine gute Alternative gezeigt, die Gefahr zu schwerer, großer Körbe, die bei der Ernte abbrechen und auf den Boden fallen, zu umgehen. Diese Sonnenblumen blühen über einen längeren Zeitraum und können länger als Nahrungsquelle für Insekten dienen. Außerdem haben sie eine positive Wirkung auf den Betrachter und können zur Imageverbesserung der Landwirtschaft beitragen.

In dieser Versuchsphase wurden weitere Anbauversuche mit verschiedenen Sonnenblumensorten in Kombination mit Mais durchgeführt. Zudem wurden von einer Auswahl die Substrateignung und die Inhaltsstoffe bestimmt.

In allen Versuchsjahren wurde das Saatgut der beiden Arten gemischt und gemeinsam ausgesät. Als Vergleichsvariante diente eine frühe Maissorte im Reinanbau.

2.3.2 Versuch 2016

2.3.2.1 Material und Methoden

In Tabelle 3 sind die Versuchsvarianten des Jahres 2016 zusammengefasst. Die frühe Maissorte Colisee (S 220) wurde einerseits mit den Sorten NK Delfi, ES Violetta und der Biogassonnenblume Pandora getestet. Diese sind erprobte Ertragssonnenblumen mit einem großen Kopf. Das Saatgut war bereits gebeizt. Eine weitere Sorte war Peredovick mit ebenfalls relativ großen Körnern. Diese Sorte hat einen kleineren Kopf und wird häufig in Zwischenfruchtmischungen eingesetzt. Das Saatgut wurde wie auch das der folgenden Sorten mit Mesurol an der LfL gebeizt. Die weiteren Sorten waren mehrköpfig, kommen aus dem Zierpflanzenanbau und bilden Pollen. Tommy ist eine gelbblühende Sorte, Abendsonne und Rote Sonne blühen dunkelrot. Im Gegensatz zu den anderen Sorten waren die Samen sehr klein und das Saatgut war für die Verwendung im Privatgarten erzeugt.

Tab. 3: Bestandesdichte von Mais und Mais-Sonnenblumen-Mischungen, die 2016 geprüft wurden

Prüf- glied	Mais (Pfl/m ²)				Sonnenblume (Pfl/m ²)			
	Sorte	Ziel	Ist Grub	Ist Freising	Sorte	Ziel	Ist Grub	Ist Freising
1	Colisee	10	10,2	9,8	-	-	-	-
2	Colisee	9	9,1	9,1	NK Delfi	1	1,2	1,2
3	Colisee	9	9,1	9,2	Pandra	1	1,2	1,0
4	Colisee	9	9,1	9,1	ES Violetta	1	1,2	1,1
5	Colisee	9	9,1	9,2	Abendsonne	1	0,3	0,2
6	Colisee	9	9,1	9,0	Peredovick	1	1,1	1,1
7	Colisee	9	9,1	9,0	Rote Sonne	1	0,2	0,2
8	Colisee	9	9,1	9,1	La Torre	1	0,6	0,4

2.3.2.2 Ergebnisse und Diskussion 2016

Die Fläche in Freising wurde in eine Richtung zunehmend kiesiger, wovon vor allem auch dieser Versuch betroffen war, so dass nicht bei allen Parzellen dieselben Bedingungen herrschten. Die Verteilung der Maispflanzen und Sonnenblumen war zum großen Teil trotz der unterschiedlichen Korngrößen in Ordnung, Allerdings erreichten die Sonnenblumen nicht immer die angestrebte Pflanzenzahl (Tab. 3). Probleme traten vor allem bei den sehr feinkörnigen Sorten aus dem Zierpflanzenanbau auf, bei denen die Pflanzenzahl deutlich unter dem angestrebten Wert lag. Bei den anderen Sorten wie auch dem Mais war der tatsächliche Wert etwas höher als der angestrebte Wert. Der Feldaufgang war bei beiden Kulturarten etwas ungleichmäßig. In Freising wurde er besonders durch den direkt nach der Ernte verschlammten Boden erschwert. Bei den Sonnenblumen zeigten sich an beiden Standorten und bei allen Sorten teilweise deutliche Deformationen, deren Ursache nicht geklärt werden konnte (Abb.1).



Freising, 14.6.2016



Grub, 21.6.2016

Abb. 1: Schädigung von Sonnenblumen am 14.6.2016 in Freising und 21.6.2016 in Grub

Im weiteren Verlauf verwuchsen sich diese Schädigungen an den Sonnenblumen, so dass sie Mitte Juli zum großen Teil die Höhe des Mais erreicht hatten (Abb. 2). Ende Juli begann die Sonnenblumenblüte etwa zusammen mit der Maisblüte (Abb. 3).



Abb. 2: Gut entwickelte Mischungen von Mais und Sonnenblumen am 13.7.2016 in Grub



Abb. 3: Blüte von Mais und Sonnenblumen am 25.7.2016 in Freising

Im Jahr 2016 waren die Temperaturen in den Sommermonaten höher als im Durchschnitt. Es gab aber immer wieder Niederschläge, die für ausreichend Bodenfeuchtigkeit sorgten, so dass es an keinem Standort zu erheblichem Trockenstress und Schäden durch Trockenheit kam. Der Mais konnte sich sehr gut entwickeln und erreichte eine Höhe von durchschnittlich 278 cm in Grub und 292 cm in Freising. Die Sonnenblumen überwuchsen den Mais teilweise deutlich (Abb. 4).



Abb. 4: Mais und Sonnenblumen am 31.8.2016 in Grub

Etwa eine Woche vor der Ernte am 14.9. in Grub waren an den mehrblütigen Sonnenblumen immer noch blühende Köpfe vorhanden, die einköpfigen Sonnenblumen hatten die Blüte bereits länger beendet und die vollen Köpfe hingen schwer hinunter (Abb. 5). In Freising erfolgte die Ernte ebenfalls bei guten äußeren Bedingungen am 28.9.



Abb. 5: Mais und Sonnenblumen am 8.9.2016 in Grub

In Grub wurde ein durchschnittlicher TM-Ertrag von 165 dt/ha bei einem relativ hohen TS-Gehalt von 39,3 % erreicht (Tab. 4). Die TM-Erträge der einzelnen Prüfglieder lagen im Bereich von 162 bis 172 dt/ha, nur die Variante 7 fiel mit 152 dt/ha in Grub etwas ab. In Freising hingegen erzielte diese Variante den zweithöchsten TM-Ertrag nach der Variante Colisee. Die Maissorte im Reinbestand erreichte an beiden Standorten den höchsten TM-Ertrag, wobei der Abstand in Freising deutlicher war als in Grub, wo die Prüfglieder enger beieinander lagen. Am ertragsstärkeren Standort Freising wurden im Durchschnitt mit 218 dt/ha etwa 50 dt/ha mehr geerntet als in Grub.

Tab. 4: Durchschnittlicher Trockenmasse- (TM-) Ertrag und Trockensubstanz- (TS-) Gehalt im Mais-Sonnenblumen-Mischanbauversuch des Erntejahres 2016 (ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im SNK-Test, $\alpha = 5\%$)

Prüfglied	Freising		Grub	
	TM-Ertrag (dt/ha)	TS-Gehalt (%)	TM-Ertrag (dt/ha)	TS-Gehalt (%)
1 Colisee + -	236 a	38,3	172 a	40,4
2 Colisee + NK Delfi	212 a	38,8	168 a	38,5
3 Colisee + Pandra	216 a	36,2	162 a	37,9
4 Colisee + ES Violetta	209 a	35,0	172 a	41,1
5 Colisee + Abendsonne	202 a	38,0	161 a	39,7
6 Colisee + Peredovick	222 a	39,1	168 a	38,2
7 Colisee + Rote Sonne	223 a	37,4	152 a	38,9
8 Colisee + La Torre	222 a	37,6	167 a	39,7
Mittelwert	218 a	37,5	165 a	39,3

Der durchschnittliche TS-Gehalt war mit 37,5 % ebenfalls im höheren Bereich. Die Varianten mit der Kombination aus Colisee und Pandra bzw. ES Violetta wiesen in Freising deutlich geringere TS-Gehalte aus. Es spiegelte sich in den Mischungen der niedrige Gehalt der Sonnenblumen wider. Bei den anderen Varianten zeigte sich der Sonnenblumeneffekt weniger deutlich. Im vorliegenden Versuch wurde kein signifikanter Effekt der Beimengung durch die Sonnenblumen auf den TM-Ertrag festgestellt, die Prüfglieder unterschieden sich nicht signifikant. Allerdings war der Versuchsfehler aufgrund der Bodenunterschiede vor allem in Freising relativ groß.

2.3.3 Versuch 2017

2.3.3.1 Material und Methoden 2017

Die gesamte Versuchsfläche wies in Freising vor allem im linken Teil, in dem auch dieser Versuch lag, kiesige Inseln auf. Daher wurden auch sechs Feldwiederholungen angelegt, von denen fünf in die Auswertung eingingen, in Grub stand der Versuch in fünffacher Wiederholung. In Freising mussten die Parzellen nach einem technischen Fehler auf 5 m gekürzt werden.

Im Jahr 2017 wurde die Maissorte Colisee durch die neuere Sorte LG 30248 (S 220) ersetzt. Diese Sorte wies in offiziellen Prüfungen ebenfalls gute Ertragswerte auf und ist standfest. Die angestrebte Bestandesdichte wurde auf 9 Pfl/m² reduziert. Der angestrebte Sonnenblumenanteil lag erneut bei 10 % (Tab. 5).

Es wurden wieder die beiden Körnersonnenblumensorten ES Violetta und NK Delfi in der Mischung mit Mais geprüft. Eine weitere kleinblütige Sorte neben Peredovick war die Sorte Helena, eine Feldsonnenblume, die in Mischungen oder als Wildäsung angebaut wird. Die Ziersorten Tommy und La Torre sind mehrblütig mit gelben Köpfen, die Sorte Velvet Queen mehrblütig mit roten Köpfen. Alle Sorten wurden gebeizt ausgesät.

Tab. 5: Übersicht über Bestandesdichte von Mais und Mais-Sonnenblumen-Mischungen, die 2017 geprüft wurden

Prüf- glied	Mais (Pfl/m ²)				Sonnenblume (Pfl/m ²)			
	Sorte	Ziel	Ist Grub	Ist Freising	Sorte	Ziel Pfl/m ²	Ist Grub	Ist Freising
1	LG 30248	9,0	9,4	9,5	-	-	0,0	0,0
2	LG 30248	8,1	8,6	8,2	ES Violetta	0,9	0,0	0,0
3	LG 30248	8,1	7,6	8,3	NK Delfi	0,9	1,6	1,2
4	LG 30248	8,1	8,5	8,4	Peredovick	0,9	1,6	1,2
5	LG 30248	8,1	8,4	8,5	Helena	0,9	1,1	1,3
6	LG 30248	8,1	8,4	8,4	Tommy	0,9	2,9	1,3
7	LG 30248	8,1	8,6	8,2	La Torre	0,9	0,5	0,7
8	LG 30248	8,1	6,4	8,2	Velvet Queen	0,9	0,2	0,4

2.3.3.2 Ergebnisse und Diskussion

Nach der Aussaat Mitte Mai zeigten der Mais und die Sonnenblumen an beiden Standorten einen gleichmäßigen Feldaufgang und eine gute Jugendentwicklung (Abb. 6). Die Sonnenblumen erreichten trotz erhöhter Aussaatstärke nicht immer die angestrebte Pflanzenzahl. Probleme gab es wie auch 2016 besonders mit den sehr kleinsamigen Ziersorten, obwohl beim Abzählen des Saatgutes besonders auf große, intakte Körner geachtet wurde.



1.6.



16.6.

Abb. 6: Aufgang von Mais und Sonnenblumen am 1.6. und 16.6.2017 in Freising

Im Laufe des Junis kam es aufgrund hoher Temperaturen und fehlender Niederschläge zunehmend zu Trockenstress, der sich besonders auf die Pflanzen in Grub auswirkte, da dieser Standort eine wesentlich schlechtere Wasserkapazität hat als Freising. Zudem vertrocknete ein Teil der Sonnenblumen, die zuvor schwächer waren und der Konkurrenz durch den Mais nicht standhalten konnten, in diesem Zeitraum. Insgesamt war das Sonnenblumenwachstum bei den meisten Sorten deutlich schwächer als in den Jahren zuvor. Die Pflanzen erreichten häufig nicht die Höhe des Mais, die Stängel waren dünn und die Köpfe wesentlich kleiner.

Anfang Juli waren die Pflanzen in Grub etwa 130 cm hoch, die Maisblätter rollten sich zusammen (Abb. 7) und die ersten Rispen wurden sichtbar.



Abb. 7: Trockenstress in Grub am 7.7.2017

In Freising sahen die Bestände eine Woche später deutlich besser aus, nachdem es in den Tagen zuvor über 35 l/m² Niederschlag gegeben hatte. Die Pflanzen waren zwar auch dort kürzer, hatten aber weniger stark unter Hitze und Trockenheit gelitten als in Grub. Die einköpfigen Sonnenblumen blühten voll, die anderen begannen damit (Abb. 8).



Abb. 8: Sonnenblumenblüte in Freising am 14.7.2017

In Grub stellte der Mais bereits früh sein Wachstum ein und ging in eine Art Notreife über. Die Pflanzen wurden im Mittel nur 171 cm hoch und blühten nur schwach. Der Stress während der Maisblüte zeigte sich in zahlreichen Pflanzen, die Beulenbrand aufwiesen. Die Randpflanzen der Parzellen waren deutlich höher als der Rest und profitierten stark vom zusätzlichen Angebot von Feuchtigkeit aus dem Wegbereich. In Freising waren die Effekte durch die Trockenheit auch zu spüren, wenngleich weniger stark.



Abb. 9: Mais-Sonnenblumen-Mischungen am 25.8.2017 in Grub

Ende August waren die Sonnenblumen der Sorte Tommy in Grub deutlich höher als der übrige Bestand. Die vielen Blüten leuchteten über die Fläche hinweg (Abb. 9). Diese Sorte konnte als einzige dem enormen Trockenstress und der Konkurrenz durch Mais entgegenstehen. Die Pflanzen waren teilweise so kopflastig, dass sie ins Lager gingen.



Abb. 10: Mais-Sonnenblumen-Mischungen am 03.09.2017 in Freising

In Freising sahen die Bestände deutlich besser aus als in Grub. Anfang September blühten die mehrköpfigen Sonnenblumen noch (Abb. 10), die einblütigen Sonnenblumen waren zumeist schon verblüht.

Selbst am Tag der Ernte am 25.9. blühte die Sorte Tommy in Grub noch und stach aus dem Feld des vertrockneten Maises hervor (Abb. 11). Die einköpfigen Ertragssonnenblumen waren zu diesem Zeitpunkt schon längst verblüht. Die Köpfe hingen herunter, und die Samen waren teilweise schon ausgefallen (Abb. 11).



Abb. 11: Mais-Sonnenblumen-Mischungen 25.9.2017 Grub

In Freising erfolgte die Ernte sehr spät am 10.10. aufgrund technischer Probleme und anschließendem täglichen Niederschlag ab Ende September bis zum 9. Oktober. Die Pflanzen waren sehr weit abgereift, was sich auch in viel zu hohen TS-Gehalten widerspiegelte (Tab. 6). Selbst die mehrblütigen Sonnenblumen waren bereits völlig verblüht (Abb. 12).



Abb. 12: Mais-Sonnenblumen-Mischungen 10.10.2017 in Freising

In Freising erreichten die Mischungen im Durchschnitt eine Höhe von 269 cm, die Werte lagen zwischen 266 und 272 cm. Die Bestände waren somit etwas kürzer als 2016, was zum einen auf die Witterung zurückgeführt werden kann. Zum anderen gab es einen Sortenwechsel beim Mais, der auch einen Effekt hatte.

Am zweiten Standort war der Einfluss der starken Trockenheit im Frühsommer sehr deutlich zu sehen. Die Mischungen waren mit durchschnittlich 171 cm mehr als einen Meter kürzer als 2016. Die Höhe variierte zwischen 163 cm (LG 30248 + Helena) und 180 cm (LG 30248 + La Torre). Die stärkere Variation ist auch auf größere Bodenunterschiede zurückzuführen.

An beiden Standorten erfolgte die Ernte deutlich zu spät. Die TS-Gehalte lagen weit über dem Bereich von etwa 28 bis 35 %, der für eine optimale Silierfähigkeit empfohlen wird (Tab. 6).

Tab. 6: Durchschnittlicher Trockenmasse- (TM-) Ertrag und Trockensubstanz- (TS-) Gehalt im Mais-Sonnenblumen-Mischbauversuch des Erntejahres 2017 (ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im SNK-Test, $\alpha = 5\%$)

Prüfglied	Freising		Grub	
	TM-Ertrag (dt/ha)	TS-Gehalt (%)	TM-Ertrag (dt/ha)	TS-Gehalt (%)
1 LG 30248 + -	227 a	46,1	187 a	46,0
2 LG 30248 + ES Violetta	198 bc	45,1	173 a	39,8
3 LG 30248 + NK Delfi	194 c	45,3	182 a	41,7
4 LG 30248 + Peredovick	207 bc	44,7	184 a	43,5
5 LG 30248 + Helena	204 bc	44,5	175 a	42,0
6 LG 30248 + Tommy	227 a	41,1	170 a	41,0
7 LG 30248 + La Torre	227 a	45,7	170 a	45,5
8 LG 30248 + Velvet Queen	216 ab	44,6	170 a	45,6
Mittelwert	213	44,6	177 a	43,0

Die Sorte Tommy war an beiden Standorten nur mit wenigen Pflanzen vorhanden. Diese blühten jedoch über einen langen Zeitraum und waren sehr massereich (Abb. 11). Aus diesem Grund ist auch der TS-Gehalt dieser Variante deutlich niedriger als bei der reinen Maisparzelle.

Bei den übrigen Varianten war der Einfluss der Sonnenblumen auf den TS-Gehalt in Freising gering. In Grub hatten die Sorten Velvet Queen und La Torre, die kaum in den Mischungen vorhanden waren, keinen Einfluss auf den TS-Gehalt. Bei den anderen Varianten war er niedriger als beim Reinbestand. In Grub erreichte die reine Maisparzelle den höchsten TM-Ertrag mit 187 dt/ha. Dieser war aber von den Mischungen, die im Bereich von 170 bis 184 dt/ha lagen, nicht signifikant verschieden. Der Versuchsfehler war in Grub aufgrund von Bodenunterschieden größer. In Freising erreichte die reine Maisvariante 227 dt/ha. Dieser Wert wurde auch von den Mischungen mit Tommy und La Torre erzielt. Die signifikant ertragschwächste Mischung war die Variante mit NK Delfi mit 194 dt/ha.

2.3.4 Versuch 2018

2.3.4.1 Material und Methoden 2018

Im Jahr 2018 wurde der Versuch von 2017 noch einmal wiederholt. Die Prüfglieder und die angestrebten und erreichten Bestandesdichten sind in Tab. 7 zusammengefasst. Die Versuchsanlage erfolgte wie 2017. In diesem Jahr jedoch an beiden Standorten mit 6 m langen Parzellen in vierfacher Wiederholung.

Tab. 7: Übersicht über die Bestandesdichte von Mais und Mais-Sonnenblumen-Mischungen, die 2018 geprüft wurden

Prüfglied	Mais (Pfl/m ²)				Sonnenblume (Pfl/m ²)			
	Sorte	Ziel	Ist Grub	Ist Freising	Sorte	Ziel	Ist Grub	Ist Freising
1	LG 30248	9,0	9,0	8,8	-	-	-	-
2	LG 30248	8,1	8,1	7,9	ES Violetta	0,9	0,8	1,1
3	LG 30248	8,1	7,9	8,0	NK Delfi	0,9	0,5	1,0
4	LG 30248	8,1	8,1	8,1	Peredovick	0,9	0,1	0,8
5	LG 30248	8,1	7,9	7,6	Helena	0,9	1,3	1,3
6	LG 30248	8,1	8,0	8,1	Tommy	0,9	0,6	1,0
7	LG 30248	8,1	7,9	8,8	La Torre	0,9	0,5	0,1
8	LG 30248	8,1	8,1	8,2	Velvet Queen	0,9	0,2	0,1

2.3.4.2 Ergebnisse und Diskussion 2018

Die Sonnenblumen erreichten trotz deutlich erhöhter Aussaatstärke auch 2018 häufig nicht die angestrebte Pflanzenzahl (Tab. 7). In Freising lag die Anzahl der Sonnenblumen zwar bei den meisten Sorten im Bereich der angestrebten Anzahl, von den sehr kleinsamigen Sorten La Torre und Velvet Queen waren aber nur vereinzelt Pflanzen in den Parzellen zu sehen.

In Grub erreichte die Sorte ES Violetta etwa die angestrebte Pflanzenzahl, die Sorte Helena lag wie auch in Freising deutlich darüber. Die Bestandesdichte der anderen Sorten war teilweise weit von der Zielgröße entfernt. Die Sonnenblumen kamen mit den Witterungsbedingungen an

beiden Standorten weniger gut zurecht als der Mais und waren zumeist deutlich kleiner und schwächer im Wachstum als bei normalen Entwicklungsbedingungen.

Der Feldaufgang und die Jugendentwicklung waren an beiden Standorten in Ordnung. Sowohl der Mais als auch die Sonnenblumen entwickelten sich anfangs gut (Abb. 13). In Grub waren die Sonnenblumen aufgrund der geringeren Wasserversorgung etwas schwächer im Wachstum. Dort hatte es seit Mitte Juni nur wenig geregnet. In Freising hingegen gab es um den 12.6. herum über 70 l/m² Niederschlag, von denen die Pflanzen zehren konnten, bis es Ende Juni wie auch in Grub etwa 20 l/m² Regen gab, den die Pflanzen dringend brauchten, um nicht wie 2017 bereits in der frühen Wachstumsphase in erheblichen Trockenstress zu geraten.



Freising, 25.6.2018



Grub, 3.7.2018

Abb. 13: Jugendwachstum von Mais-Sonnenblumen-Mischungen in Freising und Grub



Grub, 24.7.2018



Freising, 30.7.2018

Abb. 14: Blühende Sonnenblumen im Juli 2018 in Freising und Grub

In den folgenden Wochen war es teilweise sehr heiß. An beiden Standorten kann es aber etwa wöchentlich zu Niederschlagsereignissen. Die Regenmengen waren in Grub wesentlich höher, so dass auch an diesem Standort trotz des geringen Wasserhaltevermögens sehr gute Wachs-

tumsbedingungen herrschten. Von diesen profitierte aber der Mais stärker als die Sonnenblumen, die Ende Juli in voller Blüte waren, aber im Längenwachstum deutlich hinter dem Mais zurückblieben (Abb. 14).

Zur Ernte in Freising am 19.09. zeigte sich wieder das bekannte Bild, dass die mehrköpfigen Sonnenblumen teilweise noch blühten und die einköpfigen Sonnenblumen verblüht waren und ihren schweren Kopf nach unten hängen ließen (Abb. 15). In Grub war die Ernte bereits am 5.9. bei guten äußeren Bedingungen erfolgt.



Abb. 15: Mais-Sonnenblumen-Mischungen zur Ernte am 19.9.2018 in Freising

Die weitgehend optimale Niederschlagsverteilung an beiden Standorten führte im witterungsmäßig an vielen Orten sehr schwierigen Jahr 2018 dazu, dass es ein sehr gute Bestandes- und Ertragsentwicklung gab und die höchsten Erträge der drei Versuchsjahre erreicht wurden (Tab. 8). Die Bestände erreichten an beiden Orten eine durchschnittliche Höhe von etwa 300 cm. Die Prüfglieder unterschieden sich dabei kaum.

Tab. 8: Durchschnittliche Trockenmasse- (TM-) Erträge und Trockensubstanz- (TS-) Gehalte im Mais-Sonnenblumen-Mischanbauversuch des Erntejahres 2018 (ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im SNK-Test, $\alpha = 5\%$)

Prüfglied	Freising		Grub	
	TM-Ertrag (dt/ha)	TS-Gehalt (%)	TM-Ertrag (dt/ha)	TS-Gehalt (%)
1 LG 30248	260 a	42,2	182 ab	39,2
2 LG 30248 + ES Violetta	230 a	36,2	186 ab	36,2
3 LG 30248 + NK Delfi	245 a	40,8	181 ab	36,4
4 LG 30248 + Peredovick	253 a	41,3	194 ab	38,3
5 LG 30248 + Helena	249 a	37,4	190 ab	36,7
6 LG 30248 + Tommy	250 a	36,5	174 b	37,1
7 LG 30248 + La Torre	267 a	43,4	207 a	40,7
8 LG 30248 + Velvet Queen	251 a	40,4	182 ab	38,1
Mittelwert	251	39,8	187	37,8

Der durchschnittliche TS-Gehalt war in Freising mit 39,8 % hoch, Bis auf die Mischungen mit NK Delfi, Helena und Tommy lagen alle Prüfglieder deutlich über dem Wert für eine gute Silierfähigkeit. In Grub war der mittlere TS-Gehalt 2 % niedriger. Die meisten Varianten lagen unter 38 %. Hohe Werte wurden bei der LG 30248 im Reinanbau sowie in Mischung mit La Torre festgestellt. Bei dieser Mischung war der Sonnenblumenanteil mit 0,1 Pfl/m² nicht relevant.

Die TM-Erträge variierten in Freising zwischen 230 dt/ha und 267 dt/ha, wobei die Unterschiede nicht signifikant waren. Die höchsten TM-Erträge erreichten LG 30248 und LG 30248 in Kombination mit La Torre. Die niedrigsten TM-Erträge verzeichneten wie auch 2017 die Mischungen mit den Sorten ES Violetta und NK Delfi. In beiden Jahren lag die Anzahl Maispflanzen bei diesen Mischungen etwas unter dem Soll, die der Sonnenblumen lag etwas über der Zielgröße. Die Kombination aus geringerem Maispflanzenertrag aufgrund geringerer Pflanzenzahl und höherem Sonnenblumenanteil mit geringerem TM-Ertrag, sind vermutlich für die in der Summe niedrigeren TM-Erträge dieser Mischungen verantwortlich.

Auch in Grub war das Ertragsniveau mit durchschnittlich 187 dt/ha sehr hoch. Die Prüfgliedmittelwerte lagen zwischen 174 dt/ha für die Mischung mit Tommy und 207 dt/ha für die Mischung mit La Torre, die auch in Freising den höchsten TM-Ertrag erreichte. LG 30248 hatte im Reinanbau nur einen TM-Ertrag von 182 dt/ha und lag damit im unteren Bereich. Im Gegensatz zu Freising, wo die Kombination mit Sonnenblumen tendenziell zu geringeren TM-Erträgen der Mischung gegenüber dem Reinbestand führte, war dieses Bild für Grub nicht zutreffend. An beiden Standorten waren jedoch die Erträge in den Kombinationen mit den großköpfigen Sonnenblumen ES Violetta und NK Delfi die niedrigsten. Dies galt 2017 ebenfalls für Freising, nicht aber für Grub.

2.3.5 Biogausausbeute und Inhaltsstoffe

Im Gegensatz zu Mais *per se* sind Sonnenblumen allein nicht als Biogassubstrat geeignet. Sie erreichen in der Regel keine ausreichenden TS-Gehalte und der TM-Ertrag ist stark schwankend. Die Methanausbeute liegt aufgrund ungünstiger Pflanzenzusammensetzung mit 250 bis 280 L_N/kg oTS (LfL 2018) deutlich unter der von Mais.

Der überwiegende Teil der Proben stammte direkt vom Häcksler, so dass keine exakte Bestimmung des Sonnenblumenanteils in der TM möglich war. Dies erfolgte nur bei den Prüfgliedern MS4 und MS5 (Tab. 9). Bei denen setzte sich die Probe aus 10 Pflanzen zusammen, die aus der Mitte einer Parzellenreihe herausgeschnitten wurden. Es wurde der Ertragsanteil von Mais und Sonnenblume getrennt erfasst und das zerkleinerte Material für Batch entsprechend der Anteile gemischt. Die Untersuchung auf Biogas erfolgte am Institut für Landtechnik und Tierhaltung (ILT) der LfL im Batchverfahren an getrocknetem, unsiliertem Material nach der VDI Richtlinie 4630.

Tab. 9: Übersicht über die Prüfglieder, die 2016 im Batch auf ihre potentielle Biogasausbeute untersucht wurden, sowie Ergebnisse der Biogas-Analyse

Prüf- glied	Ort	Sorte Mais	Sorte Sonnen- blume	Anzahl Pfl/m ² bzw. Anteil an der TM in %		Biogas- ausbeute (L _N /kg oTS)	Methan- Gehalt (%)	Methan- ausbeute (L _N /kg oTS)
				Mais	Sonnen- blume			
M1	Freising	Colisee	-	10,9	-	684	53,3	365
MS1	Freising	Colisee	ES Violetta	9,2	0,9	610	51,8	316
MS2	Freising	Colisee	Peredovick	9,1	1,1	684	54,6	373
MS3	Freising	Colisee	NK Delfi	9,1	0,9	620	52,8	328
MS4	Freising	Colisee	Rote Sonne	88,5	11,5	679	53,6	364
MS5	Freising	Colisee	Pandra	90,5	9,5	651	54,3	354
M1	Grub	Colisee	-	10,2	-	660	52,3	345
MS1	Grub	Colisee	ES Violetta	9,1	1,1	733	53,9	395
MS2	Grub	Colisee	Peredovick	9,1	1,0	706	52,9	374

Die Maisproben erreichten Biogasausbeuten von 660 und 684 L_N/kg oTS (Tab. 9) bei relativ hohen Standardfehlern von 34 bzw. 59 L_N/kg oTS, wobei bei beiden Proben jeweils eine von drei Proben deutlich verschieden war, so dass der „wahre“ Wert von M1 aus Grub vermutlich etwas niedriger, der von M1 aus Freising höher ist. Bei den Mischungen war der Standardfehler deutlich niedriger und die drei Wiederholungsmessungen unterschieden sich weniger stark. Die Mischungen schwankten in einem Bereich von 610 bis 733 L_N/kg oTS mit einem Mittelwert von 669 L_N/kg oTS. Die Mais-Sonnenblumen-Mischungen lagen somit etwa im Bereich des reinen Maises (Abb. 16).

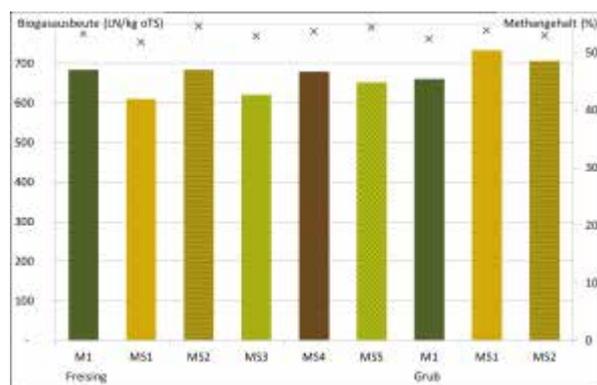


Abb. 16: Biogasausbeute (Säule) und Methangehalt (Kreuz) von zwei Mais- sowie sieben Mais-Sonnenblumen-Proben

Die Mischung MS1 aus Freising wies sowohl die geringste Biogasausbeute als auch den deutlich niedrigsten Methangehalt mit 51,8 % auf, gefolgt von der Maisprobe aus Grub. Den höchsten Methangehalt mit 54,6 % hatte MS2 aus Freising.

Die Maisproben erreichten im Durchschnitt eine Methanausbeute von 355 L_N/kg oTS. Aufgrund der geringsten Biogasausbeute und des geringsten Methangehalts erzielte MS1 aus Freising nur eine Methanausbeute von 355 L_N/kg oTS. Deutlich der höchste Wert wurde bei derselben Mais-Sonnenblumen-Kombination aus Grub mit 395 L_N/kg oTS gemessen. Die übrigen Mischungen lagen dazwischen, was zu einem Durchschnittswert aller Mischungen von 358 L_N/kg oTS führte. Es war somit im Mittel der Proben kein signifikanter Einfluss der -geringen-Sonnenblumenanteile auf die Methanausbeute feststellbar. Bei den Methangehalten wurden teilweise sogar Werte bestimmt, die deutlich über denen der Maissorte lagen.

Neben der potentiellen Biogasbildung sind von den neun Proben auch für den Futterwert relevante Merkmale bestimmt worden (Tab. 10). Die Untersuchung erfolgte an der LfL in der Abteilung Qualitätssicherung und Untersuchungswesen (AQU) nach den Kriterien des VDLUFA Methodenbuch Band III.

Tab. 10: Trockensubstanz- (TS-) Gehalt und Inhaltsstoffe von Mais und Mais-Sonnenblumen-Mischungen

Prüf- glied	Ort	% TS	Stärke (% TS)	Roh- protein (% TS)	Fett (% TS)	Zucker (% TS)	NDF (% TS)	ADF (% TS)	ADL (% TS)
M1	Freising	38,6	42,3	7,7	4,1	9,0	34,6	17,0	1,6
MS1	Freising	38,8	42,3	6,1	3,2	2,9	38,6	22,4	2,4
MS2	Freising	38,8	40,4	7,1	4,0	6,1	36,5	17,8	2,0
MS3	Freising	37,7	38,6	6,4	4,3	6,4	38,3	21,2	2,6
MS4	Freising	35,1	32,2	8,2	3,2	7,8	40,6	23,0	2,9
MS5	Freising	38,5	33,2	6,9	3,8	8,0	40,9	23,3	3,4
M1	Grub	39,9	41,0	5,9	3,5	6,4	42,7	21,2	2,5
MS1	Grub	41,3	41,0	6,5	5,1	5,8	34,7	19,5	2,2
MS2	Grub	39,7	41,9	6,3	3,2	5,5	39,9	22,3	2,9

NDF: *Neutral Detergent Fibre*, ADF: *Acid Detergent Fibre*, ADL: *Acid Detergent Lignin*

Die Maisprobe aus Freising (M1) hatte einen etwas niedrigeren TS-Gehalt und wies gegenüber der Probe aus Grub (M2) höhere Gehalte an Zellinhaltsstoffen wie Stärke, Rohprotein, Fett und Zucker und geringere an Zellwandbestandteilen auf. Dies mag ein Grund für die etwas bessere Biogasausbeute dieser Variante sein.

Die Mais-Sonnenblumen-Mischungen MS1 und MS 2 lagen im Stärkegehalt sowie den anderen Merkmalen außer Zucker in einem ähnlichen Bereich wie der reine Mais, der Zuckergehalt war etwas geringer. Das Prüfglied MS3 aus Freising hatte einen etwas niedrigeren TS- und Stärkegehalt als der Mais, die übrigen Merkmale lagen auf dem Niveau von Mais. Einen deutlich geringeren TS- und Stärkegehalt als die übrigen Prüfglieder hatte die Variante MS4, mit einem Sonnenblumenanteil von 11,5 % in der TM. Diese Mischung hatte den höchsten Rohproteingehalt sowie hohe ADF- und Lignin-Werte, die sich durch den Sonnenblumenanteil erklären lassen. Ebenfalls hohe Gehalte an Gerüstsubstanzen und Rohprotein sowie einen niedrigen Stärkegehalt hatte MS5. Der Fettgehalt schwankte bei den Mischungen zwischen 3,2 % und 5,1 % in der TS und lag somit unter wie auch über dem reinen Mais. Die fettreichen Son-

nenblumenkerne hatten keinen relevanten Einfluss auf die Zusammensetzung der Mischung. Die Kerne waren zudem schon teilweise herausgefallen oder durch Vögel gefressen worden bzw. bei den mehrköpfigen Sonnenblumen noch nicht ausgereift. Es gab keinen eindeutigen Einfluss der Sonnenblumen auf die Zusammensetzung der Mischung. Nachteilig war, dass der Sonnenblumenanteil nur bei zwei Mischungen bekannt war.

2.3.6 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Selbst bei den geringen Anteilen in der Mischung führten die Sonnenblumen zu einer spürbaren Reduzierung des TS-Gehalts. Der Versuchsdurchschnitt im TS-Gehalt lag von 2016 bis 2018 in Grub zwischen 93 % und 97 % und in Freising zwischen 94 % und 98 % des TS-Gehalts der reinen Maissorte. Dabei ging der Wert bei guter Sonnenblumenentwicklung auch unter 90 % wie in Freising 2018. Dies muss bei der Sortenwahl des Mais beachtet werden und eine frühere Sorte als für den Reinanbau gewählt werden, um in der Summe einen silierfähigen TS-Gehalt zu erreichen. Dies ist besonders dann relevant, wenn die Mischung zusammen mit reinen Maisbeständen zum selben Zeitpunkt siliert werden soll.

Bei einer guten Etablierung und Jugendentwicklung sind die Sonnenblumen auch bei ungünstigen Witterungsbedingungen (heiß und trocken) konkurrenzfähig gegenüber der C4-Pflanze Mais. Wenn dies nicht gegeben ist, dann bleiben sie in Entwicklung zurück und ihr Ertragsanteil sinkt. Dann nutzt der Mais seinen Vorteil und gleicht den geringen Ertragsbeitrag der Sonnenblume aus. Für den Gesamt-TM-Ertrag ist eine schwächere Sonnenblume besser als Sonnenblumen, die zu ertragsstark sind und den Mais unterdrücken (s. Abschlussbericht Projektphase I) und schnell zu einem deutlichen Rückgang im TM-Ertrag führen.

Die TM-Erträge der Mischungen lagen in Freising zwischen 92 % (2016) und 96 % (2018) des Maisreinbestands, in Grub zwischen 95 % (2017) und 103 % (2018) im Mittel der einzelnen Versuche, die Unterschiede zum Reinbestand bzw. zwischen den Prüfgliedern waren aber in keinem Jahr signifikant.

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse wäre eine Beimengung von einem geringen Anteil an Sonnenblumen in Mais nicht mit relevanten Veränderungen in der Biogasausbeute oder Futterqualität verbunden. Allerdings ist die Probenanzahl nur gering, so dass die Aussage nur eine Tendenz und keine Allgemeingültigkeit darstellt. Eine gute Ertragsentwicklung ist nur möglich, wenn sich Mais und Sonnenblume ohne relevante Konkurrenz durch Unkräuter und Ungräser entwickeln können. Die Unkrautbekämpfung kann mechanisch erfolgen. Bei der chemischen Bekämpfung besteht wie bei vielen Mischungen verschiedener Arten das Problem, dass die Auswahl an Herbiziden sehr begrenzt ist. Es sollten daher keine Standorte mit einer Unkraut-/Ungrasproblematik gewählt werden.

Eine übergeordnete Aussage ist zudem durch Probleme in der Bestandesdichte und auf den Flächen (Kiesinseln), die den Versuchsfehler erhöhen, erschwert. Großköpfige Sonnenblumen blühen sehr schnell ab und haben zur Ernte schwere, herabhängende Köpfe. Diese fallen leicht herunter bzw. sind von Pilzen befallen. Sie bringen somit für die Mischungen mehr Nach- als Vorteile. Die mehrköpfigen Sonnenblumen sind aus Blütensicht am besten. Sie blühen über einen langen Zeitraum und sind so lange Nahrungsquelle wie auch optisch eine wertvolle Ergänzung. Allerdings war der Feldaufgang schlecht. Dies liegt vermutlich daran, dass es sich zum einen um sehr kleines Saatgut handelte, für das die Aussaatiefe des Mais nicht optimal war, und zum anderen, dass es kein zertifiziertes Saatgut, sondern nur einfaches Gartensaatgut war. Die Saatgutverfügbarkeit für große Mengen ist zudem schwierig. Einen Kompromiss stel-

len daher Sorten wie Peredovick oder Helena da, die kleiner Köpfe haben und auch über einen längeren Zeitraum blühen. Das Saatgut ist häufig in Wildäsungen oder Zwischenfrucht-mischungen enthalten und auch einzeln in größeren Mengen erhältlich.

Durch Mais-Sonnenblumen-Mischungen mit einem geringen Anteil an Sonnenblumen ist es möglich, die Biodiversität zu fördern, ohne dass relevante Nachteile für Ertrag und Qualität entstehen.

2.4 Mais-Stangenbohnen-Mischanbau Anbauversuch

2.4.1 Problematik und Aufgabenstellung

Mischungen aus Mais (*Zea mays* L.) und Stangenbohne (*Phaseolus vulgaris* L.) haben in den vergangenen Jahren zunehmend an Interesse gewonnen. So testeten anfangs wenige Landwirte die Mischung (Paul 2017), inzwischen werden einige Tausend Hektar angebaut (Leiser & Brugger 2019), Tendenz steigend. Es gibt verschiedene Gründe für den Anbau. Durch die Ergänzung des Maises soll zum einen die „Maiswüste“ vielgestaltiger werden und einen Lebensraum für Insekten und andere Tiere bieten. Untersuchungen zu dieser Thematik sind sehr aufwändig und waren im Rahmen des Projekts nicht geplant. Zurzeit läuft ein Forschungsvorhaben in Baden-Württemberg dazu (HfWU 2018), bei dem die ersten Ergebnisse viel versprechend waren (Schumann *et al.* 2019).

Des Weiteren könnten die Stangenbohnen durch ihr buschiges Anfangswachstum dazu führen, dass der Boden schneller bedeckt wird und dadurch die Unkrautentwicklung unterdrückt wird, das Austrocknen des Bodens verringert und das Erosionsrisiko reduziert wird.

Der Mais ist eine sehr ertrag- und energiereiche Pflanze, die jedoch nur einen verhältnismäßig geringen Proteingehalt besitzt, so dass eine Ergänzung der Maissilage mit proteinreichen Futtermitteln erforderlich ist. Durch die Beimengung der proteinreichen Stangenbohne könnte der Proteingehalt der Silage erhöht, heimisches Eiweiß genutzt und die Ergänzung mit (zugekauftem) Protein reduziert werden.

Die Leguminosen können mit ihren Knöllchenbakterien Stickstoff fixieren. Inwieweit dieses Einfluss auf den Düngbedarf der Mischung hat und ob eventuell Stickstoff zur Düngung eingespart werden kann, wurde im Düngerversuch (s. 2.5) ausgewertet.

Nachdem es auf Seiten der Stangenbohnen gegenüber der Projektphase I eine züchterische Weiterentwicklung im Hinblick auf die Mischanbaueignung mit Mais gab, sollte in diesem Projektteil unter anderem das neue Material getestet werden. Im Anbauversuch wurden in den Jahren 2016 bis 2019 weitere Kombinationen aus Mais und Stangenbohnen bei verschiedenen Aussaatstärken und Anordnungen der Pflanzen zueinander getestet.

2.4.2 Material und Methoden

2.4.2.1 Versuchsdurchführung 2016

Es wurden die Maissorten Colisee (S 220) und PR38H20 (S 260) mit der Stangenbohnenorte Anellino Verde zusammen in Grub und Freising angebaut. Die Maissorten sind ertragreich, mit einer geringen Lagerneigung und einer Empfehlung für die Substratgewinnung. Die Stangenbohnenorte ist spät und hat sich in den Vorjahren als massewüchsig und ertragreich gezeigt. Als Vergleich zu den Mischungen, die je Sorte mit 5 bzw. 7 Pfl/m² gesät worden sind, dienten die Maissorten im Reinbestand mit 10 Pfl/m² (Tab. 11). Die Mischung wurde einerseits gemischt und mit der Einzelkornsämaschine mit 0,75 m Reihenabstand ausgebracht. In der Vergleichsvariante wurde nur der Mais auf 0,75 m Reihenabstand ausgesät. Die Stangenbohnen wurden anschließend im Abstand von etwa 15 cm links und rechts neben die Maisreihen gelegt.

Tab. 11: Übersicht über die Prüfglieder im Mais-Stangenbohnen-Anbauversuch, die 2016 in Freising und Grub geprüft wurden

Prüf- glied	A *	Mais (Pfl/m ²)				Stangenbohne (Pfl/m ²)			
		Sorte	Ziel	Ist Freising	Ist Grub	Sorte	Ziel	Ist Freising	Ist Grub
1	1	Colisee	10	10,0	10,2	-	-	-	-
2	1	P 9027	10	10,1	10,2	-	-	-	-
3	1	Colisee	7	7,7	7,1	Anellino Verde	7	7,5	6,9
4	1	Colisee	5	5,1	5,1	Anellino Verde	5	5,2	5,1
5	2	Colisee	7	7,6	7,1	Anellino Verde	7	6,9	6,8
6	2	Colisee	5	5,1	5,1	Anellino Verde	5	5,2	5,1
7	1	P 9027	7	6,9	6,7	Anellino Verde	7	7,2	7,1
8	1	P 9027	5	5,3	5,1	Anellino Verde	5	5,0	5,1
9	2	P 9027	7	7,4	7,1	Anellino Verde	7	6,8	6,5
10	2	P 9027	5	5,4	5,1	Anellino Verde	5	5,3	5,1

A*: Aussaatverfahren, 1 gemeinsame Aussaat Mais und Stangenbohne, 2 getrennte Aussaat Mais und Stangenbohne

In Grub erfolgte die Aussaat am 10.5.2016. Die Mischung innerhalb der Reihe sowie der Mais wurden in Freising am 3.5.2016 ausgesät. Die zweite Überfahrt mit den Stangenbohnen war am selben Tag nicht mehr möglich. Es regnete stark und der feinkrümelige Boden verschlämmte und bildete im Anschluss an der Oberfläche eine harte Kruste. In den aufgelockerten, doch relativ groben Boden wurden am 9.5.2016 die Bohnen gelegt.

Die Ernte der mittleren zwei Reihen erfolgte am 15.9.2016 in Grub und am 28.9.2016 in Freising. Die weitere Versuchsdurchführung erfolgte wie unter 2.2 beschrieben.

2.4.2.2 Versuchsdurchführung 2017

Die Aussaat erfolgte am 16.5.2017 in Grub und am 17.5.2016 in Freising als randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen mit den zwei Aussaatverfahren wie 2016. Planmäßig sollten die angestrebten Bestandesdichten denen von 2016 entsprechen. Aufgrund von Problemen in der Versuchsdurchführung wurde dies aber nicht erreicht, so dass die beiden Bestandesdichten für die Auswertung zusammengefasst wurden. Der Mais war ebenfalls je Sorte zweimal auf der Fläche, so dass in die Auswertung je Prüfglied acht Wiederholungen eingeflossen sind. Die Maissorten wurden gegenüber den Vorjahren durch die neueren standfesten und ertragreichen Sorten LG 30248 (S 220) und Figaro (S 250) ersetzt und auf 9 Pfl/m² ausgesät. Zur Stangenbohnen Sorte Anellino Verde kam als zweite Sorte SAT 512 dazu, eine ertragreiche, kleinkörnige Sorte, die speziell für den Mischbau gezüchtet worden war.

Tab. 12: Übersicht über die Prüfglieder im Mais-Stangenbohnen-Anbauversuch, die 2017 in Freising und Grub geprüft wurden

Prüf- glied	A *	Mais			Stangenbohne		
		Sorte	Freising Pfl/m ²	Grub Pfl/m ²	Sorte	Freising Pfl/m ²	Grub Pfl/m ²
1	1	LG 30248	9,1	9,5	-	-	-
2	1	Figaro	9,1	9,1	-	-	-
3	1	LG 30248	6,0	6,6	Anellino Verde	5,3	4,9
4	2	LG 30248	7,4	7,1	Anellino Verde	4,1	3,9
5	1	LG 30248	5,9	5,8	SAT 512	5,4	5,1
6	2	LG 30248	7,3	7,1	SAT 512	4,7	5,2
7	1	Figaro	6,8	6,7	Anellino Verde	5,0	4,9
8	2	Figaro	7,5	7,3	Anellino Verde	4,0	3,6
9	1	Figaro	6,1	6,8	SAT 512	3,0	5,4
10	2	Figaro	7,5	8,0	SAT 512	5,4	4,9

A*: Aussaatverfahren, 1 gemeinsame Aussaat Mais und Stangenbohne, 2 getrennte Aussaat Mais und Stangenbohne

Die Ernte der mittleren zwei Reihen wurde am 25.9.2017 in Grub bei optimalen äußeren Bedingungen durchgeführt. Nach Verzögerungen durch technische Defekte am Feldhäckler und Niederschläge wurde in Freising erst spät am 10.10.2017 unter guten äußeren Bedingungen geerntet. Die weitere Versuchsdurchführung erfolgte wie unter 2.2 beschrieben.

2.5.2.3 Versuchsdurchführung 2018

Die absätzig Aussaat in den Vorjahren hatte sich teilweise problematisch gezeigt. Zudem hatte sie in den Versuchen keine messbaren Vorteile gegenüber der gemeinsam gesäten Variante gebracht. Aus diesem Grund wurde ab 2018 nur noch mit gemischtem Saatgut gearbeitet. In Grub wurde der Versuch am 8.5. und in Freising am 12.5. ausgesät. Die vierreihigen Parzellen waren in Grub 6 m lang. In Freising wurden sie nach technischen Problemen bei der Aussaat auf 5 m verkürzt. Technische Probleme führten auch dazu, dass die zwei Varianten in der Bestandesdichte von insgesamt 10 bzw. 14 Pfl/m² nicht erreicht wurden. Die Varianten wurden daher zusammengenommen, so dass jede, auch die Maisvariante, wie 2017 mit acht Wiederholungen in die Auswertung ging. Die Maissorten waren erneut LG 30248 und Figaro. Die Stangenbohnsorten Anellino Verde und WAV 512 wurden in einem weiteren Jahr geprüft. WAV 512 entspricht SAT 512, wurde jedoch konventionell und nicht ökologisch produziert. Zusätzlich kamen die Sorten Anellino Giallo und Meravilgia die Venezia Grano Nero dazu, zwei späte, ertragreiche italienische Sorten mit höheren Phasingehalten. In Tabelle 13 sind die Prüfglieder und die Bestandesdichten, die zur Ernte erreicht wurden, aufgeführt.

Tab. 13: Übersicht über die Prüfglieder im Mais-Stangenbohnen-Anbauversuch, die 2018 in Freising und Grub geprüft wurden

Prüf- glied	Mais			Stangenbohne		
	Sorte	Freising Pfl/m ²	Grub Pfl/m ²	Sorte	Freising Pfl/m ²	Grub Pfl/m ²
1	LG 30248	9,0	9,0	-	-	-
2	Figaro	9,0	8,9	-	-	-
3	LG 30248	5,5	5,5	Anellino Verde	5,3	3,6
4	LG 30248	5,6	6,6	WAV 512	6,0	3,1
5	LG 30248	5,5	5,9	Anellino Giallo	5,4	5,7
6	LG 30248	5,6	6,1	Meraviglia*	5,2	3,8
7	Figaro	5,5	5,3	Anellino Verde	6,1	4,5
9	Figaro	5,4	5,8	WAV 512	5,9	2,5
9	Figaro	5,6	6,0	Anellino Giallo	5,5	1,9
10	Figaro	5,7	6,0	Meraviglia	5,6	2,7

* : Meraviglia di Venezia Grano Nero

Die mittleren zwei Reihen wurden in Grub am 1.9. und in Freising am 15.9. gehäckselt. Die Versuchsdurchführung erfolgte ansonsten wie unter 2.2 beschrieben.

2.5.2.4 Versuchsdurchführung 2019

Für das Versuchsjahr 2019 war eine Wiederholung des Versuchs von 2018 geplant. Zur Durchführung des Versuchs war jedoch nicht ausreichend Saatgut der Sorten Anellino Giallo und Meraviglia die Venezia Grano Nero verfügbar. Aus diesem Grund wurden 10 verschiedene Maissorten unterschiedlicher Reife (Tab. 14) mit der Stangenbohnen-sorten WAV 612 geprüft. WAV 612 ist eine minimale Weiterentwicklung der Sorte WAV 512. Die Änderung des Versuchsplans erfolgte relativ kurz vor der Aussaat. Aus diesem Grund musste bei der Auswahl der Maissorten auf solche zurückgegriffen werden, die in ausreichender Menge schnell verfügbar waren. Das Vorhandensein bzw. Nichtvorhandensein von Saatgutfirmen ist keine Wertung. Eine Auftrennung des Sortenspektrums in zwei Reifebereiche mit unterschiedlichen Ernteterminen war nicht möglich.

In Grub wurde der Versuch am 8.5. und in Freising am 14.5. mit einer vierreihigen Einzelkornsämaschine als randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen ausgesät. Die vierreihigen Parzellen waren jeweils 6 m lang.

Die mittleren zwei Reihen wurden in Grub am 1.9. und in Freising am 15.9. gehäckselt. Die Versuchsdurchführung erfolgte ansonsten wie unter 2.2 beschrieben. Die getrockneten und vermahlenden Proben wurden anschließend mit NIRS auf ihre Inhaltsstoffe untersucht (s. 2.6).

Tab. 14: Übersicht über die Prüfglieder im Mais-Stangenbohnen-Anbauversuch, die 2019 in Freising und Grub geprüft wurden

Prüf- glied	Mais			Stangenbohne			
	Sorte	Reife- zahl	Freising Pfl/m ²	Grub Pfl/m ²	Sorte	Freising Pfl/m ²	Grub Pfl/m ²
1	LG 30248	220	9,1	9,1	-	-	-
2	Farmfire	230	9,1	9,1	-	-	-
3	Benedicto	230	9,0	9,1	-	-	-
4	Amaroc	230	9,1	9,1	-	-	-
5	ES Metronom	240	9,0	9,1	-	-	-
6	Bernadino	240	9,0	8,5	-	-	-
7	Figaro	250	9,1	9,1	-	-	-
8	LG 31256	250	9,1	9,1	-	-	-
9	Paratico	250	8,9	9,1	-	-	-
10	LG 31276	260	9,1	8,6	-	-	-
11	LG 30248	220	6,8	6,4	WAV 512	4,4	4,6
12	Farmfire	230	6,8	6,1	WAV 512	4,6	4,7
13	Benedicto	230	6,9	5,9	WAV 512	4,9	4,4
14	Amaroc	230	6,6	6,7	WAV 512	4,2	4,6
15	ES Metronom	240	6,8	5,6	WAV 512	4,8	4,5
16	Bernadino	240	6,2	5,7	WAV 512	4,3	4,8
17	Figaro	250	6,7	5,7	WAV 512	4,8	4,6
18	LG 31256	250	6,6	6,0	WAV 512	4,3	4,9
19	Paratico	250	6,5	5,4	WAV 512	4,6	4,9
20	LG 31276	260	6,9	5,8	WAV 512	4,8	4,8

2.4.3 Ergebnisse und Diskussion

2.4.3.1 Versuchsjahr 2016

Der Feldaufgang war besonders in Freising ungleichmäßig und zögerlich. Der Mais keimte langsam und litt zu Beginn unter den ungünstigen Bedingungen, was sich auch in der violetten Färbung der Blätter zeigte (Abb. 17).



Abb. 17: Zögerliche Anfangsentwicklung von Mais und Stangenbohnen, Freising 6.6.2016

Anellino Verde zeigte eine ungleichmäßigere und schwächere Anfangs- und Jugendentwicklung. Trotz allem gab es an beiden Standorten aber keine hohen Abweichungen von den angestrebten Pflanzenzahlen (Tab. 11). Neben Schnecken wurden auch Drahtwürmer auf der Fläche in Freising gefunden (Abb. 18). Nachdem mehrfach Schnecken auf der Fläche gesehen wurden, wurde Schneckenkorn gestreut. In den Folgejahren wurde nach der Aussaat routinemäßig auf Schneckenbefall kontrolliert. Es war aber keine weitere Bekämpfung erforderlich. Beide Tiere mögen neben der verschlammten Bodenoberfläche ihren Teil zum teilweise schlechten Feldaufgang und den Schädigungen der Bohnenkeimlinge (Abb. 19) beigetragen haben.

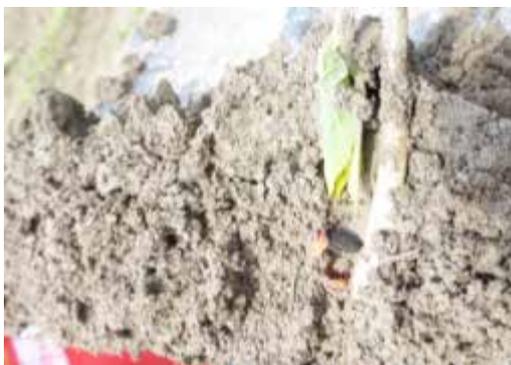


Abb. 18: Befall der Stangenbohne mit Schnecken und Drahtwürmern, Freising 5.6.2016



*Abb. 19: Verschlammte Bodenoberfläche und verkümmerte Stangenbohnenkeimlinge, Freising
17.6.2016*

Zudem war es direkt nach der Aussaat kühl und feucht. Auf dem leichteren Boden in Grub gab es weniger Probleme, so dass sich Mitte Juni gut entwickelte Pflanzen zeigten (Abb. 20).



Abb. 20: Jugendentwicklung von Mais und Stangenbohne, Grub 21.6.2016

Ideales Wachstumswetter für Mais und Stangenbohne, das beide gut ausnutzen konnten, wurde erst ab Ende Juni erreicht (Abb. 21).



Abb. 21: Mais und Stangenbohnen, Grub 13.7.2016

Juli und August waren sehr sonnenreiche, warme Monate mit immer wieder ausreichend Niederschlag an beiden Orten, so dass sich die Bestände gut entwickelten (Abb. 22, 23).



P1 (links) sowie P2

Abb. 22: Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen, Freising 25.7.2016



Abb. 23: Mais sowie Mais -Stangenbohnen-Mischung, Grub 1.8.2016

Die Bohnen konnten jedoch ihren Rückstand gegenüber dem Mais in Freising nicht aufholen und trugen teilweise nur wenig zum Ertrag bei. Außerdem begannen die Blätter bereits deutlich vor der Ernte zu vergilben und abzufallen (Abb. 24).



Abb. 24: Laubabfall bei den Stangenbohnen, Freising 21.9.2016

Mais-Stangenbohnen-Mischungen sollten nicht zu früh geerntet werden. Die TS-Gehalte in Freising waren mit durchschnittlich 37,5 % (34,6 bis 40,7 %, Tab. 15) dennoch etwas zu hoch. Wie erwartet war die frühere Sorte (PG 1) etwas weiter abgereift. Überraschend hoch waren die TS-Gehalte der Mischungen, die auf dem Niveau von PG 2 lagen bzw. das Niveau von PG 1 relativ deutlich überstiegen. In Grub lag der TS-Gehalt mit 35,2 % (32,8 bis 36,4 %) in einem

akzeptablen Bereich. Der TS-Gehalt von PG 1 war vergleichsweise niedrig. Insgesamt lagen die Mischungen etwa im Bereich des Mais, es war kein deutlicher Bohneneffekt erkennbar.

Tab. 15: Durchschnittlicher Frischmasse- (FM-) und Trockenmasse- (TM-) Ertrag sowie Trockensubstanz- (TS-) Gehalt im Mais-Stangenbohnen-Anbauversuch des Erntejahres 2016 an den Standorten Freising und Grub (ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im SNK-Test, $\alpha = 5\%$)

Prüf- glied	Freising			Grub		
	FM (dt/ha)	TS (%)	TM (dt/ha)	FM (dt/ha)	TS (%)	TM (dt/ha)
1	520 abc	37,6 abc	196 ab	434 abc	32,8 a	143 ab
2	579 a	35,5 c	203 a	498 a	35,4 a	176 a
3	468 cde	39,6 ab	185 ab	439 ab	35,9 a	158 ab
4	399 e	40,7 a	161 b	405 bc	35,3 a	144 ab
5	448 cde	37,8 abc	169 ab	404 bc	36,4 a	147 ab
6	430 ed	40,0 ab	170 ab	367 c	34,7 a	127 b
7	540 ab	34,6 c	185 ab	456 ab	35,4 a	162 ab
8	485 bcd	35,4 c	171 ab	459 ab	33,0 a	151 ab
9	463 cde	36,6 bc	169 ab	451 ab	36,4 a	163 ab
10	491 bcd	37,0 abc	182 ab	418 bc	36,3 a	152 ab
Mittel- wert	482	37,5	179	433	35,2	152

In Freising war die späte Maissorte (PG 2) mit Abstand am ertragreichsten. Einen relativ hohen FM-Ertrag erreichte die Mischung PG 7 vor der frühen Maissorte. Insgesamt bewegte sich der FM-Ertrag in einem weiten Bereich von 399 bis 579 dt/ha. In Grub waren die FM-Erträge im Durchschnitt mit 433 dt/ha (367 bis 498 dt/ha) etwa 10 % niedriger als in Freising. Der höchste FM-Ertrag wurde auch dort von PG 2 erreicht, gefolgt von einigen Mischungen, PG 1 lag im Mittelfeld.

Der TM-Ertrag lag in Grub mit 152 dt/ha (127 bis 176 dt/ha) im durchschnittlichen Bereich. Der signifikant höchste TM-Ertrag wurde von PG 2 erzielt, gefolgt von einigen Mischungen und PG 1. Auch in Freising war PG 2 am ertragsstärksten, allerdings dicht gefolgt von PG 1. Die Mischungen unterschieden sich bis auf die ertragsschwächste Kombination nicht von Ertrag der frühen Maissorte PG 1.

In Freising spiegelten sich der höhere TS-Gehalt sowie geringere FM- und TM-Ertrag der Maissorte auch in den Mischungen wider. Betrachtet man das Verhältnis zwischen Ertrag der Mischung sowie Ertrag der Maissorte im Reinbestand, so gab es zwischen den Maissorten keinen relevanten Unterschied. Im Mittel lag der TS-Gehalt der Mischungen bei 103 % des Reinbestands, der FM-Ertrag bei 84,6 % (76,6 bis 93,3 %) und der TM-Ertrag bei 87,1 % (83,3 bis 94,3 %). Am zweiten Standort gab es im TS-Gehalt der Mischungen keinen entsprechenden Unterschied wie bei den Maissorten. Der höhere FM- und TM-Ertrag von PG 2 zeigte sich aber auch in den dazugehörigen Mischungen. Gegenüber dem Reinbestand hatten die Mischungen mit der frühen Maissorte einen Vorteil gegenüber denen mit der späten Maissorte. So lag der

FM-Ertrag bei 93,1 % gegenüber 89,6 %, der TM-Ertrag bei 101,1 % gegenüber 89,1 %. Die hohen Werte der frühen Sorte sind auch dem relativ niedrigen Ertrag der frühen Maissorte im Reinbestand geschuldet. Im Durchschnitt lag der FM-Ertrag der Mischungen bei 91,4 % (83,9 bis 101, %) und der TM-Ertrag bei 95,1 % (86,4 bis 110,7 %) des Reinbestands.

Die Bestandesdichten wurden sowohl in Grub als auch in Freising weitgehend erreicht. Allerdings hatten die Stangenbohnen besonders in Freising zu Beginn erhebliche Probleme auf dem verschlammten, kühl-feuchten Boden, von denen sie sich nicht richtig erholen konnten. Gegenüber anderen Jahren trugen sie teilweise nur wenig zur Gesamtmasse bei. So betrug der TM-Ertrag der 5:5 Mischungen nur 85,5 % (81,9 bis 89,4 %) des Maisreinertrags, bei den 7:7 Mischungen waren es 88,7 % (83,3 bis 94,3 %). In Grub waren die Verhältnisse mit 90,7 % (85,7 bis 101,3 %) und 99,5 % (91,8 bis 110,7 %) eher zugunsten der Mischungen. Es zeigt sich bei diesen Zahlen die große Kompensationsfähigkeit der Maissorten. Die Pflanzenzahlen lagen etwa bei der Hälfte der Zahlen im Maisreinbestand, die TM-Erträge betrugten aber bei den 5:5 Mischungen in Freising 85,5 % und in Grub 90,7 % des Maisreinbestands, wobei durch die Stangenbohnen vor allem in Freising nur wenig zum TM-Ertrag beigetragen wurde.

Neben der Bestandesdichte war auch das Aussaatverfahren bzw. die Pflanzenverteilung ein Untersuchungskriterium. In Freising gab es zwischen den beiden Varianten keinen signifikanten Unterschiede. Der TM-Ertrag der Mischungen lag bei der gemischten Aussaat bei 87,8 % (84,0 bis 94,3 %) des Maisreinertrags, bei der getrennt gesäten Variante bei 86,3 % (83,3 bis 89,4 %). Der tendenzielle Vorteil der gemischten Variante in Freising zeigte sich in Grub ausgeprägter. So lag der TM-Ertrag gegenüber dem Maisreinertrag in einem weiten Bereich mit durchschnittlich 97,4 % (85,7 bis 110,7 %) bei der gemischt gesäten Variante und 92,8 % (86,4 bis 103 %) bei der getrennt gesäten Variante. Es ist allerdings schwierig diese Ergebnisse zu verallgemeinern. Bei der getrennten Variante gab es teilweise das Problem, dass die Stangenbohnen in die Fahrgasse abgelegt wurden und nicht ausreichend tief abgelegt waren. Die Anzahl der aufgegangenen Pflanzen sagt nicht unbedingt etwas über die Qualität der Pflanzen. Bereits in den Vorjahren konnte kein klarer Effekt des einen oder anderen Verfahrens festgestellt werden. Es gab keine signifikante Beziehung zwischen Bestandesdichte und Aussaatverfahren.

2.4.3.2 Versuchsjahr 2017

Nachdem es Anfang Mai teilweise noch negative Temperaturen gab, startete das zweite Versuchsjahr am 16.5 in Grub und am 17.5 in Freising mit der Aussaat unter optimalen Bedingungen. Die Bodenfeuchte war mäßig, was in der Folge zu einem zögerlichen Wachstum führte. Bei der Aussaat gab es technische Probleme, die bei der getrennten Aussaat dazu führten, dass eine Bohnenreihe sehr dicht neben der Maisreihe lag und die zweite in der Fahrgasse (Abb. 25). Der Pflanzenanzahl unterschied sich aber trotzdem in Freising nicht von der der gemeinsam gesäten Variante. In Grub war die durchschnittliche Pflanzenzahl mit 4,4 bei der getrennt gesäten gegenüber 5,1 Pfl/m² bei der gemischt gesäten Variante etwas geringer.



Abb. 25: *Aufgang und Pflanzenverteilung in Freising, 1.6.2017*

Im Juni entwickelten sich die Pflanzen anfangs an beiden Orten gut (Abb. 26).



Freising



Grub

Abb. 26: *Jugendentwicklung in Freising und Grub, 16.6.2017*

Zunehmend machten aber der geringe Niederschlag und überdurchschnittliche Temperaturen Probleme. In Grub stellte der Mais bald sein Wachstum ein, in der ersten Julidekade waren erste Blütenstände zu sehen. Am Parzellenrand profitierten die Pflanzen vom Randeffect und waren deutlich höher. In Freising ist das Wasserhaltevermögen höher, so dass die negativen Effekte weniger stark sichtbar waren. Ab Juli gab es immer wieder Niederschläge, so dass sich die Pflanzen etwas erholten. Der Mais hatte aber in Grub bereits Richtung Abreife umgestellt. Im Gegensatz dazu begannen die Stangenbohnen wieder zu wachsen und legten teilweise sehr viel Masse zu (Abb. 27).



WAV 512



Anellino Verde

Abb. 27: *Üppige Stangenbohnenentwicklung in Grub, 25.8.2017*

Dies führte dazu, dass der Mais der Masse nicht immer standhalten konnte und ins Lager ging. So waren die Parzellen ohne Mais häufig höher als die gemischten Parzellen (Abb. 28)



Höhere Parzellen ohne Stangenbohnen im Hintergrund



Hülsen von WAV 512



Hülsen von Anellino Verde

Abb. 28: Mais und Stangenbohnen am Erntetag in Grub, 25.9.2017

In Freising gab es ebenfalls Parzellen mit üppiger Bohnenentwicklung, aber auch solche mit vorzeitigem Blattabfall und geringer Bohnenmasse (Abb. 29).



Abb. 29: Große Unterschiede in der Massebildung der Stangenbohnen in Freising, 3.9.2017

Am 25.9 erfolgte die Ernte in Grub. Die Bohnen waren immer noch voll im Wachstum, der Mais bereits stark abgereift (Abb. 28), am 10.10. wurde die Ernte in Freising unter ebenfalls guten äußeren Bedingungen durchgeführt.

Zu dem Zeitpunkt war in Freising der TS-Gehalt mit durchschnittlich 42,4 % (39,4 bis 44,5 %) (Tab. 16) wie in Grub die TS-Gehalte der Maissorten ebenfalls viel zu hoch. Aufgrund des hohen Anteils frischer Stangenbohnen waren die TS-Gehalte der Mischungen in Grub mit durchschnittlich 34,7 % (31,8 bis 37 %) in einem Bereich, in dem eine gute Silierfähigkeit in der Regel gegeben ist. Wichtig ist dabei eine ausreichende Zerkleinerung des Maises, der auch in den Mischungen etwa den hohen TS-Gehalt wie im Reinbestand hat.

Tab. 16: Durchschnittlicher Frischmasse- (FM-) und Trockenmasse- (TM-) Ertrag sowie Trockensubstanz- (TS-) Gehalt im Mais-Stangenbohnen-Anbauversuch des Erntejahres 2017 an den Standorten Freising und Grub (ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im SNK-Test, $\alpha = 5\%$)

Prüf- glied	Freising			Grub		
	FM (dt/ha)	TS (%)	TM (dt/ha)	FM (dt/ha)	TS (%)	TM (dt/ha)
1	496 a	44,0 a	218 a	437 a	41,5 a	180 ab
2	466 ab	44,5 a	207 ab	509 a	39,5 b	201 a
3	449 ab	40,8 cd	183 c	496 a	31,8 e	158 b
4	435 ab	43,5 ab	189 bc	446 a	36,3 c	162 b
5	443 ab	40,4 cd	178 c	463 a	33,5 de	155 b
6	419 b	43,5 ab	182 c	446 a	34,8 cd	155 b
7	435 ab	41,7 c	181 c	485 a	35,3 cd	172 b
8	398 b	44,4 a	176 c	453 a	36,2 c	165 b
9	442 ab	39,4 d	175 c	510 a	32,3 e	165 b
10	458 ab	42,1 bc	192 bc	434 a	37,0 c	160 b
Mittel- wert	444	42,4	188	468	36,0	167

Im Gegensatz zu anderen Versuchsjahren war der durchschnittliche FM-Ertrag in Grub höher als in Freising, der TM-Ertrag war jedoch aufgrund des deutlich geringeren TS-Gehalts etwa 10 % niedriger. Im TM-Ertrag hoben sich die Maisbestände von den Mischungen ab, wenn auch nicht unbedingt signifikant, der höchste TM-Ertrag wurde von der späteren Maissorte erzielt. In Freising überraschte die frühe Sorte (PG 1) mit einem sehr hohen TM-Ertrag, der über dem von PG 2 lag. Erwartungsgemäß wäre der Ertrag der etwas späteren Sorte höher gewesen.

In Grub hingegen hatte PG 1 den niedrigsten FM-Ertrag, aufgrund des hohen TS-Gehalts von 41,5 % wird in der Kombination jedoch der zweithöchste TM-Ertrag mit 180 dt/ha erzielt. Den höchsten TM-Ertrag erreicht PG 2, das auch beim FM-Ertrag an der Spitze liegt. Die Kombination aus der mittelspäten Maissorte mit WAV 512 (PG 9) erreicht einen ebenso hohen FM-Ertrag wie der Mais allein. Allerdings macht sich der Stangenbohnenanteil in einem niedrigen TS-Gehalt von 32,3 % deutlich bemerkbar, so dass dann der TM-Ertrag im mittleren Bereich von 165 dt/ha liegt. Zu bedenken ist jedoch, dass sich die FM-Erträge von 434 bis 510 dt/ha nicht signifikant unterscheiden. Bei den TM-Erträgen hebt sich PG 2 mit 201 dt/ha etwas ab. PG 1 liegt mit 180 dt/ha in beiden Gruppen und unterscheidet sich nicht signifikant von den Mischungen mit Erträgen, die bis auf 155 dt/ha hinuntergehen.

In Freising unterschieden sich die Mischungsgruppen mit den zwei Maissorten im TS-Gehalt und Ertrag nicht voneinander. In Grub hatten die Mischungen mit der mittelspäten Maissorte einen tendenziellen Ertragsvorteil mit 166 gegenüber 158 dt/ha und spiegelten so den Ertragsvorteil der Sorte im Reinbestand wider. Beim Verhältnis von Mischungsertrag zu Reinertrag ergibt sich kein einheitliches Bild. In Freising haben die Mischungen mit der späteren Maissorte einen Vorteil beim TM-Ertrag mit 87,4 % (84,5 bis 92,8) gegenüber 83,9 % (81,7 bis 86,7). In Grub ist das Ergebnis gegenteilig, die Mischungen mit der späteren Sorte sind mit 82,3 % (79,6 bis 85,6 %) im Vergleich zum Reinbestand schlechter als die Mischungen mit der frühen Sorte mit 87,5 % (86,1 bis 90,0 %). Insgesamt zeigen die Mischungen eine deutlich geringere

Schwankungsbreite als im Vorjahr. Über alle Prüfglieder betrachtet betrug der FM-Ertrag der Mischungen in Freising 90,5 % und der TM-Ertrag 85,7 %. Das Verhältnis beim TM-Ertrag lag etwa auf dem Niveau von 2016. In Grub gab es 2017 im Durchschnitt keinen Unterschied im FM-Ertrag. Das Verhältnis beim TM-Ertrag betrug nur 84,9 % und war somit deutlich niedriger als 2016 (95,1 %). Vermutlich hat das massive Bohnenwachstum, das bei Mais teilweise zum Abbrechen des Stängels unterhalb der Kolben und somit zu einer unterbrochenen Wasser- und Assimilatverlagerung geführt hat, dem Mais zu sehr geschadet. Zudem führt der massive Bohnenbewuchs zu einer Beschattung der Maisblätter und einem Rückgang der Flächen, die über Photosynthese zur Pflanzenversorgung beitragen können.

An beiden Standorten waren die TS-Gehalte bei getrennter Aussaat etwa 3 % absolut höher (Freising 43,4 gegenüber 40,6 %, Grub 36,1 gegenüber 33,2 %). Bei den FM-Erträgen hatten die Mischungen mit getrennter Aussaat einen Vorteil. Beim TM-Ertrag heben sich diese Effekte auf und es gibt keine relevanten Unterschiede. In Freising beträgt der TM-Ertrag bei getrennter Aussaat 185 gegenüber 179 dt/ha, in Grub ist der Unterschied mit 161 gegenüber 163 dt/ha noch geringer. Es bestätigten sich somit die Ergebnisse von 2016. Im Vergleich zum Reinbestand schneidet die getrennte Aussaat beim TM-Ertrag in Freising mit 89,3 % (85,0 bis 92,8 %) etwas besser ab als die gemeinsame mit 82,2 % (80,3 bis 83,9 %). 2016 war es genau anders. Einen größeren Unterschied gibt es in Grub. Dort ist die gemeinsame Aussaat für den TM-Ertrag im Vergleich zur getrennten wesentlich besser, es werden 90,3 % (86,1 bis 95,6 %) des Reinertrags geerntet gegenüber 79,9 % (77,1 bis 82,1 %). Auch 2016 hatte die gemeinsame Aussaat gegenüber der getrennten beim Vergleich von TM-Ertrag der Mischung gegenüber dem Reinertrag einen Vorteil. Die genannten Effekte sind alle gering, um daraus allgemeingültige Aussagen zu treffen. Prinzipiell spricht aus den vorliegenden Daten, auch in Kombination mit den Ergebnissen aus Projektphase I, nichts für oder gegen eine Methode. Aus praktischer Sicht ist die Aussaat in getrennten Reihen nur sinnvoll, wenn entsprechende technische Ausstattung bereits vorhanden ist. Zwei Fahrten sind im Vergleich zum Nutzen Zeit und Kosten aufwändig. Die gemeinsame Aussaat ist das einfachere, günstigere Verfahren, wenn auch Faktoren wie schnellere Beschattung des Bodens, mögliche Unkrautunterdrückung und eine möglicherweise bessere Ausnutzung von Wasser und Nährstoffen für eine getrennte Aussaat sprechen.

2.5.3.3 Versuchsjahr 2018

Nachdem die Aussaat an beiden Standorten unter guten Bedingungen erfolgt war, gab es im Anschluss an die Aussaat in Grub einen starken Gewitterregen. Die Herbizidwirkung wurde nicht beeinträchtigt, so dass an beiden Standorten größtenteils saubere Bestände standen. Aufgrund technischer Probleme wurde die geplante Aussaatstärke von 7 Pfl/m² bei Mais nicht erreicht. In Freising betrug sie durchschnittlich 5,6 Pflanzen, in Grub 6,0 mit geringen Abweichungen zwischen den Prüfgliedern (Tab. 13). In Freising standen 5,5 Stangenbohnen je m². Weshalb die Bestandesdichte der Stangenbohnen in Grub nur 3,5 Pfl/m² betrug, konnte nicht abschließend geklärt werden.

Der Feldaufgang in Grub war gut und gleichmäßig, die ersten Pflanzen gingen nach etwa einer Woche auf. Im Gegensatz dazu war der Feldaufgang in Freising auch in diesem Jahr weniger gleichmäßig, besonders die Stangenbohnen waren Anfang Juni noch schlecht entwickelt (Abb. 30).



Abb. 30: Ungleichmäßiger Aufgang von Mais und Stangenbohnen in Freising, 7.6.2018

Ab Juni war es sehr warm, teilweise sogar heiß mit sehr viel Sonnenschein. Ende Juni war der Mais in Freising in seiner Entwicklung wesentlich weiter als die Stangenbohnen. Diese konnten ihre Startschwierigkeiten teilweise nicht aufholen, aber auch der Mais war mitunter sehr ungleich (Abb. 31).



Abb. 31: Jugendentwicklung von Mais und Stangenbohnen, Freising 25.6.2018

In Grub sahen die Stangenbohnen tendenziell etwas besser aus (Abb.32). An beiden Standorten gab es zwischen den Stangenbohnenorten keine offensichtlichen Unterschiede in der Entwicklung.



Abb. 32: Jugendentwicklung von Mais und Stangenbohnen, Grub 3.7.2018

Im Gegensatz zu vielen anderen Regionen Bayerns und Deutschlands gab es an beiden Standorten immer wieder zur richtigen Zeit ausreichend Niederschläge, sodass die Wasserversorgung für beide Arten ausreichend war und sich sehr gute Bestände entwickelten. Die Pflanzen waren nicht dem extremen Trockenstress wie 2017 im Frühsommer ausgesetzt, der das Wachstum des Mais sehr früh begrenzte. In Grub mit seinem durchlässigen Boden sah man dem Mais den Witterungsverlauf der Sommermonate jedoch an. Die Pflanzen waren schwächer als bei optimaler Wasserversorgung. Die Stangenbohnen hingegen hatten von den Regenschauern im August profitiert und teilweise noch einmal viel Masse gebildet, so dass der Mais niedergedrückt wurde bzw. unter der Last zusammenbrach (Abb. 33).



Abb. 33: Geschwächte Maispflanzen können dem Bohnenwachstum nicht standhalten, Grub 5.9.2018

In Freising variierte die Stangenbohnenentwicklung stark. Es gab Parzellen, bei denen man relativ problemlos zwischen den Reihen hindurchgehen konnte, aber auch welche mit üppiger Entwicklung, die den Mais herunterzogen (Abb. 34).



Abb. 34: Große Unterschiede in der Stangenbohnenentwicklung in Freising, 19.9.2018

Wie in den Vorjahren vergilbten die Bohnenblätter in den Parzellen relativ früh und begannen zu Boden zu fallen (Abb. 35). In Grub trat dieses Phänomen nicht auf, die Blätter waren in den meisten Parzellen zur Ernte noch frisch und grün.



Abb. 35: Stark aufgehellte Blätter bei den Stangenbohnen, Freising 19.9.2018

Die für das Jahr 2018 vergleichsweise günstige Kombination aus Temperatur und Niederschlagsverteilung führte an beiden Orten trotz der niedrigen Pflanzenzahlen zu hohen FM-Erträgen von durchschnittlich 626 dt/ha (572 bis 668 dt/ha) in Freising und 486 dt/ha (460 bis 503 dt/ha) in Grub, wo sich die FM-Erträge nicht signifikant unterschieden (Tab. 17). Die höchsten FM-Erträge wurden in Freising durch die mittelspäte Maissorte (PG 2) sowie Mischungen mit dieser Sorte erzielt. Der Ertrag der zweiten Maissorte war niedriger, wenn auch nicht signifikant.

Tab. 17: Durchschnittlicher Frischmasse- (FM-) und Trockenmasse- (TM-) Ertrag sowie Trockensubstanz- (TS-) Gehalt im Mais-Stangenbohnen-Anbauversuch des Erntejahres 2018 an den Standorten Freising und Grub (ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im SNK-Test, $\alpha = 5\%$)

Prüf- glied	Freising			Grub		
	FM (dt/ha)	TS (%)	TM (dt/ha)	FM (dt/ha)	TS (%)	TM (dt/ha)
1	628 ab	41,3 a	261 a	501 a	39,0 a	195 a
2	660 a	38,4 a	252 a	500 a	38,5 a	193 a
3	566 b	36,7 a	206 a	493 a	35,2 abc	173 ab
4	572 b	33,3 a	189 a	503 a	35,4 abc	178 ab
5	596 ab	34,6 a	205 a	498 a	35,0 abc	174 ab
6	602 ab	35,3 a	208 a	466 a	32,4 c	151 b
7	635 ab	34,9 a	219 a	462 a	37,3 ab	172 ab
8	668 a	34,7 a	230 a	460 a	37,6 ab	173 ab
9	668 a	35,1 a	231 a	500 a	33,1 bc	165 b
10	664 a	33,4 a	221 a	476 a	33,9 bbc	162 b
Mittel- wert	626	35,8	223	486	35,8	174

Die Ernte erfolgte 2018 an beiden Standorten zeitlich nahezu optimal, der durchschnittliche TS-Gehalt betrug jeweils 35,8 %. Die Mischungen lagen fast alle im gewünschten Bereich, nur der Mais hatte mit über 38 % bis zu 41,3 % bei PG 1 in Freising zu hohe Werte, die der gemeinsamen Ernte mit Fokus auf den Mischungen geschuldet waren. Der TM-Ertrag lag in Freising bei 223 dt/ha (189 bis 261 dt/ha) mit einem deutlichen Ertragsvorsprung der Maissorten. Der TM-Ertrag der Mischungen lag bei nur 83 % des Maisreinertrags. In Grub wurde mit durchschnittlich 174 dt/ha (151 bis 195 dt/ha) ebenfalls ein hoher TM-Ertrag erreicht. Die Maissorten lagen auch dort deutlich an der Spitze. Die Mischungen erreichten mit 87 % des Maisertrags einen etwas höheren Wert als in Freising. An beiden Orten wurden Werte bis zu 91 % erzielt, aber auch welche mit deutlich unter 80 %, die an den Standorten nicht identisch waren. Ein Grund dieser niedrigen Werte sind die sehr geringen Bestandesdichten bei Mais, die deutlich unter der angestrebten Mindestanzahl von 7 Pfl/m² lagen. Zudem war der Anteil gut ausgereifter Hülsen bei den Bohnen gering. Die Bohnen hatten während der Hitzeperiode im Sommer einen beträchtlichen Teil an Blüten abgeworfen und Hülsenansätze waren vertrocknet. Nach den Regenschauern im Spätsommer wurden zwar wieder Blüten gebildet und Hülsen angesetzt, diese waren aber zur Ernte noch wenig ausgereift.

In Freising gab es bei dem Faktor Stangenbohnenorte keinen Unterschied in der Maisanzahl mit 5,5 bzw. 5,6 Pfl/m², die Stangenbohnenanzahl lag zwischen 5,3 bei Mischungen mit Anellino Verde und 5,9 Pfl/m² bei Mischungen mit WAV 512. In Grub war die Bestandesdichte bei Mais mit 5,8 bis 6,2 Pfl/m² geringfügig höher. Die Mischungen mit der Stangenbohnenorte Anellino Giallo standen nur mit durchschnittlich 2,3 Pfl/m² auf der Fläche, den höchsten Stangenbohnenanteil hatten auch hier die Mischungen mit WAV 512 mit 4,1 Pfl/m². Der Grund für die niedrige Anzahl sowie die höheren Unterschiede in der Anzahl Stangenbohnen in Grub konnten nicht abschließend geklärt werden. Der Standort war zur Aussaat in einem guten Zustand, es gab keine offensichtlichen tierischen Schädlinge im/am Boden wie Schnecken oder Drahtwürmer und auch keinen Wildverbiss. Es ist unwahrscheinlich, dass die technischen Probleme bei der Aussaat die Stangenbohnen in Grub stärker beeinflusst haben. Der FM-Ertrag lag in Grub zwischen 471 und 499 dt/ha, in Freising zwischen 601 und 633 dt/ha im Durchschnitt einer Stangenbohnenorte. Im TS-Gehalt (34,0 bis 35,8 %) gab es in Freising keinen signifikanten Sorteneffekt. In Grub hatte die Kombination mit WAV 512, höchster Stangenbohnenanteil in Kombination mit gutem Bohnenwachstum, den niedrigsten TS-Gehalt mit 33,2 %. Die Mischungen mit Anellino Giallo (geringster Bohnenanteil), den durchschnittlich höchsten Wert mit 36,5 %. In Freising gab es keinen Effekt der Bohnensorte auf den Ertrag, der TM-Ertrag der Mischung betrug zwischen 82 und 85 % des Maisertrags. In Grub schnitten die Mischungen mit Anellino Verde (89 %), Anellino Giallo (90%) und Meraviglia di Venezia Grano Nero (87 %) etwas besser ab als die Mischungen mit WAV 512, die 81 % des TM-Ertrags des Mais erreichte. Der Stangenbohnenanteil dieser Mischung war höher, er war gut entwickelt und trug weniger zum TM-Ertrag bei.

Der Faktor Maissorte war in Freising und Grub für die Pflanzenanzahl nicht relevant. Der Mais erreichte in Freising bei beiden Verfahren 5,5 Pfl/m², die Stangenbohnen 5,5 Pfl/m² bei Mischung mit LG 30248 und 5,6 Pfl/m² bei Mischung mit Figaro. Mit jeweils 6,0 Pfl/m² war die Maisanzahl in Grub bei beiden Maissorten gleich. Bei Mischungen mit der frühen Maissorte standen in Grub 3,3 Pfl/m² Stangenbohnen auf der Fläche und bei den anderen Mischungen durchschnittlich 2,9 Pfl/m². Der TS-Gehalt unterschied sich zwischen den Sorten an beiden Standorten im Durchschnitt nicht und lag zwischen 34,5 und 35,5 %. Das Leistungsniveau der Maissorten spiegelte sich in Grub auch in den Mischungen wider, sowohl die Sorten *per se* als auch die Mischungen mit den entsprechenden Sorten unterschieden sich im Ertrag nicht. In Freising hatte die spätere Sorten wie auch die Mischungen mit dieser einen höheren FM-Ertrag. Der TM-Ertrag war hingegen bei der frühen Sorte etwas höher, was sich in den Mischungen so

nicht zeigte. Vermutlich war bei der frühen Maissorte allein bereits wesentlich mehr Stärke in den Kolben verlagert worden. Bei den Mischungen mag sich der Mais aufgrund von Beschattung weniger gut gefüllt haben. In Grub betrug der durchschnittliche Mischungsertrag 87 % des Maisertrags bei beiden Sortenkombinationen. Einen deutlichen Abfall gegenüber dem Mais mit nur 78 % wiesen die Mischungen mit der frühen Maissorte in Freising auf. Demgegenüber stand der sehr gute Wert von 89 % bei den Mischungen mit der späteren

2.5.3.4 Versuchsjahr 2019

Nach der Aussaat am 8.5. war es in Freising relativ kühl und trocken. Der Mais war Ende des Monats aufgegangen, die Stangenbohnen taten sich noch etwas schwerer (Abb. 36) und kamen teilweise gerade erst aus der Erde bzw. waren noch nicht sichtbar.



Abb. 36: Zögerlicher Aufgang von Mais und Stangenbohnen in Freising, 29.5.2019

Eine Woche später in Grub standen die Pflanzen nach Aussaat am 14.5. ebenfalls in Reihe. Dort sahen die Stangenbohnen frischer aus und waren besser aufgelaufen (Abb. 37).



Abb. 37: Gleichmäßiger Aufgang von Mais und Stangenbohnen in Grub, 4.6.2019

In Freising hingegen quälten sich in der ersten Junidekade immer noch Stangenbohnen aus der Erde. Es zeigten sich bereits erste Trockenrisse an der Oberfläche, die Entwicklung seit Ende Mai war zögerlich (Abb. 38).



Abb. 38: Trockenheit erschwert Keimung und Aufgang von Mais und Stangenbohnen, Freising 8.6.2019

Im weiteren Verlauf erholten sich die Pflanzen. Der Sommer war erneut warm und teilweise trocken. Wie bereits 2018 regnete es aber immer wieder zu richtigen Zeit, so dass extremer Trockenstress auch 2019 ausblieb. Es entwickelten sich alle Maissorten und die Stangenbohne WAV 612 sehr gut. In diesem Jahr war es auch nicht über einen längeren Zeitraum sehr heiß und trocken, so dass es nicht den Abwurf von Blüten und Hülsen gab wie im Vorjahr. Es gab Stangenbohnen, die von unten bis oben gefüllte Hülsen aufwiesen.

Vor der Ernte gab es in Grub sonniges Spätsommerwetter, das die Abreife des Maises beschleunigte und den Stangenbohnen noch einmal sehr gute Wachstumsbedingungen gab. Teilweise wurde wieder der Mais nach unten gedrückt (Abb. 39).



Abb. 39: Erntetag in Grub, 24.9.2019

Der leichte Bodenfrost an beiden Standorten am 20.9. hatte keinen relevanten Effekt. Das Spektrum von eher schwach entwickelten Bohnenbeständen bis hin zu Parzellen, in denen der Mais nach unten gezogen oder gedrückt wurde, zeigte sich auch in Freising (Abb. 40). Der Bruch der Maispflanzen wurde durch den Befall mit dem Maiszünsler gefördert.



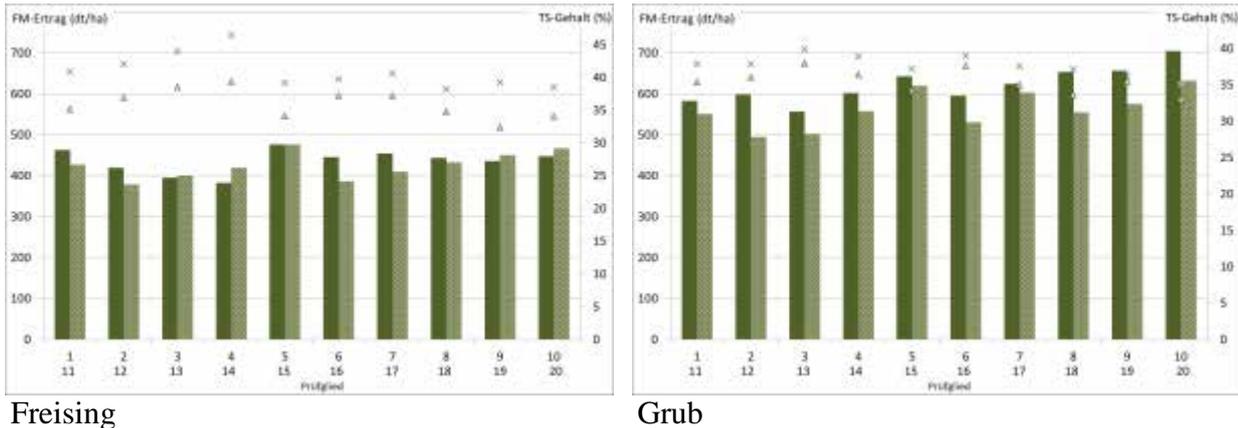
Abb. 40: Unterschiedliche Stangenbohnenentwicklung in Freising kurz vor der Ernte, 8.10.2019

Zur Ernte am 10.10. waren die Maiskolben wie auch die Hülsen der Stangenbohnen in Freising gut entwickelt (Abb. 41).



Abb. 41: Ernte der Mais-Stangenbohnen-Mischungen bei guter Ausbildung von Kolben und Hülsen, Freising 10.10.2019

Die nahezu optimalen Wachstumsbedingungen führten 2019 vor allem in Freising zu hohen Erträgen. So betragen die FM-Erträge in Freising durchschnittlich 633 dt/ha bei Mais und 572 dt/ha bei den Mischungen (Tab. 4A). In Grub lagen die entsprechenden Werte bei 432 und 425 dt/ha. Dort zeigte sich das Problem einer gemeinsamen Ernte von Mais und Mischungen in Bezug auf den TS-Gehalt deutlich. Bei Mais betrug der TS-Gehalt im Mittel 40,9 % und war bei allen Sorten deutlich über 35 % (38,2 bis 46,4 %). Aufgrund der guten Bohnenentwicklung war der TS-Gehalt der Mischungen mit durchschnittlich 36,0 % wesentlich niedriger, wobei die Werte zwischen 32,4 bis 39,4 % schwankten. In Freising war die Bohnenentwicklung etwas schwächer, der Unterschied im TS-Gehalt war geringer und betrug bei Mais 37,6 % (35,1 bis 39,0 %) und bei den Mischungen 35,5 % (33,1 bis 37,9 %).



Freising

Grub

Abb. 42: Frischmasse- (FM-) Ertrag der Maissorten (Balken dunkel) und Mais-Stangenbohnen-Mischungen (Balken heller) sowie Trockensubstanz- (TS-) Gehalt der Maissorten (Kreuz) und Mais-Stangenbohnen-Mischungen (Dreieck) in Freising und Grub 2019

Die FM-Erträge vom Mais bewegten sich in Freising in einem Bereich von fast 600 bis über 700 dt/ha (Abb. 42), wobei die Erträge erwartungsgemäß zu den späteren Sorten hin anstiegen. Auffällig war PG 5, das sowohl in Freising als auch in Grub einen hohen FM-Ertrag sowohl bei Mais als auch als Mischung zeigte. Die FM-Erträge der Mischungen waren in Freising im Durchschnitt 90 % (83 bis 96 %) niedriger als die entsprechenden FM-Erträge bei Mais. In Grub stiegen die FM-Erträge weniger stark an als in Freising und lagen etwa zwischen 380 und 460 dt/ha. Die FM-Erträge der Mischungen betragen im Durchschnitt 98 % des Maisertrags. Der Mischungsertrag lag bis zu 10 % über dem des entsprechenden Reinertrags. Da der Beitrag der Stangenbohnen zum TM-Ertrag deutlich geringer ist als der des Mais, schlug sich dieser Vorteil nicht in entsprechendem Maße in den TM-Erträgen wider. Diese lagen in Grub im Durchschnitt 87 % (79 bis 93 %) unter dem Maisertrag. Aufgrund des geringeren Bohnenanteils war der Unterschied zwischen FM- und TM-Ertrag in Freising geringer. So betrug der durchschnittliche TM-Ertrag der Mischungen 85 % (77 bis 90 %) des Maisertrags. Die Werte bewegten sich somit in dem Bereich; der in den anderen Jahren bzw. Versuchen festgestellt wurde. Wie auch in den anderen Versuchsjahren, war die Bestandesdichte bei Mais geringer als angestrebt. Ein höherer Ertrag der Mischungen kann erwartet werden, wenn die optimale Maisanzahl erreicht wird.

2.4.4 Zusammenfassung und Ausblick

Die Aussaat erfolgte tendenziell etwas später als bei Mais allein. Dies hatte zum einen versuchstechnische und organisatorische Gründe. Zum anderen sind die Stangenbohnen immer noch relativ kälte-/frostempfindlich, so dass von einer zu frühen Saat abzuraten ist. Teilweise war die etwas spätere Saat sogar eher von Vorteil, da die Bestände zu Beginn der Trockenheit im Frühsommer noch nicht so groß waren und der Wasserbedarf noch etwas geringer war als bei den normal gesäten Beständen. Die Züchtung der Stangenbohnen geht aber auch in Richtung Kälte/Frosttoleranz, so dass es mit der nächsten Generation Stangenbohnen möglich sein sollte, früher zu säen, um so das volle Ertragspotential des Mais auszunutzen.

Soll eine gemeinsame Ernte von Mais sowie Mais-Stangenbohnen-Mischungen erfolgen, so ist die Reife der Maissorte entsprechend anzupassen. Besonders an Standorten wie Grub, wo der Bohnenanteil in allen Jahren höher war als in Freising und den TS-Gehalt spürbar nach unten gezogen hat, ist für die Mischungen eine Maissorte zu wählen, die früher ist als die Maissorte die üblicherweise für den Reinanbau gewählt wird, da ansonsten der TS-Gehalt im Vergleich zum reinen Mais zu sehr absinkt und die Silierfähigkeit gesenkt wird. Alternativ wäre auch eine spätere Sorte für den Maisanbau ohne Stangenbohne möglich, sofern dies von der zur Verfügung stehenden Vegetationszeit und betrieblichen und überbetrieblichen Abläufen möglich ist. Es gibt inzwischen bereits fertig gemischte Mais-Stangenbohnen-Mischungen. Allerdings sind diese für den Landwirt nur brauchbar, wenn die entsprechende Maissorte von der Reife her zu seinem Standort und zu seiner betrieblichen Planung passt. Wenn die Bedingungen Stängelfäule Resistenz und Standfestigkeit erfüllt werden, gibt es in der Regel keinen Sorteneinfluss auf das Verhältnis zwischen Ertrag Mais und Ertrag Mischung. Maissorten mit einer raschen Jugendentwicklung sind zu empfehlen, da die Stangenbohne sonst schnell zur Konkurrenz werden und den Mais im Wachstum behindern kann.

Bei den Stangenbohnen ist die Auswahl bisher noch gering, wobei weiterhin an der züchterischen Verbesserung der Bohne an das gemeinsame Anbausystem gearbeitet wird (Leiser 2020). Züchterische Ziele wie Phasinarmut oder ein kleiner Bohnenkern, der die Aussaat erleichtert und die Kosten senkt, sind bereits erreicht worden. In der Zukunft soll das Potential in Richtung Ertrag, Kältetoleranz und Proteingehalt züchterisch genutzt werden, so dass für die nächsten Jahre mit einem weiteren Zuchtfortschritt auf der Seite der Stangenbohnen und Ertragssteigerungen des Systems zu rechnen ist.

Die Herbizidbehandlung mit *Stomp Aqua* und *Stecrum* war in nahezu allen Versuchen geeignet, die Parzellen unkrautfrei zu halten. In Freising trat teilweise Kartoffeldurchwuchs auf, der jedoch nicht ertragslimitierend war. Ein großer Teil der Pflanzen wurde durch Kartoffelkäfer reduziert. In Grub trat 2017 in einigen Parzellen im Laufe des Sommers Gänsefuß auf, welcher aber nicht mehr zur Konkurrenz für die Bestände wurde. Grundsätzlich sollten Flächen gemieden werden, die einen hohen Unkrautdruck aufweisen. Es gibt zurzeit nur die zwei genannten Herbizide zur Vorauflaufbehandlung sowie *Focus Ultra*, zur Bekämpfung von Gräsern im Nachauflauf bei *cycloxydim*-resistenten Maissorten. Wenn die Bekämpfungsstrategie misslingt, dann bleibt nur eine mechanische Unkrautbekämpfung, wenn beide Kulturen erhalten bleiben sollen. Aus diesem Grund ist auch die Verteilung der Reihen an eine mögliche oder im ökologischen Anbau geplante mechanische Unkrautbekämpfung anzupassen.

In dieser Projektphase wurde die gemeinsame Ablage mit Mais und Stangenbohnen in einer Reihe bei 75 cm Reihenabstand sowie die getrennte Ablage mit Stangenbohnen links und rechts neben der Reihe geprüft, wobei die zweite Methode unter technischen Schwierigkeiten litt. Die gemeinsame Aussaat ist am einfachsten zu handhaben, allerdings ist die Aussaattiefe ein Kompromiss, der zugunsten vom Mais als Hauptertragsbildner ausfällt. Bei der getrennten

Aussaat sind die Pflanzen breiter verteilt und können möglicherweise die Ressourcen besser nutzen sowie den Boden schneller beschatten, was Unkrautentwicklung und Verdunstung reduziert. Die Aussaat ist jedoch aufwändiger, sofern keine Technik für einen gemeinsamen Arbeitsgang vorhanden ist. Der TM-Ertrag unterschied sich zwischen den Verfahren nicht. Prinzipiell sind alle Methoden möglich, die auch zur Aussaat von Mais verwendet werden. Es sollte jedoch eine mechanische Unkrautbekämpfung durchführbar sein.

Die Bestandesdichte von 5:5 Pflanzen ist zu niedrig um akzeptable Erträge zu erzielen. Die getestete Bestandesdichte von 7:7 Pflanzen funktioniert nur, wenn die Stangenbohnen wenig zum Ertrag beitragen, was aber nicht das Ziel der Mischung ist. Bei massewüchsigen Bohnen oder tendenziell eher schwächerem Mais wie z.B. in Grub ziehen sie den Mais hinunter, und es folgen Ertrags- und Qualitätseinbußen. Die Maisanzahl sollte daher über der der Stangenbohnen liegen. In Abhängigkeit vom Anbauziel wie Diversitätssteigerung oder Proteinerhöhung und der Bestandesentwicklung der Stangenbohne sind Mischungsverhältnisse von 7:5 oder 8:4 unter normalen Bedingungen zu empfehlen. Die Anzahl an Stangenbohnen kann in Abhängigkeit von der Wüchsigkeit des Bohntyps und dem Anbauziel in einem gewissen Maß variiert werden. Die Mindestanzahl an Maispflanzen von 7 bis 8 Pfl/m² soll den Ertrag sichern, auch wenn die Stangenbohne komplett ausfallen sollte.

Die FM-Erträge der Mischungen lagen bei einzelnen Prüfgliedern bis zu 10 % über dem entsprechenden Maisreinertrag. Besonders am schwächeren Standort Grub war ein hohes Bohnenwachstum zu verzeichnen. In Freising entwickelten sich die Stangenbohnen weniger gut, die Masse war geringer. Aus diesem Grund war die Differenz zwischen FM- und TM-Ertrag in Grub zumeist größer als in Freising. Die durchschnittlichen TM-Erträge der Mischungen lagen in Grub in den Jahren zwischen 85 und 95 % des Maisreinertrags und in Freising bei 83 bis 87 %, dabei waren die Ertragsunterschiede zwischen den Mischungen und dem Mais nicht immer signifikant. In den Anbauversuchen war die Maisanzahl teilweise unter der Schwelle von 7 Pfl/m². Bei der Bewertung der Parzellenerträge muss immer beachtet werden, dass die Erträge aufgrund von Randeffekten meistens im Vergleich zu Praxiserträgen überbewertet werden.

In Freising begannen die Blätter bereits im Spätsommer heller zu werden, zu vergilben und abzufallen. Dieses Phänomen trat in Grub nicht auf. Möglicherweise war die Stickstoffaufnahme und -nutzung der Stangenbohnen in Grub besser. Freising ist ein gut versorgter Standort, an dem die Stangenbohnen möglicherweise lange auf die energieaufwändigere Stickstofffixierung aus der Luft verzichtet haben und als der Bedarf da war, nicht mehr entsprechend reagieren konnten. Dieser Stickstoff fehlte dann aber unter Umständen dem Mais, was neben der schwächeren Bohnenentwicklung ein Grund für die geringeren TM-Erträge der Mischungen im Vergleich zum Reinbestand sein kann.

Es ist zu erwarten, dass die Differenz im TM-Ertrag zwischen Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischanbau bei optimaler Maisanzahl geringer ist. Dann wäre der Mischanbau aus Mais und Stangenbohnen ein Anbausystem, das mit etablierter Technik vergleichbare Erträge wie beim Maisanbau bringt und zudem eine Möglichkeit zur Steigerung der Artenvielfalt ist.

2.5 Mais-Stangenbohnen-Mischanbau Düngeversuch

2.5.1 Aufgabenstellung

Leguminosen werden oft mit anderen Kulturarten zusammen angebaut, um die Leguminose als proteinreichen Grundfutteranteil z.B. in einer Kleegrasmischung zu nutzen. Alternativ gibt es Mischungen, in denen die Körner verarbeitet werden und teilweise die einzelnen Arten nach dem Drusch getrennt werden. Viele dieser Mischungen werden im ökologischen Landbau angebaut. Es wird das Vermögen der Leguminose genutzt, mithilfe der Knöllchenbakterien selbst Stickstoff (N) zu fixieren. Dieser wird von der Leguminose, aber auch in einem unterschiedlichen Umfang vom Mischungspartner genutzt. Zudem steht der fixierte Stickstoff nach der Mineralisierung der Folgekultur zur Verfügung, so dass häufig Kulturen mit hohem N-Anspruch nach Klee gras in der Fruchtfolge stehen.

Bei dem Anbausystem aus Mais und Stangenbohne stellt sich die Frage, wie gut sich die Stangenbohne selbst versorgen kann. Wieviel Stickstoff kann durch die Leguminose eingespart werden? Wie ist die Ertragsentwicklung bei unterschiedlicher N-Versorgung? Um der Beantwortung dieser Fragen näher zu kommen, wurde in drei Jahren ein Versuch mit unterschiedlichen Stufen der N-Düngung an einem gut versorgten (Freising) und einem weniger gut versorgten (Grub) Standort durchgeführt.

2.5.2 Material und Methoden

Im Versuch zur N-Düngung von Mais-Stangenbohnen-Mischungen wurden 2017 bis 2019 in Grub und Freising N-Steigerungsversuche angelegt. Die Düngung erfolgte nur mineralisch. In der Tabelle 18 sind die Varianten vorgestellt. Bei der ersten Variante wurde kein N-Dünger gegeben, bei den weiteren Varianten wurde von der Zieldüngemenge der N_{min}-Gehalt abgezogen. Die Versorgung mit 170 kg N liegt in Freising unter dem ortsüblichen Düngebedarf für Silomais.

Tab. 18: Übersicht über die N_{min}-Gehalte sowie Zieldüngemengen im Düngeversuch 2017 - 2019

Ort	Stufe 1= N _{min} kg/ha	Stufe 2 kg/ha	Stufe 3 kg/ha	Stufe 4 kg/ha	Stufe 5 kg/ha
2017					
Freising	45	50	100	150	200
Grub	25	50	100	150	200
2018					
Freising	60	80	120	160	200
Grub	30	50	90	130	170
2019					
Freising	45	55	90	130	170
Grub	23	50	90	130	170

Als Maissorte diente in allen Jahren die Sorte Figaro. Die Stangenbohnsensorten waren die Sorte WAV 512 sowie Anellino Verde in 2017 und 2018. Im Jahr 2019 wurde WAV 512 durch WAV 612 ausgetauscht. WAV 612 ist eine minimale züchterische Weiterentwicklung der WAV 512. Die Zielpflanzenanzahl in den Mischungen war 7 Pfl/m² bei Mais und 5 Pfl/m² bei Stangenbohne. Als Vergleichsvariante diente Mais solo mit 9 Pfl/m². Die Parzellen wurden achtreihig angelegt, um Randeffekte durch die Düngung der benachbarten Parzellen auf die Erntereihen zu minimieren. Es wurden die mittleren zwei Reihen geerntet.

Von Parzellen der Stufen 1, 3 und 5 wurden aus der Mitte der Reihen, die neben den Erntereihen lagen, Pflanzen herausgeschnitten. Die Proben wurden zur LfL gefahren und dort in Stangenbohne und Mais separiert. Das Material wurde mit einem Standhäcksler zerkleinert und die FM erfasst. Anschließend wurde das gesamte Material schonend getrocknet. Nach der Trocknung wurden der TS-Gehalt sowie die Anteile von Mais und Stangenbohnen berechnet.

In den Jahren 2018 und 2019 wurden die Inhaltsstoffe mit NIRS (Nahinfrarotspektroskopie) mit den Kalibrationsgleichungen des VDLUFA Netzwerks bestimmt (siehe 2.6.4), zudem 2019 der Rohproteingehalt nassanalytisch ermittelt.

2.5.3 Ergebnisse und Diskussion

2.5.3.1. Ergebnisse und Diskussion 2017

Bei der Aussaat der Bohnen neben die Maisreihen gab es technische Probleme, so dass die gewünschte Ablagetiefe nicht immer erreicht wurde, was zu Ungleichmäßigkeiten im Feldaufgang führte (Abb. 43).



Abb. 43: Ungleichmäßiger Feldaufgang der Stangenbohnen, Freising 1.6.2017

Zudem war die Saatgutverteilung zwischen den Reihen nicht gleich, so dass in einigen Reihen zu viele, in anderen Reihen zu wenige Bohnen standen. Die Ungleichmäßigkeiten konnten nicht alle durch das Vereinzeln vollständig ausgeglichen werden (Tab. 19). Insgesamt war der Aufgang der Stangenbohnen in Grub etwas schlechter als in Freising. In Grub war auch der Anteil an Anellino Verde in der Mischung über alle fünf N-Stufen mit 4,3 Pfl/m² deutlich geringer als die angestrebten 5 Pfl/m², die von den anderen Kombinationen in Grub und Freising mit 4,9 bzw. 5,0 im Durchschnitt erreicht wurden.

Tab. 19: Übersicht über die Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen, die 2017 im Düngerversuch geprüft wurden

Prüf- glied	N- Stufe	Mais			Stangenbohne				
		Sorte	Anzahl Pflanzen/m ²			Sorte	Anzahl Pflanzen/m ²		
			Ziel	Ist Freising	Ist Grub		Ziel	Ist Freising	Ist Grub
1	1	Figaro	9,0	9,3	9,4	-	-	-	-
2	2	Figaro	9,0	9,4	9,2	-	-	-	-
3	3	Figaro	9,0	9,6	8,9	-	-	-	-
4	4	Figaro	9,0	9,4	9,4	-	-	-	-
5	5	Figaro	9,0	9,4	9,5	-	-	-	-
6	1	Figaro	7,0	7,1	6,9	WAV 512	5,0	5,1	4,8
7	2	Figaro	7,0	7,3	7,1	WAV 512	5,0	5,2	4,6
8	3	Figaro	7,0	7,1	7,1	WAV 512	5,0	4,8	5,0
9	4	Figaro	7,0	7,2	7,3	WAV 512	5,0	4,9	5,0
10	5	Figaro	7,0	7,1	7,1	WAV 512	5,0	4,9	5,1
11	1	Figaro	7,0	7,3	7,3	Anellino Verde	5,0	5,0	4,8
12	2	Figaro	7,0	7,4	7,3	Anellino Verde	5,0	4,9	3,7
13	3	Figaro	7,0	7,2	7,1	Anellino Verde	5,0	4,9	4,4
14	4	Figaro	7,0	7,4	7,3	Anellino Verde	5,0	4,8	4,0
15	5	Figaro	7,0	7,2	7,5	Anellino Verde	5,0	5,1	4,4

Sowohl Mais als auch Bohnen zeigten eine gute Jugendentwicklung (Abb. 44.). In Grub trat in einigen Parzellen Melde auf, in Freising waren es Kartoffeln, die beim Vereinzeln entfernt wurden bzw. vom Kartoffelkäfer gefressen wurden.



Freising, 16.6.2017



Grub, 16.6.2017

Abb. 44: Jugendentwicklung in Freising und Grub

Anfang Juli litten die Pflanzen bereits erheblich unter Trockenstress. Die Bodenverhältnisse des Düngerversuchs waren in Grub sehr inhomogen, so dass es sowohl gute Parzellen gab als auch welche, die bereits erhebliche Schädigungen zeigten (Abb. 45). Teilweise kamen bereits erste Rispen heraus. Der Mais hatte bereits auf die generative Entwicklung umgestellt, so dass bereits jetzt abzusehen war, dass die Maiserträge bei diesen Parzellen schlecht werden würden.



Abb. 45: Trockenstress in Grub, 7.7.2017

In Freising standen Mitte Juli zum großen Teil gut entwickelte Pflanzen auf der Fläche (Abb. 46). Einerseits hält der Boden das Wasser besser, zum anderen hatte es in der Woche vor der Fotoaufnahme über mehrere Tage verteilt fast 40 l/m² Niederschlag gegeben, so dass sich die Pflanzen erholt hatten.



Abb. 46: Gut entwickelte Mais- und Stangenbohnenpflanzen am 14.7.17 in Freising

Im Laufe der folgenden Wochen erholten sich die Bohnen in Grub gut. Die Wasserversorgung war ausreichend. Der Mais konnte diesem Wachstum nur bedingt standhalten. Teilweise war der Mais zu schwach, um die Bohnen tragen zu können und brach zusammen. In Abhängigkeit vom Standort auf der Fläche und der Nährstoffversorgung war die Variation zur Ernte am 25.9.17 im Maisbestand hoch (Abb. 47).

Mais



Mais-Stangenbohnen-Mischung



Ungünstiger Standort, geringe N-Versorgung



Ungünstiger Standort, mittlere N-Versorgung



Ungünstiger Standort, volle N-Versorgung

Abb. 47: Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen in Grub zur Ernte am 25.9.2017

In Freising war den Maispflanzen zur Ernte die nicht immer optimale Witterung anzusehen (Abb. 48). Die Stangenbohnen hatten sich vergleichsweise noch gut entwickelt. Zur Ernte waren aber bereits viele Blätter abgefallen und die restlichen waren vielfach hellgrün bis gelb. Bei den höheren N-Stufen war die Masse bisweilen so hoch, dass der geschwächte Mais an den Parzellenrändern, an denen die Bohnen besonders üppig waren, nach unten gezogen wurde.

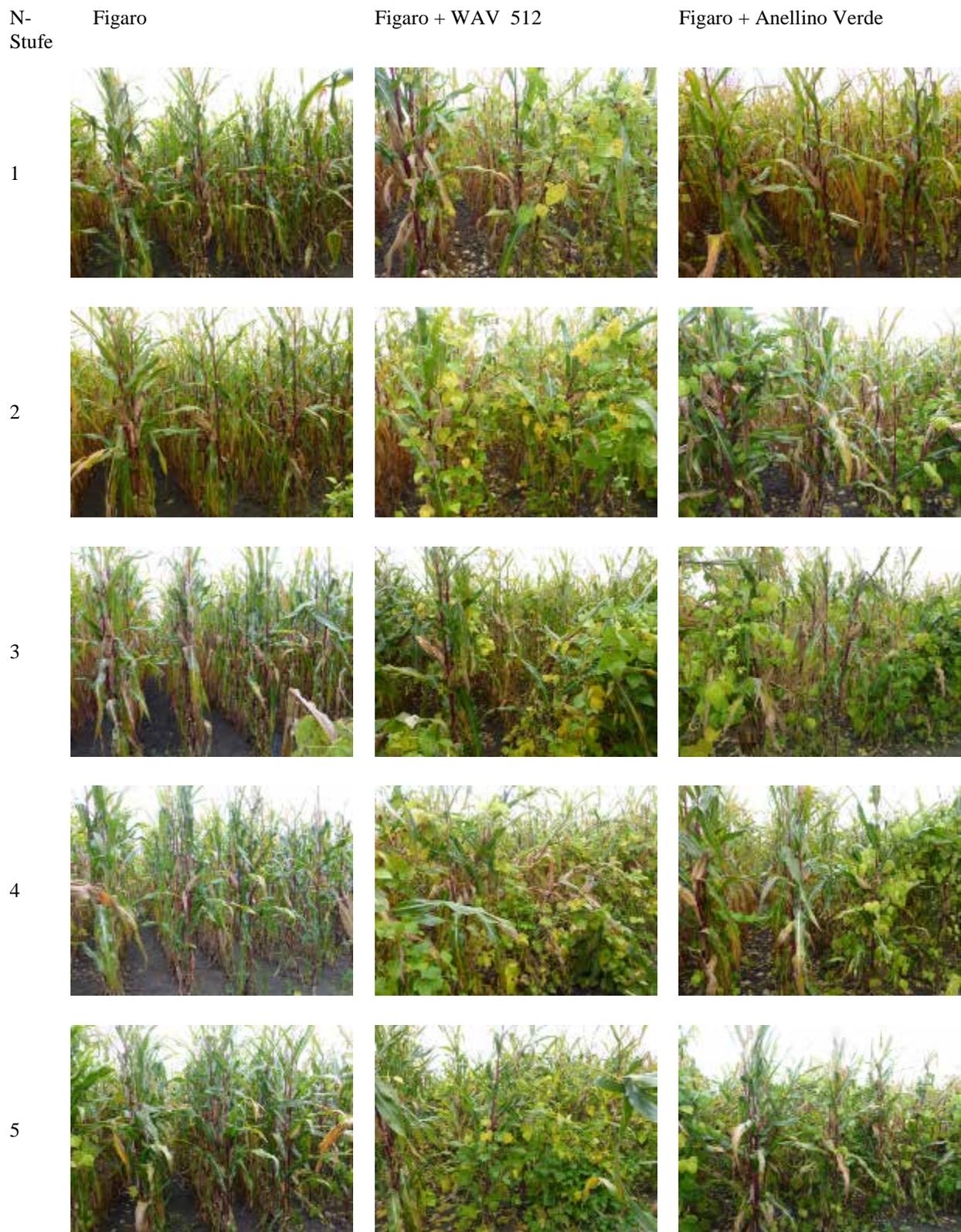


Abb. 48: Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen in Freising am 2.10.2017

Zur Ernte am 10.10. erreichte der Mais im Mittel der fünf N-Stufen an beiden Standorten Etwa 41 % TS (Tab. 5A), was deutlich zu hoch ist. Der TS-Gehalt der Mischungen war aufgrund des Stangenbohnenanteils an beiden Standorten geringer. In Grub betrug er für die Mischung Figaro + WAV 512 37,1 %, für die Mischung Figaro + Anellino Verde 38,5 % im Durchschnitt der fünf N-Stufen. In Freising war der durchschnittliche TS-Gehalt jeweils etwa 1 % höher. In Grub gab es einen tendenziellen Abfall im TS-Gehalt bei den höheren N-Stufen. Diese waren besser versorgt und hatten einen höheren Anteil an frischem Pflanzenmaterial. In Freising zeigte sich zwischen den einzelnen Stufen kein einheitliches Bild im TS-Gehalt.

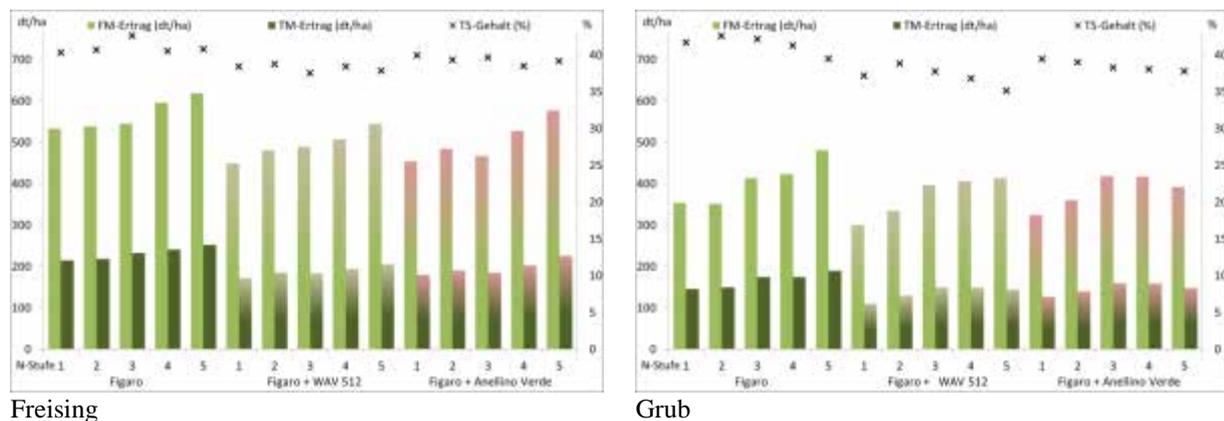


Abb. 49: Trockensubstanz- (TS-) Gehalt sowie Frischmasse- (FM-) und Trockenmasse- (TM-) Ertrag von Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen im Düngerversuch 2017

In Freising stieg der FM-Ertrag bei allen Varianten mit zunehmender N-Düngung kontinuierlich an (Abb. 49). Über den Reinanbau und die Mischungen gemittelt betrug die Steigerung etwa 100 dt/ha (Tab. 20) auf 580 dt/ha. In Freising unterschieden sich die Varianten mit geringer Düngung und die mit der höchsten Düngung signifikant voneinander. In Grub stieg der FM-Ertrag bei Mais ebenfalls gleichmäßig um insgesamt etwa 100 dt/ha auf 429 dt/ha an. Dort gab es bei den Mischungen aber nur über die ersten drei N-Stufen einen entsprechenden Anstieg. Von der dritten bis zu fünften N-Stufe stieg der FM-Ertrag nur minimal in der Kombination mit WAV 512 oder sank sogar etwas in der Mischung mit Anellino Verde. Die Mischungen mit den Stangenbohnen reagierten sehr ähnlich. Es gab keine signifikanten Unterschiede oder Wechselwirkungen mit der Düngung oder dem Standort.

Die Kombination aus FM-Ertrag und TS-Gehalt führte an beiden Standorten beim Reinbestand zu einem Anstieg im TM-Ertrag von der ersten bis zur fünften N-Stufe von 215 auf 252 dt/ha in Freising und 146 bis 189 dt/ha in Grub, was einem Anstieg von 17 bzw. 30 % entspricht. Die Mischungen zeigten in Freising einen Ertragsanstieg von der ersten bis zur fünften N-Stufe. In Grub gab es diesen Anstieg nur bis zur dritten Stufe. Danach blieb der TM-Ertrag etwa auf demselben Niveau.

Die FM- und TM-Erträge waren bei allen Vergleichen innerhalb einer N-Stufe beim Reinbestand höher als bei den Mischungen. In Grub lagen die FM-Erträge der Mischungen im Durchschnitt bei 92 % des Maisreinertrags, in Freising bei 88 %. Bei den TM-Erträgen waren die Mischungen mit Anellino Verde mit 85 % in Freising und 88 % in Grub etwas besser im Vergleich zum Reinertrag als die Mischungen mit WAV 512 mit durchschnittlich 81 % und 82 %. Der Maximalwert lag in Freising bei 90 % und in Grub bei 94 %. Es gab keinen Effekt der Düngestufe auf das Verhältnis der Erträge zueinander.

Tab. 20: Mittelwerte von Frischmasse (FM-) und Trockenmasse- (TM-) Ertrag und Trockensubstanz (TS-) Gehalt über alle Prüfglieder im Düngerversuch in Freising und Grub 2017 (ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im SNK-Test, $\alpha = 5\%$)

N-Stufe	FM-Ertrag (dt/ha)		TS-Gehalt (%)		TM-Ertrag (dt/ha)	
	Freising	Grub	Freising	Grub	Freising	Grub
1	478 b	326 a	39,6 a	39,6 a	189 c	128 b
2	501 b	349 a	39,6 a	40,3 a	198 bc	140 ab
3	500 b	410 a	39,9 a	41,6 a	200 bc	170 a
4	543 ab	415 a	39,1 a	38,9 a	213 ab	162 a
5	580 a	429 a	39,2 a	37,6 a	228 a	162 a

Sowohl in Freising als auch in Grub lag das Ertragsniveau der ungedüngten Variante bei etwa 80 % der vollgedüngten Variante. Die Stufe 5 unterschied sich in Freising nicht signifikant von der Stufe 4 und in Grub nicht von Stufe 2 bis Stufe 4. In Grub betrug der Ertragsanstieg von Stufe 1 bis zum höchsten Ertrag etwa 30 %.

2.5.3.2. Ergebnisse und Diskussion 2018

Die Versuchsfläche war in Freising relativ homogen, in Grub wurde der Boden zur einen Versuchsseite hin kiesiger, was sich im Laufe der Zeit in schwächeren Wachstum zeigte. Das Saatgut wurde gemeinsam ausgesät, was aufgrund der ähnlichen Korngröße (Abb. 50) unproblematisch ist.



Abb. 50: Körner von Mais und WAV 512

Wie auch beim Anbauversuch war der Feldaufgang in Grub gut und gleichmäßig. In Freising war der Aufgang unregelmäßiger, besonders bei den Stangenbohnen. Die technischen Probleme bei der Aussaat gab es auch in diesem Versuch. Bei Mais wurde die geplante Anzahl bei Reinsaat erreicht (Tab. 21), in den Mischungen wurden nur 5,9 Pfl/m² statt der geplanten 7 Pfl/m² gezählt. Die Stangenbohnenanzahl lag bei den geplanten 5 Pfl/m² oder minimal darunter. Eine Ausnahme bildete die Sorte Anellino Verde, die in Grub bei allen Varianten mit 1,9 bis 3,3 Pfl/m² deutlich unter der Zielmarke lag. Weshalb diese Sorte so schlecht war, konnte nicht abschließend geklärt werden. Es handelte sich um dasselbe Saatgut wie im Anbauversuch, in dem sich Anellino Verde im Aufgang nicht von den anderen Sorten unterschied.

Tab. 21: Übersicht über die Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen, die 2018 im Düngerversuch geprüft wurden

Prüf- glied	N- Stufe	Mais				Stangenbohne			
		Sorte	Anzahl Pflanzen/m ²			Sorte	Anzahl Pflanzen/m ²		
			Ziel	Ist Freising	Ist Grub		Ziel	Ist Freising	Ist Grub
1	1	Figaro	9,0	9,0	8,9	-	-	-	-
2	2	Figaro	9,0	9,0	8,9	-	-	-	-
3	3	Figaro	9,0	9,0	8,8	-	-	-	-
4	4	Figaro	9,0	9,1	8,7	-	-	-	-
5	5	Figaro	9,0	9,0	8,6	-	-	-	-
6	1	Figaro	7,0	5,5	6,0	WAV 512	5,0	5,0	5,2
7	2	Figaro	7,0	6,0	6,0	WAV 512	5,0	5,0	4,9
8	3	Figaro	7,0	6,0	6,0	WAV 512	5,0	5,0	4,9
9	4	Figaro	7,0	5,7	6,0	WAV 512	5,0	4,8	4,9
10	5	Figaro	7,0	5,8	6,0	WAV 512	5,0	4,8	4,9
11	1	Figaro	7,0	6,1	6,0	Anellino Verde	5,0	4,8	1,9
12	2	Figaro	7,0	6,1	5,9	Anellino verde	5,0	4,9	2,3
13	3	Figaro	7,0	6,1	6,1	Anellino Verde	5,0	4,8	3,0
14	4	Figaro	7,0	5,7	5,8	Anellino Verde	5,0	4,7	3,3
15	5	Figaro	7,0	5,8	5,6	Anellino Verde	5,0	4,7	2,8

Ende Mai wurde die Versuchsfläche umzäunt, um sie vor Wildverbiss zu schützen (Abb. 51).



Freising, 28.5.2018



Grub, 28.5.2018

Abb. 51: Schützen der Jungpflanzen vor Wildverrbiss mit einem Zaun

Der Entwicklungsverlauf entsprach im Weiteren dem Anbauversuch. Die Stangenbohnen hatten in Freising leichte Probleme im Feldaufgang, die sie nicht vollständig aufholen konnten, aber auch der Mais war teilweise ungleich aufgegangen, erholte sich dann aber gut. Die Stangenbohnen Sorten zeigten keine Unterschiede in der Entwicklung. Ende Juli traten zwischen den Düngestufen bei den Mais-Stangenbohnen-Mischungen an beiden Standorten kaum Unterschiede auf. Beide Arten legten innerhalb der Woche zwischen den zwei Fototerminen in Freising erheblich an Masse zu (Abb. 52). Es wurde jeweils dieselbe Parzelle aufgenommen.

Die Temperaturen waren sehr hoch, aber es hatte kurz vor dem ersten Termin etwa 35 l/m² geregnet, von denen die Pflanzen profitieren konnten. Durch die Beschattung der Bohnen trocknete der Boden zwischen den Reihen zudem weniger schnell aus.



Figaro + WAV 512, Stufe 5



Figaro + WAV 512, Stufe 5



Figaro + WAV 512, Stufe 5



Figaro + Anellino Verde, Stufe 1



Figaro + Anellino Verde, Stufe 1



Figaro + Anellino Verde, Stufe 4

Freising, 20.7.2018



Figaro + Anellino Verde, Stufe 4

Grub, 24.7.2018



Figaro + Anellino Verde, Stufe 4

Freising, 30.7.2018

Abb. 52: Entwicklung von Mais-Stangenbohnen-Mischungen in Freising und Grub Ende Juli 2018

In Grub waren die Blätter der Maispflanzen ohne zusätzliche N-Düngung Ende Juli schon heller als die der voll gedüngten Variante (Abb. 53). Am gut versorgten Standort in Freising waren noch keine Unterschiede sichtbar.



Figaro, Stufe 2



Figaro Stufe 2



Figaro Stufe 5

Grub 24.7.2018



Figaro Stufe 5

Freising 30.7.2018

Abb. 53: Maisbestände unterschiedlicher Dünge­stufen in Freising und Grub Ende Juli 2018

Im weiteren Entwicklungsverlauf profitierten die Pflanzen von den Regenschauern, die immer wieder rechtzeitig eintraten. Die Stangenbohnen entwickelten sich sehr stark, so dass der Mais dem Gewicht nicht immer Stand halten konnte und im oberen Bereich abknickte (Abb. 54). In Freising trat auch in diesem Versuch Laubabfall unabhängig von der Dünge­stufe auf. Die Bohnenentwicklung war schwächer als in Grub. Die Betrachtung der Parzelle von vorne täuscht. Bei einem Blick ins Innere der Parzelle (untere Reihe) zeigt sich, dass relativ wenig Bohnen­masse vorhanden ist.

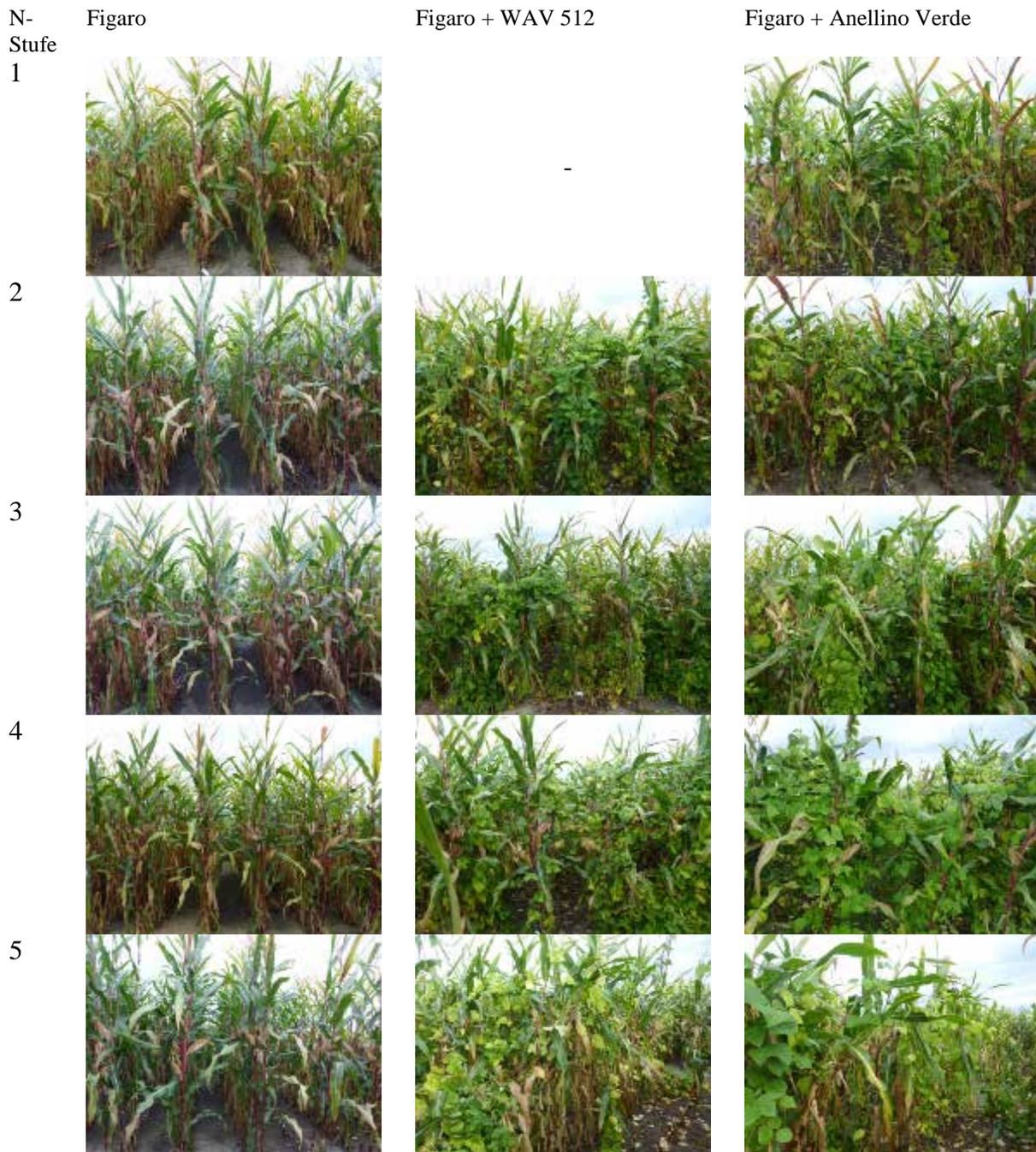


Abb. 54: Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen unterschiedlicher Düngestufen in Freising am Tag der Ernte, 19.9.2018

Das wettermäßig kritische Jahr 2018 war in Freising das Hohertragsjahr dieser Projektphase. Es wurden bei Mais wie auch bei den Mischungen FM-Erträge von über 700 dt/ha geerntet (Abb. 55). Die geringe Pflanzenanzahl von Anellino Verde machte sich in Grub nicht im Ertrag bemerkbar. Anellino Verde ist eine sehr wüchsige, bei der die Bestandesdichte eher etwas geringer gehalten werden sollte, da sie bei gutem Wachstum den Mais ansonsten schnell unterdrückt. Der Anstieg im FM-Ertrag betrug in Freising wie im Jahr zuvor von Stufe 1 bis Stufe 5 bei den drei Kombinationen etwa 100 dt/ha mit einem gleichmäßigen Anstieg. Der Höchstertrag mit 701 dt/ha war bei Figaro + Anellino Verde dabei etwas geringer als bei den

anderen Varianten. In Grub stieg der FM-Ertrag bei Mais und der Mischung mit Anellino Verde bis Stufe 4 an und sank dann leicht. Bei der zweiten Mischungsvariante waren die FM-Erträge bei höherer Düngung niedriger.

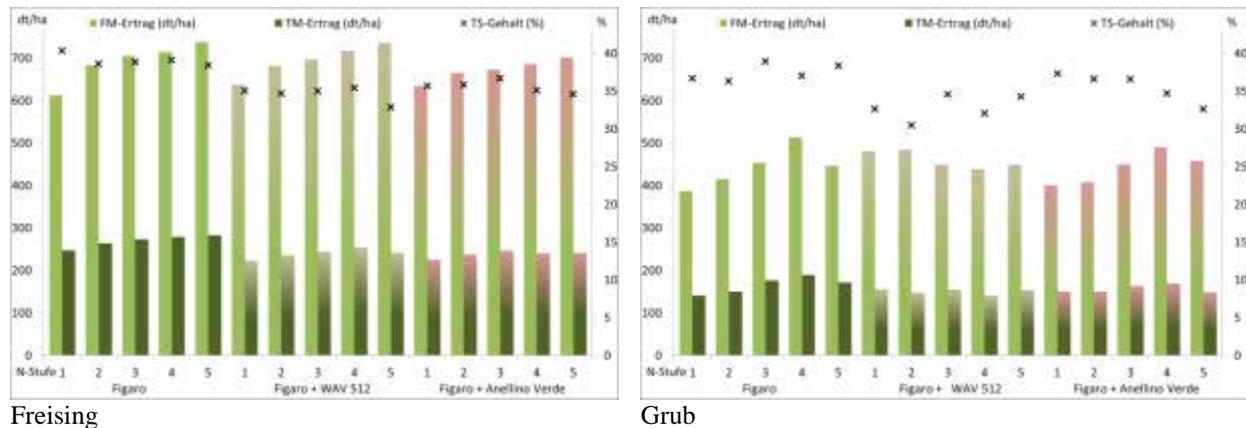


Abb. 55: Trockensubstanz- (TS-) Gehalt sowie Frischmasse- (FM-) und Trockenmasse- (TM-) Ertrag von Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen im Düngeversuch 2018

Die TS-Gehalte bewegten sich nicht einheitlich in eine Richtung und lagen in Grub bei durchschnittlich 37,5 % bei Mais, 32,8 % bei der Mischung mit WAV 512 und 35,8 % in der Mischung mit Anellino Verde. In Pulling waren die Werte etwas höher mit 39,1 %, 34,6 % und 35,6 %.

Der TM-Ertrag von Mais stieg in Freising gleichmäßig von 247 bis 283 dt/ha an. Bei den Mischungen stieg der Ertrag bis zur Stufe 4 bzw. 3 und sank dann etwas ab. Die Mischungen erreichten beide im Durchschnitt 89 % (85 bis 92 %) des TM-Ertrags, bei der FM waren es sogar 100 % (95 bis 104 %). In der Kombination Mais + WAV 512 gab es in Grub keine signifikanten Unterschiede zwischen den Stufen, es lagen alle Erträge auf ähnlichem Niveau. Die Stangenbohne hatte einen relativ großen Ertragseinfluss, was sich in einem vergleichsweise niedrigem TS-Gehalt, einem höheren FM-Ertrag als im Reinbestand (105 %) sowie einem niedrigen Verhältnis von Mischung zu Reinbestand von 92 % zeigte. Dabei lag der TM-Ertrag bei Stufe 1 bei 110 % und sank bis auf 74 % bei Stufe 4 ab. Auch die Mischung mit Anellino Verde war auf den niedrigen N-Stufen stärker als der Reinbestand. Der TM-Ertrag lag bei 106 % und sank bis auf 86 % bei Stufe 5 ab. Im Durchschnitt wurden 95 % des Maisreinertrags erzielt. Diese Zahlen weisen auf den Vorteil von Mischungen von Mais mit Leguminosen bei ungünstigen Bedingungen oder schlechter Versorgung hin, wie es auch von Busch *et al.* (2018) berichtet wurde.

In diesem Versuchsjahr wurden von den Stufen 1, 3 und 5 aus jeweils zwei Wiederholungen Pflanzenproben gezogen und die Anteile von Mais und Stangenbohne bestimmt. Wie erwartet waren die Stangenbohnenanteile an der Trockenmasse in Freising geringer als in Grub. Sie steigen von 5,8 % bei Stufe 1 auf 10,6 in Stufe 5, wobei sich die Sorten nicht klar unterscheiden. In Grub gab es bei den untersuchten Proben keine Beziehung zum N-Gehalt. Der höchste Wert wurde bei Stufe 3 mit 17,1 % und nur minimalem Unterschied zwischen den Stangenbohnenarten ermittelt. Bei Stufe 1 lag der mittlere Wert bei 13,6 und bei Stufe 5 bei 12,4, wobei der Anteil von WAV 512 in der TM jeweils deutlich höher war.

Tab. 22: Mittelwerte von Frischmasse (FM-) und Trockenmasse- (TM-) Ertrag und Trockensubstanz (TS-) Gehalt über alle Prüfglieder im Düngerversuch in Freising und Grub 2018 (ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im SNK-Test, $\alpha = 5\%$)

N-Stufe	FM-Ertrag (dt/ha)		TS-Gehalt (%)		TM-Ertrag (dt/ha)	
	Freising	Grub	Freising	Grub	Freising	Grub
1	628 b	423 b	39,1 a	37,5 a	232 b	149 a
2	677 a	436 b	38,4 ab	36,4 a	246 ab	149 a
3	692 a	451 ab	38,9 a	38,7 a	255 a	165 a
4	706 a	481 a	38,6 ab	36,5 a	256 a	167 a
5	725 a	451 ab	37,3 b	37,0 a	258 a	158 a

Über Mais und Mischung gab es in Grub keinen signifikanten Unterschied im TM-Ertrag (Tab. 22). In Freising war die Stufe 1 etwas nach unten abgetrennt. Die Stufen 3, 4 und 5 unterschieden sich nicht voneinander. Der Unterschied betrug zwischen niedrigstem und höchstem Ertrag in Freising nur 11 % und in Grub nur 12 %.

2.5.3.3. Ergebnisse und Diskussion 2019

In diesem Jahr wurde der Versuch in Grub auf der anderen Seite der Versuchsfläche von 2018 durchgeführt, auf der ein homogenerer Boden gegeben war und es keine bodenbedingten Unterschiede zwischen den Parzellen gab. In Freising waren im äußeren Bereich auf einer Seite Staunässeinseln, die einzelne Parzellen etwas getroffen haben und im Jugendwachstum zu Wachstumsschwierigkeiten bei den Bohnen geführt haben, die empfindlich auf Staunässe reagieren.

Die Entwicklung von Mais und Stangenbohnen erfolgte zu Beginn wie im Anbauversuch. Der Aufgang der Stangenbohnen war etwas zögerlich. Auch in diesem Jahr lagen die Bestandesdichten bei den Mischungen unter der angestrebten Zahl (Tab. 23). In Freising war der Mais mit 6,7 Pfl/m² nahe am Zielwert von 7 Pfl/m². In Grub waren es wiederum nur 5,9 Pfl/m². Bei den Stangenbohnen gab es keine signifikanten Sortenunterschiede, tendenziell war die Anzahl bei WAV 512 etwas höher mit 4,7 Pfl/m² in Freising und 4,8 Pfl/m² in Grub gegenüber jeweils 4,5 Pfl/m² bei Anellino Verde.

Tab. 23: Übersicht über die Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen, die 2019 im Düngerversuch geprüft wurden

Prüf- glied	N- Stufe	Mais				Stangenbohne			
		Sorte	Anzahl Pflanzen/m ²			Sorte	Anzahl Pflanzen/m ²		
			Ziel	Ist Freising	Ist Grub		Ziel	Ist Freising	Ist Grub
1	1	Figaro	9,0	9,1	9,1	-	-	-	-
2	2	Figaro	9,0	9,1	9,1	-	-	-	-
3	3	Figaro	9,0	9,1	9,1	-	-	-	-
4	4	Figaro	9,0	9,1	9,1	-	-	-	-
5	5	Figaro	9,0	9,1	9,1	-	-	-	-
6	1	Figaro	7,0	6,8	5,9	WAV 612	5,0	4,6	4,7
7	2	Figaro	7,0	6,5	5,7	WAV 612	5,0	4,8	5,0
8	3	Figaro	7,0	7,1	6,1	WAV 512	5,0	4,8	4,4
9	4	Figaro	7,0	6,7	5,9	WAV 612	5,0	4,8	5,0
10	5	Figaro	7,0	6,7	5,6	WAV 612	5,0	4,6	4,8
11	1	Figaro	7,0	6,7	5,5	Anellino Verde	5,0	4,6	4,8
12	2	Figaro	7,0	6,8	6,3	Anellino Verde	5,0	4,5	4,6
13	3	Figaro	7,0	6,5	5,7	Anellino Verde	5,0	4,2	4,0
14	4	Figaro	7,0	6,8	6,1	Anellino Verde	5,0	4,7	4,5
15	5	Figaro	7,0	6,6	6,2	Anellino Verde	5,0	4,7	4,7

In den folgenden Wochen wuchsen an beiden Standorten gute Bestände heran. In Freising war das Bohnenwachstum im Vergleich zu Grub immer etwas zögerlicher. Anfang August waren die Blätter der Stangenbohnen in Freising hellgrün und die Pflanzen sehr viel kürzer als im vergangenen Jahr zur selben Zeit. Sie wirkten bei allen N-Stufen so, als würden sie mangelhaft ernährt werden (Abb. 56, 5.8.2019).



Stufe 1



Stufe 5



Stufe 1

Figaro

Stufe 5



Stufe 1



Stufe 3



Stufe 1

Figaro + WAV 512



Stufe 3



Stufe 2

Freising, 5.8.2019



Stufe 5



Stufe 2

Freising, 2.9.2019

Figaro + Anellino Verde



Stufe 5

Abb. 56: Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen unterschiedlicher Düngestufen in Freising am 5.8. und 2.9.2019

In Freising hatten sich die Stangenbohnen einen Monat später am Mais nach oben gewunden und zogen diesen im oberen Bereich sogar etwas nach unten (Abb. 56, 2.9.2019). Die Blätter waren sehr hell und begannen abzufallen. Bei den niedrigen N-Stufen sah der Mais immer noch sehr gut aus und hatte dunkle Blätter, die Stangenbohnen waren hellgelb. Am schlechteren Standort in Grub waren die Bohnen Anfang September sehr üppig (Abb. 57). Ende desselben Monats war der Mais weit abgereift und die Bohnen grün (Abb. 57). Auf den Fotos vom 2.9. in Grub sieht man die hohen Randpflanzen, die die Pflanzen im Parzelleninneren deutlich überragen und von den Ressourcen aus dem Weg profitieren konnten.



Figaro

1

5

1

5



Figaro + WAV 512

6

9

6

10



Figaro + Anellino Verde

11

15

11

15

Grub, 2.9.2019

Grub, 24.9.2019

Abb. 57: Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen unterschiedlicher Düngestufen in Grub am 2.9. und 24.9.2019

Zur Ernte wurden zahlreiche Knöllchen an den Stangenbohnen gefunden (Abb. 58), die teilweise noch aktiv waren. Die Stangenbohnen waren vor der Aussaat nicht mit Rhizobien geimpft worden. Möglicherweise kann das Leistungsvermögen der Symbiose durch Impfung mit Rhizobien gesteigert werden, wobei Unterschiede in der Eignung von Rhizobien nicht nur in Abhängigkeit von der Leguminosenart sondern auch der Stangenbohnen-sorten festgestellt wurden (Blecher 2020).



Abb. 58: Stangenbohnenwurzeln mit Knöllchenbesatz Grub, 24.9.2019

Im Gegensatz zu Grub waren die sichtbaren Unterschiede zwischen den Düngestufen in Freising sowohl bei Mais als auch bei den Mischungen sehr gering (Abb. 59). Die Maisblätter im Reinbestand waren in allen Stufen in der oberen Pflanzenhälfte zur Ernte noch dunkelgrün. Die Stangenbohnen waren wie in den vergangenen Jahren hellgrün bis gelb und lagen zu einem beträchtlichen Teil bereits auf dem Boden. Die Ernte erfolgte bei guten äußeren Bedingungen am 10.10.2019

Zu diesem Zeitpunkt hatte der TS-Gehalt in Freising den Optimalbereich schon überschritten. Bei Mais lag er im Durchschnitt bei 38,0 %, bei den Mischungen bei 36,9 % in der Kombination mit WAV 612 und 37,3 % in der Kombination mit Anellino Verde (Tab. 7A). Es gab dabei keine Unterschiede zwischen den N-Stufen (Abb. 60). Der geringe Stangenbohnenanteil zeigte sich auch in einem geringen Unterschied zwischen den TS-Gehalten von Mais und Mischung. Es wurden auch 2019 bei den N-Stufen 1, 3 und 5 Pflanzenproben genommen und die Anteile der Arten bestimmt. So betrug der durchschnittliche Bohnenanteil in der TM in Freising nur 11,7 und 11,6 % bei Stufe 1 und 2, sowie 9,0 % bei Stufe 5.

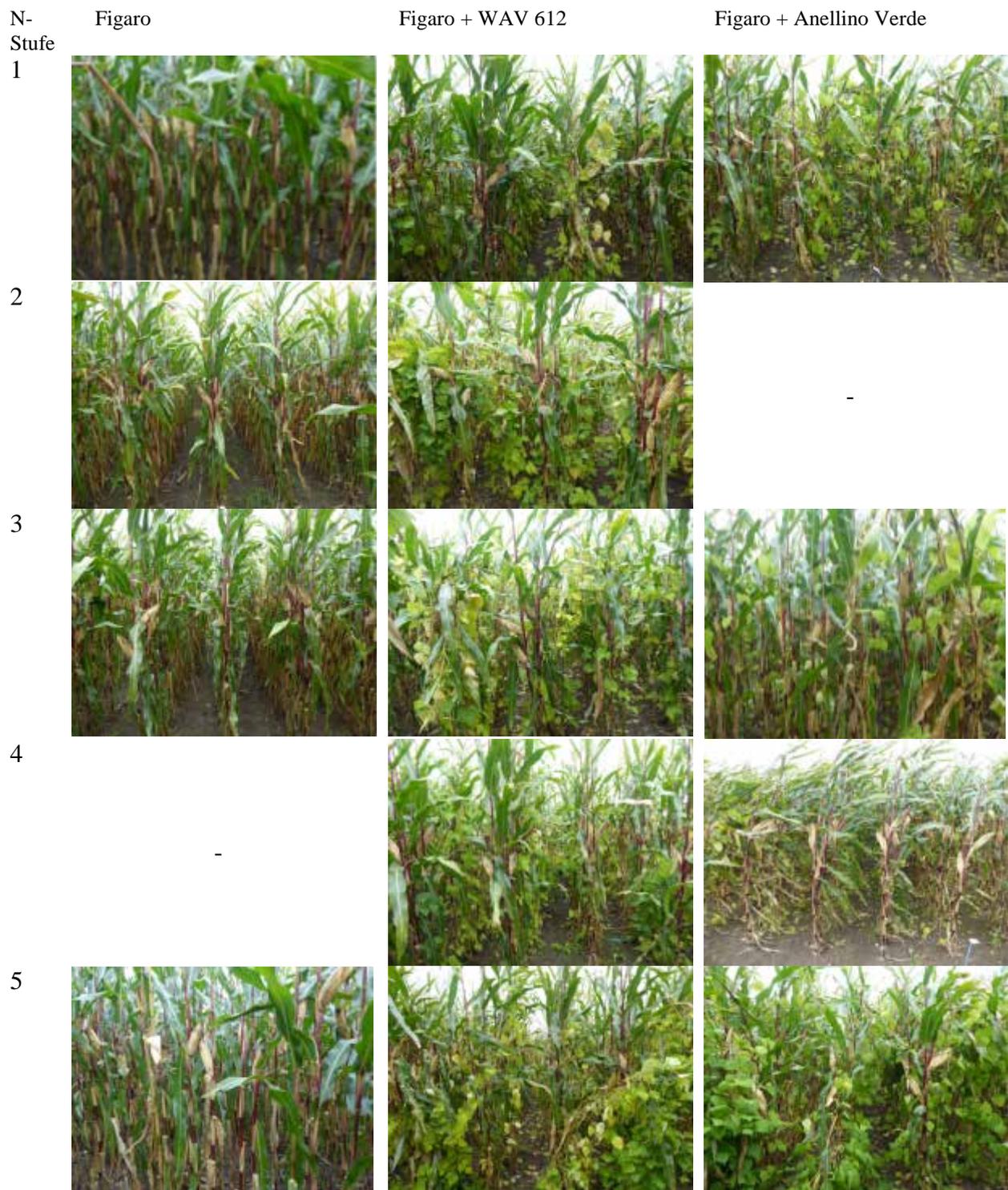


Abb. 59: Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen unterschiedlicher Düngestufen in Freising am 8.10.2019

In Grub zeigte sich ein anderes Bild. Wie in Abb. 57 zu sehen, war der Mais zur Ernte schon viel zu weit abgereift, was der TS-Gehalt von 43,1 unterstreicht. Bei den Mischungen war der TS-Gehalt auch zu hoch, aber mit 38,0 % bei den Mischungen mit WAV 612 und 39,8 % bei den Mischungen mit Anellino Verde deutlich niedriger. Der größere Unterschied bei WAV 612 zeigte sich auch bei der Betrachtung der Artenanteile. So betrug der Anteil an der TM bei Stufe 1 32,6 gegenüber 28,5 %, bei Stufe 3 20,8 gegenüber 18,5 % und bei Stufe 5 20,2 gegenüber 12,9 %. Der Rückgang im Stangenbohnenanteil bei steigender N-Düngung beruht auf einer besseren Entwicklung des Maises. Bei Stufe 1 war er in einer Mangelsituation, so dass die Stangenbohnen trotz einer ebenfalls nicht optimalen Entwicklung einen relativ großen Anteil in der Mischung ausgemacht haben. Bei den höheren Stufen war die Ertragszunahme des Maises höher als die der Stangenbohnen, die bei voller Düngung ebenfalls mehr Masse gebildet hatten.

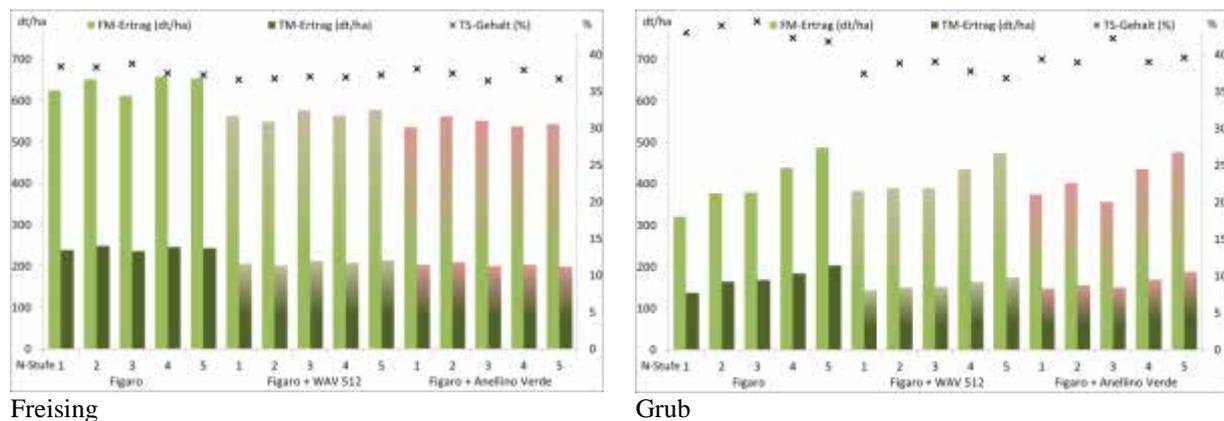


Abb. 60: Trockensubstanz- (TS-) Gehalt sowie Frischmasse- (FM-) und Trockenmasse- (TM-) Ertrag von Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen im Düngerversuch 2019

Der Ertrag war 2019 gut, erreichte aber nicht das Niveau von 2018. In Freising lag der durchschnittliche FM-Ertrag des Maises bei 640 dt/ha, die Mischungen mit WAV 612 lagen bei 566 dt/ha und die mit Anellino Verde bei 546 dt/ha. Das Bild von den Versuchsflächen spiegelte sich in den Ergebnissen wider, es gab sowohl bei Mais als auch bei den Mischungen keine Unterschiede zwischen den N-Stufen in FM- und TM-Ertrag (Abb. 60). Der TM-Ertrag lag bei durchschnittlich 243 dt/ha bei Mais und 208 und 203 dt/ha bei den Mischungen. Damit betrug das durchschnittliche Verhältnis im TM-Ertrag der Mischungen mit WAV 612 86 % (81 bis 90 %) und 84 % bei den Mischungen mit Anellino Verde (82 bis 85 %).

In Grub stieg der FM-Ertrag bei Mais von 321 dt/ha bis auf 488 dt/ha über die 5 N-Stufen an. Im Durchschnitt lag er bei 401 dt/ha. Der durchschnittliche FM-Ertrag der Mischungen war mit 414 dt/ha in den Mischungen mit WAV 612 und 409 dt/ha in den Mischungen mit Anellino Verde höher. Dabei starteten die Mischungen auf einem höheren Ertragsniveau von etwa 380 dt/ha, was dem Ertrag der Stangenbohnen geschuldet war. Über die N-Stufen 1 bis 3 blieb das Niveau und stieg dann auf etwa 475 dt/ha an. Bei den TM-Erträgen wurden entsprechende Verläufe festgestellt. Allerdings waren die TM-Erträge der Mischungen niedriger mit durchschnittlich 157 dt/ha und 162 dt/ha gegenüber 171 dt/ha bei Mais. Die Mais-Stangenbohnen-Mischungen erreichten somit einen TM-Ertrag des Reinbestands von 92 % (86 bis 104 %) bei Mischungen mit WAV 612 sowie 95 % (92 bis 107 %) in den Mischungen mit Anellino Verde und lagen damit im Durchschnitt bei den Werten von 2018, die Spreizung nach unten war jedoch deutlich niedriger. Die Mischungen profitierten somit wieder bei den geringen N-Stufen, über alle Stufen war ihr TM-Ertrag wie auch in Freising signifikant geringer. Wie auch in den Vorjahren unterschieden sich die Mais-Stangenbohnen-Mischungen nicht.

Tab. 24: Mittelwerte von Frischmasse (FM-) und Trockenmasse- (TM-) Ertrag und Trockensubstanz (TS-) Gehalt über alle Prüfglieder im Düngerversuch in Freising und Grub 2019 (ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im SNK-Test, $\alpha = 5\%$)

N-Stufe	FM-Ertrag (dt/ha)		TS-Gehalt (%)		TM-Ertrag (dt/ha)	
	Freising	Grub	Freising	Grub	Freising	Grub
1	584 a	359 a	37,7 a	39,9 a	220 a	143 a
2	597 a	389 a	37,5 a	40,6 a	224 a	157 ab
3	590 a	375 a	37,4 a	41,9 a	221 a	157 ab
4	598 a	437 ab	37,4 a	39,7 a	223 a	172 bc
5	603 a	480 b	37,0 a	39,4 a	223 a	189 c

In Freising gab es 2019 innerhalb von Mais sowie Mischungen keine Unterschiede zwischen den N-Stufen im TS-Gehalt sowie im Ertrag (Tab. 24). In Grub unterschied sich der TS-Gehalt ebenfalls nicht. Allerdings gab es in Grub einen Anstieg im Ertrag von über 30 % von Stufe 1 bis Stufe 5 im Mittel von Mais und Mischungen.

Auch in Freising war nach Knöllchen gegraben worden. Es waren ebenfalls welche vorhanden, die aber eine Woche nach der Ernte größtenteils nicht (mehr) aktiv waren. Es war auffällig, dass diese häufig weit oben am Stängelansatz waren (Abb. 61). Die weite Verteilung einzelner Knöllchen über die Wurzeln wie in Grub gab es kaum bzw. wurde weniger gefunden. Es gab eher die Anhäufung von vereinzelt Knöllchen-Klumpen.



Abb. 61: Stangenbohnenwurzeln mit Knöllchenbesatz aus N-Stufe 5 in Freising, 14.10.2019

In diesem Versuchsjahr wurde nach der Ernte bei den Parzellen, bei denen zuvor auch eine Handerte erfolgt war, der Nmin-Gehalt nach der Ernte bestimmt. Die Probenahme zu Vegetationsende, um festzustellen, wieviel Stickstoff noch mineralisiert worden war, war leider nicht möglich. In Grub, wo der Nmin-Gehalt nur bis 30 cm Tiefe bestimmt wurde, lagen dieselben Werte vor wie vor der Aussaat (Tab. 7A), zu der der Gehalt 23 kg N/ha betrug. Es gab wie bei Oeste (2020) keine Unterschiede zwischen Mais und Mischungen. In Freising war der Nmin-Gehalt in den oberen 30 cm bei Mais etwas höher als bei den Stangenbohnen. In 90 cm Tiefe gab es keinen Unterschied zwischen Mais und Mischungen. Der Wert lag mit 56 kg N/ha aber um etwa 10 kg/ha höher als bei der Probenahme vor der Ernte. Es ist dabei aber zu berücksichtigen, dass vor und nach der Ernte nicht identisch an denselben Stellen die Proben genommen worden sind. Neben einer naturbedingten Schwankung können auch Unterschiede in Abhän-

gigkeit davon auftreten, ob an den Probenstellen zuvor ein Weg war oder Parzellen mit Pflanzenbewuchs.

Zwischen den N-Stufen zeigte sich kein klares Bild. Bei Mais gab es keinen Unterschied zwischen den Stufen 1,3 und 5. Bei den Stangenbohnen lag der Wert bei Stufe 1 bei 50 kg N/ha und war damit niedriger als bei den anderen Stufen. Oeste (2020) ermittelte in einem Jahr höhere Werte nur bei voller Düngung, im zweiten Jahr einen Anstieg ab Stufe 0, die Werte waren jeweils geringer als vor der Saat. Insgesamt sind die Daten des Projekts nicht ausreichend, um eine Aussage über die Nmin-Gehalte von Mais-Stangenbohnen-Mischungen im Vergleich zu reinem Mais und damit den möglichen Nutzen für die Folgefrucht oder Gefahren für das Grundwasser der einen oder anderen Variante darzustellen.

2.5.3.4. Zusammenfassung der Jahre 2017 - 2019

Der größte Effekt für Ertragsunterschiede waren Jahres- sowie Ortseffekte, signifikante Interaktionen traten nicht auf. Das Jahr 2017, in dem die Bohnen neben den Mais gelegt worden waren, unterschied sich in der Ertragsbildung nicht von den anderen Jahren. In Freising gab es in den Einzeljahren kaum signifikante Unterschiede im TM-Ertrag. Über die Jahre war die Höhe der Düngung ohne signifikanten Einfluss auf den TM-Ertrag, der im Durchschnitt von 212 auf 234 dt/ha mit zunehmender Düngung anstieg (Tab. 25), was einem Anstieg von 10 % entsprach. In Grub war der Ertragsanstieg von 22 % signifikant und relevant. Allerdings gab es hier ab Stufe 3 keinen signifikanten Ertragszuwachs mehr. Auch Oest (2020) hatte in zweijährigen Versuchen nur einen Ertragszuwachs von 0 % N-Düngung auf 66 % N-Düngung festgestellt, danach nicht mehr.

Tab. 25: Mittelwerte von Frischmasse (FM-) und Trockenmasse- (TM-) Ertrag und Trockensubstanz (TS-) Gehalt der N-Stufen im Düngeversuch in Freising und Grub 2017-2019 (ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im SNK-Test, $\alpha = 5\%$)

N-Stufe	FM-Ertrag (dt/ha)		TS-Gehalt (%)		TM-Ertrag (dt/ha)	
	Freising	Grub	Freising	Grub	Freising	Grub
1	560 a	369 a	38,1 a	38,3 a	212 a	138 a
2	589 a	391 a	37,8 a	38,4 a	221 a	148 a
3	591 a	411 ab	38,0 a	39,3 a	224 a	161 b
4	612 a	444 b	37,7 a	37,7 a	230 a	166 b
5	632 a	453 b	37,2 a	37,3 a	234 a	169 b

An beiden Standorten war der Maisertrag signifikant höher als der der Mais-Stangenbohnen-Mischungen (Tab. 26). Bei den Ertragsbetrachtungen muss berücksichtigt werden, dass die Pflanzenanzahl des Hauptertragsbildners Mais an beiden Standorten unter der Zielmarke von 7 Pfl/m² lag. Höhere Pflanzenzahlen mögen ein besseres Verhältnis zur Folge haben. In Freising lagen die Mischungen bei 86 % des TM-Ertrags von Mais, in Grub bei 91 %. Diese Werte wurden auch in Untersuchungen von Oeste (2020) ermittelt, teilweise waren die Unterschiede auch geringer oder nicht signifikant absicherbar (Carrel 2020, Nurk *et al.* 2017, Starke *et al.* 2016). Dabei gab es in Freising keine relevanten Unterschiede zwischen den Düngegraden. In Grub hatten die Stangenbohnen einen höheren Einfluss auf den Mischungsertrag und die Mi-

schungen bei geringer Düngung einen Ertragsvorteil. Mischungen mit Leguminosen haben vor allem unter ungünstigen Bedingungen Vorteile gegenüber dem Reinanbau von Mais (Busch et al. 2018). Bei den niedrigen N-Stufen waren die Maispflanzen in einer unerwünschten Mangelsituation. Der Stickstoff im oberen Bodenbereich war verbraucht und ab etwa 30 cm Tiefe kommt auf dem kiesigen, durchlässigen Boden in Grub nichts nach. Die Stangenbohnen konnten das Potential der N-Fixierung über Knöllchen nutzen. In Freising war der Boden gut versorgt. Vermutlich haben die Stangenbohnen dort erst relativ spät mit der energieaufwändigen Stickstofffixierung begonnen. Dies würde erklären, warum die Blätter relativ früh vergilbt und abgestorben sind. Der Start in die Eigenversorgung war zu spät und konnte den Bedarf nicht mehr decken.

Die Mischungen mit den zwei Stangenbohnsorten unterschieden sich nicht.

Tab. 26: Mittelwerte von Frischmasse (FM-) und Trockenmasse- (TM-) Ertrag und Trockensubstanz (TS-) Gehalt von Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen in Freising und Grub 2017-2019 (ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im SNK-Test, $\alpha = 5\%$)

Prüf- glied	FM-Ertrag (dt/ha)		TS-Gehalt (%)		TM-Ertrag (dt/ha)	
	Freising	Grub	Freising	Grub	Freising	Grub
1*	632 a	416 a	39,4 a	40,7 a	248 a	168 a
2	585 ab	415 a	37,4 a	36,0 b	212 b	148 b
3	573 b	411 a	36,6 a	38,0 c	213 b	155 b

*: 1 Figaro, 2 Figaro + WAV 512 bzw. 612, 3 Figaro + Anellino Verde

2.5.4 Zusammenfassung und Ausblick

In den Jahren 2017 bis 2019 wurde an den Standorten Freising, gut versorgter Boden, sowie Grub, kiesiger Standort mit 25 cm Krume, ein Vergleich zwischen einer Maissorte sowie zwei Mischungen aus dieser Maissorte mit zwei Stangenbohnsorten durchgeführt. Die Sorte WAV 512 bzw. 612 wurde speziell für den gemeinsamen Anbau mit Stangenbohnen gezüchtet. Anellino Verde ist eine späte, ertragreiche italienische Sorte, die in den Vorjahren gute Ergebnisse gezeigt hatte, aber im Gegensatz zu WAV 512 phasinreich ist. Die N-Düngung erfolgte mineralisch von 0 kg/ha zusätzlicher Düngung bis zu 170 bzw. 200 kg N/ha inklusive N_{min} in 5 Stufen.

Über die N-Stufen gab es in Freising nur einen nicht signifikanten Anstieg im TM-Ertrag von 10 %. In Grub stieg der Ertrag bis zur N-Stufe 3 um etwa 20 % an und blieb dann auf dem Niveau. Dabei war der Verlauf bei Mais und Mischungen ähnlich. Aussagen über die Einsparmöglichkeiten von N-Dünger können aber auf Grundlage dieser kleinen Datenbasis nicht gemacht werden. Es ist ebenfalls schwierig, ein genaues Einsparpotential von Mais-Stangenbohnen-Mischungen gegenüber Mais zu benennen. Der Mais muss ausreichend versorgt werden, benötigt aber aufgrund der geringeren Pflanzenanzahl weniger Stickstoff. Die Stangenbohnen sollen ihren Bedarf aus dem Luftstickstoff decken. Bei zu hohem Stickstoffgehalt im Boden nehmen sie diesen auf und verzichten auf die energieaufwändige N-Fixierung über Knöllchenbakterien. Dies kann unter Umständen dazu führen, dass der Stickstoff am Ende nicht für Mais und Stangenbohne zur optimalen Versorgung beider ausreicht.

Im Durchschnitt der Jahre erreichten die Mischungen in Freising 86 % des TM-Ertrags von Mais und in Grub 91 %, dabei lag der Maisanteil in den Mischungen unter der angestrebten Marke von 7 Pfl/m². Die FM-Erträge lagen teilweise aufgrund der sehr guten Bohnenentwicklung über den Maiserträgen. In Freising gab es keine Unterschiede im Verhältnis zwischen den N-Stufen. Stickstoff war nicht im Mangel vorhanden, zudem war die Wasserversorgung größtenteils gegeben. In Grub gab es teilweise Trockenstress, unter dem vor allem der Mais bei den unteren N-Stufen litt. Die Stangenbohnen konnten bei wieder eintretender Feuchtigkeit profitieren und überwuchsen den Mais. In der Folge waren die TM-Erträge der Mischungen im Verhältnis zum Mais bei geringer Versorgung höher. Dies bestätigte den Vorteil von Mais-Leguminosen-Mischungen unter ungünstigen Bedingungen und deren höhere Ertragsstabilität.

Es wird weiter aktiv an neuen Stangenbohnsorten gezüchtet, um diese für das System Mais-Stangenbohne unter mitteleuropäischen Anbaubedingungen zu optimieren. So gibt es bei Stangenbohnen genetische Unterschiede in der Fähigkeit Stickstoff zu fixieren (Barbosa *et al.* 2018). Auch auf Seiten des Maises gibt es genetische Variation in der N-Effizienz. Beides könnte genutzt werden, um die Anpassung an unterschiedliche Standortbedingungen und die Ertragsbildung auf Standorten mit geringer N-Düngung zu verbessern.

Für allgemeingültige Aussagen zu Mais-Stangenbohnen-Mischungen und N-Düngung bzw. Möglichkeiten der N-Einsparung sowie zum Einfluss auf den N-Gehalt im Boden wäre ein größeres Spektrum an Mais sowie Mischungen mit unterschiedlichen Stangenbohnsorten unter verschiedenen Standortbedingungen erforderlich.

2.6 Qualitätsbestimmung

Durch die Beimengung von Sonnenblumen oder Stangenbohnen soll die Maisfläche vielgestaltiger werden. Es stellt sich für den Anbauer jedoch die Frage, ob es durch den Mischungspartner einen Effekt auf die Qualität, Silierfähigkeit oder Biogasausbeute gibt. Neben dem Ertrag sind diese Faktoren für den Anbau einer Kultur relevant. Um diese Faktoren zu analysieren, wurden entsprechende Untersuchungen durchgeführt. Die Ergebnisse zu den Mais-Sonnenblumen-Mischungen sind unter 2.3.5 aufgeführt.

2.6.1 Silierversuch

Der Silierversuch wurde nur 2018 durchgeführt. 2017 war es aus personeller Sicht nicht möglich und 2019 wäre die Auswertung nicht bis zum Projektende abgeschlossen gewesen.

Für diesen Versuchsteil wurden an den Standorten Freising und Grub aus dem Düngeversuch aus gut versorgten Parzellen kurz vor der Ernte mit dem Häcksler bei zwei Wiederholungen Pflanzen aus dem mittleren Parzellenbereich von gut entwickelten, typischen Reihen, die direkt neben den Erntereihen des Häckslers lagen, herausgeschnitten. Das Material wurde nach Grub gefahren, da dort die Einsilierung erfolgte. Die Pflanzen wurden mit einem Standhäcksler zerkleinert. Anschließend wurden die FM-Anteile von Mais sowie Stangenbohne bestimmt. Vor der Silierung in Weckgläser wurden die Fraktionen den FM-Anteilen gemäß gemischt. Neben den Mischungen Figaro + Anellino Verde und Figaro + WAV 512 wurde Figaro alleine als Vergleichsvariante siliert. Die Laborversuche wurden nach den Vorgaben der DLG-Prüfrichtlinie zur Prüfung von Siliermitteln (DLG 2018) ohne sowie mit Silierhilfsmittel (Tab. 27) durchgeführt.

Tab. 27: Übersicht über die Prüfglieder im Silierversuch

Prüfglied	Sorte Mais	Sorte Stangenbohne	Siliermittel
1M	Figaro	-	-
2MB	Figaro	WAV 512	-
3MB	Figaro	Anellino Verde	-
3MBbio	Figaro	Anellino Verde	biologisches Siliermittel, Bonsilage Plus, Wirkungsrichtung 1c
3MBchem	Figaro	Anellino Verde	Chemisches Siliermittel, Safesil, Wirkungsrichtung 1 und 2

Der TS-Gehalt lag bei Mais an beiden Orten bei etwa 35 % (Tab. 28) und somit im gut silierfähigen Bereich. Es spiegelte sich der Gehalt der Stangenbohnen deutlich im TS-Gehalt wider und sank bei 2MB mit 15,4 % Stangenbohnen in der Trockenmasse bis auf 27,9 % ab. Der Rohprotein-Gehalt lag in Freising bei 1M bei 65 g/kg TM, die Mischung 2MB unterschied sich nicht, 3MB hatte einen geringfügig höheren Gehalt. Die vergleichsweise niedrigen Gehalte der Mischungen lassen sich dadurch erklären, dass aufgrund der Hitze und Trockenheit im Sommer ein großer Teil an Hülsenansätzen vertrocknet und abgefallen ist. Die später ausgebildeten Hülsen besaßen nur zu einem geringen Teil gut ausgebildete, proteinreiche Bohnenkerne. Der

Rohasche-Gehalt nahm mit zunehmendem Stangenbohnenanteil zu, der Rohfett-Gehalt ab. Bei Rohfaser war keine Tendenz erkennbar.

Tab. 28: Übersicht über Stangenbohnenanteil, TS-Gehalt sowie Rohnährstoffe des Ausgangsmaterials im Silierversuch

Prüf-glied	Anteil Stan-genbohne in der TM (%)	TS-Gehalt (%)	Rohprotein (g/kg TM)	Rohfaser (g/kg TM)	Rohasche (g/kg TM)	Rohfett (g/kg TM)
Freising						
1M	-	35,2	65	219	38	30
2MB	9,5	32,7	66	231	44	28
3MB	11,7	31,0	72	213	49	23
Grub						
1M	-	34,5	71	269	31	21
2MB	15,4	27,9	92	258	44	18
3MB	9,4	30,6	87	310	50	21

In Grub stieg der Rohproteingehalt von 71 g/kg TM bei Mais bis auf 92 g/kg TM bei der bohnenreichen Variante 2MB an. Der Rohasche-Gehalt war bei Mais 1M deutlich am niedrigsten. Wie auch bei Rohfaser und Rohfett gab es über die drei Prüfglieder keine eindeutige Beziehung zwischen Inhaltsstoff und Stangenbohnenanteil.

Tab. 29: Vergärbarkeit und mikrobiologischer Besatz des Ausgangsmaterials

Prüf-glied	Zucker (WLK ¹ ; g/kg TM)	PK ² (g/kg TM)	VK ³	NO ₃ (mg/kg TM)	MSB ⁴	Schipi ⁵	Hefen ⁶
Freising							
1M	168	29	82	261	5,9	7,5	4,3
2MB	145	38	63	263	7,7	6,6	4,3
3MB	199	37	74	263	5,1	6,7	4,3
Grub							
1M	87	43	51	263	6,0	5,5	6,0
2MB	97	53	42	1.320	6,3	5,4	6,2
3MB	79	74	39	1.153	6,0	5,7	6,0

1: WLK: Wasserlösliche Kohlehydrate

2: PK: Pufferkapazität in g Milchsäure/kg Trockenmasse bis zum Erreichen von pH4

3: VK: Vergärbarkeitskoeffizient: $TM (in \%) + 8 * WLK/PK$

4, 5, 6: MSB: Milchsäurebakterien, Schipi: Schimmelpilze, Hefen alle angegeben in log KBE/g

Im Ausgangsmaterial unterschieden sich die Prüfglieder deutlich im Gehalt an Zucker (Tab. 29), wobei die Gehalte in Freising auf einem wesentlich höheren Niveau lagen. Die Pufferkapazität war erwartungsgemäß aufgrund des höheren Proteingehalts bei den Mischungen höher, der Vergärbarkeitskoeffizient geringer. Bei NO₃ fallen die zwei Mischungen aus Grub mit sehr

viel höheren Werten auf, die anderen Prüfglieder unterscheiden sich nicht. Im Vergleich zu Freising hatten diese Proben einen höheren Anteil an frischen Blättern und Hülsen. Der Gehalt an Milchsäurebakterien, Schimmelpilzen und Hefen unterschied sich zwischen Mais oder Mischung nicht. Im Pflanzenmaterial aus Freising waren mehr Schimmelpilze, in Grub mehr Hefen. Bis auf die zwei Nitrat-Mengen in Grub handelte es sich um Ausgangsmaterial, das in einem großen Schwankungsbereich „normale“ Werte aufwies.

Die Ergebnisse des Silierversuchs sind in Tab. 9A zusammengefasst. Alle Prüfglieder wiesen eine gute Gärqualität auf. Mais-Stangenbohnen-Mischungen sind bei TS-Gehalten im idealen Bereich problemlos zu silieren (Carrel 2020), was auch von Praxisbetrieben bestätigt wird (Luttner 2018). Nach 90 Tagen Lagerdauer war keine Propion- oder Buttersäure nachweisbar, so dass die Gärqualität mit gut bewertet wurde. Dies betätigte Ergebnisse von Wyss *et al.* (2018). Nachteilig war in Freising die geringe Aerobe Stabilität (ASTA) aller Varianten außer 3MBchem, die erst nach mehr als 15 Tagen erwärmte, bei den anderen Prüfgliedern geschah dies bereits nach 1 bis 2 Tagen. In Grub war die Variante mit chemischem Siliermittel mit 12,4 Tagen ebenfalls am besten, am schlechtesten schnitt 3MB mit 2,8 Tagen ab. Diese Variante hatte den höchsten Stangenbohnenanteil und war bei der Absenkung des pH-Wertes am langsamsten, erreichte aber nach 90 Tagen auch das pH-Niveau der anderen Prüfglieder von etwa 4,1, was ein guter Wert ist. In Grub ist die sehr hohe Schwankungsbreite zwischen den einzelnen Messwiederholungen zu bedenken. Qualitätsmindernd wirkte in Grub der hohe Gehalt an Ammoniak im Verhältnis zum Ausgangsproteinengehalt. Dieser lag zwischen 8,3 bei 2MB und 10,7 bei 1M. In Freising war der niedrigste Wert bei 1M bei 5,5, den höchsten hatte 2MB mit 6,9. Es lagen somit alle Werte unter 7, was als Marke für eine erfolgreiche Silierung gilt.

Um nicht nur den Proteingehalt zu bestimmen, sondern auch die Qualität und Verfügbarkeit des Proteins, wurden die Proben bei der Landwirtschaftlichen Kommunikations- und Servicegesellschaft mbH (LKS) in Lichtenwalde mit dem CNCPS (*cornell net carbohydrate and protein system*) untersucht (Tab. 10A). Das Protein wird in die Fraktionen A (Nicht-Protein-Stickstoff), B1, B2, B3 (Reinprotein, dessen Abbaubarkeit von B1 nach B3 abnimmt) und C (unverdaulich) unterteilt. Aus den ermittelten Fraktionen und dem Ausgangsgehalt wird der UDP-Wert berechnet, der den Gehalt an Protein angibt, der den Pansen unverdaut verlässt und dem Wiederkäuer im Dünndarm zur Verfügung steht. Es wurde das Ausgangsmaterial sowie das silierte Material analysiert. Der Rohproteingehalt lag bei den Silagen auf dem Niveau des Ausgangsmaterials. Der Gehalt an Nicht-Protein-Stickstoff lag in Freising bei 1M und 2MB deutlich unter den Richtwerten des LKS, alle anderen Proben lagen im Normbereich, wobei der Anteil bei den silierten Proben sehr viel höher war. Bei der schnell abbaubaren Fraktion B1 waren die Gehalte im Ausgangsmaterial in Grub sehr viel höher als die Richtwerte, alle anderen Werte wie auch die für B2 und B3 lagen im normalen Bereich. In Freising gab es bei B1 keinen Unterschied zwischen siliertem Material und Ausgangsmaterial, bei B2 war der Anteil bei dem silierten Material sehr viel niedriger und bei B3 ebenfalls geringer. Der Gehalt an unverdaulichem Protein war in Freising etwa höher. Es gab an keine Unterschiede zwischen Ausgangsmaterial und Silage. Der UDP-Wert betrug bei den Silagen in Grub 26 bzw. 27 % des Rohproteins und entsprach damit dem Maximum der Richtwerte (20 bis 27 % XP) des LKS. Die Silagen in Freising sowie das Ausgangsmaterial in Grub lagen bei etwa 31 % des Rohproteins und das Ausgangsmaterial in Freising bei 35 % des Rohproteins. Es verlässt somit mehr Rohprotein unverdaut den Pansen Richtung Dünndarm als angestrebt wird. Die Werte zur Proteinfraktionierung lagen etwa im Bereich, den auch Jilg *et al.* (2020) festgestellt hatten. Der höhere UDP-Wert von Maissilage gegenüber Mais-Stangenbohnenensilage in ihrem Silierversuch konnte nicht bestätigt werden.

Die vorliegenden Daten zeigten keinen eindeutigen Einfluss des Ausgangsmaterials auf die Silierfähigkeit, die Silagequalität sowie die Proteinfractionen. Alle Silagen erreichten eine gute Gärqualität. Die Mais-Stangenbohnen-Mischungen ließen sich ebenso gut silieren wie der reine Mais. Ein signifikanter Einfluss des Stangenbohnenanteils war nicht erkennbar. Das chemische Siliermittel hatte an beiden Orten einen signifikanten Einfluss auf die aerobe Stabilität, die Varianten mit dem biologischen Siliermittel unterschieden sich darin nicht von den unbehandelten Varianten.

Alle Proben wurden auch auf Phasin untersucht. Informationen zu Phasin sind unter 2.6.3 zusammengefasst.

Tab. 30: Phasingehalt von Ausgangsmaterial (AM) und Silagen des Silierversuchs

Prüfglied	Phasingehalt (mg/g)			
	Freising		Grub	
	Mittelwert	Standardabweichung	Mittelwert	Standardabweichung
AM 1M	0,0046	0,0004	0,0032	0,0003
AM 2MB	0,0037	0,0004	0,0034	0,0000
AM 3MB	0,0418	0,0140	0,0488	0,0017
1M	0,0041	0,0008	0,0043	0,0004
2MB	0,0044	0,0006	0,0040	0,0008
3MB	0,0046	0,0011	0,0039	0,0000
3MBbio	0,0046	0,0007	0,0044	0,0000
2MBchem	0,0037	0,0000	0,0045	0,0008

Der Phasingehalt der Maisvariante 1M unterschied sich im Ausgangsmaterial in Grub nicht von der Mischung mit der phasinarmeren Stangenbohnenart WAV 512 (1MB), in Freising war der Wert von Mais sogar höher. Die Mischung mit der phasinreichen Maissorte Anellino Verde hatte etwa zehnfach so hohe Werte. In Grub war der gemessene Wert bei Mais nach der Silierung etwas höher, in Freising auf demselben Niveau. Der Phasingehalt der phasinarmeren Mischung war nach der Silierung tendenziell etwas höher als vorher. Der Phasingehalt der phasinreichen Mischung unterschied sich nach der Silierung nicht von 1M und 2MB. Die Silage mit dem chemischen Siliermittel hatte einen wesentlich niedrigeren Gehalt. In Grub war der Phasingehalt von 3MB ebenfalls sehr niedrig, die Mischungen mit Silierzusätzen hatten etwas höhere Werte. Insgesamt bewegten sich alle Proben in einem sehr niedrigen, unkritischen Bereich. Der höhere Phasingehalt von Anellino Verde gegenüber WAV 512 war nur im Ausgangsmaterial nachzuweisen, nicht aber in der Silage. Dies bestätigt die Ergebnisse von Leiser & Brugger (2019), die nach der Silierung kein Phasin mehr in der Silage nachweisen konnten, selbst wenn phasinreiche Stangenbohnen im Ausgangsmaterial waren. Aufgrund dieser Ergebnisse steht der Verwendung von Mais-Stangenbohnen-Mischungen in der Rinderfütterung nichts entgegen. Da es bisher aber keine kontrollierten langfristigen Untersuchungen zur Fütterung von Mais-Stangenbohnen-Mischungen und möglichen Langzeiteffekten gibt, sollten bevorzugt phasinarmeren Stangenbohnenarten angebaut werden.

2.6.2 Biogasausbeute

Da die Mischung aus Mais und Stangenbohnen ein potentiell Substrat für die Biogasanlage darstellt, sollte ermittelt werden, welchen Einfluss der Stangenbohnenanteil auf die Gasbildung hat. Leguminosen sind bei der Nutzung in der Biogasanlage häufig Mischungspartner, z.B. in Wickroggen oder Erbsen-Getreide-Gemenge. Nachdem es aus einem anderen Projekt erste Hinweise gab, dass die Stangenbohnen zu einem erheblichen Rückgang der Biogasausbeute gegenüber reinem Mais führen, wurde Anfang 2016 ein erster Tastversuch mit 3 Stangenbohnenproben aus der Ernte 2015 durchgeführt.

Für die Qualitäts- und Biogasbestimmung wurde zum einen das schonend getrocknete Material von der Ernte mit dem Häcksler verwendet. Des Weiteren wurden Proben aus der Handernte aus dem Düngerversuch analysiert. Bei denen setzte sich die Probe aus 10 Pflanzen zusammen, die aus der Mitte einer Parzellenreihe herausgeschnitten wurden. Es wurden zuerst die Anteile der zwei Arten erfasst und das gehäckselte bzw. vermahlene Material anschließend mit den entsprechenden Gewichtsanteilen wieder gemischt. Die Untersuchung auf Biogas erfolgte am Institut für Landtechnik und Tierhaltung (ILT) der LfL im Batchverfahren an getrocknetem, unsiliertem Material nach der VDI Richtlinie 4630.

Der Verlauf der Biogasbildung ist bei Mais sowie Stangenbohne zu Beginn nahezu identisch (Abb. 62). Nach etwa 1,5 Tagen geht die Gasbildung der Stangenbohne gegenüber Mais bereits zurück, etwa am 4. Tag beginnt die Kurve abzuknicken. Ab etwa einer Woche nach dem Start steigt die Gasbildung bei der Stangenbohne nur noch sehr gering. Bei Mais ist der Knick in der Kurve weniger stark ausgeprägt, selbst am Ende der Messung liegt die tägliche Gasbildung geringfügig über der der Stangenbohne. Die leichtverwertbaren wasserlöslichen Kohlenhydrate und das Protein der Stangenbohne sind rasch abgebaut. Es bleiben zum großen Teil nur noch unterschiedlich gut abbaubare Zellwandbestandteile, es fehlt der Stärkeanteil des Mais. Zudem stellte sich die Frage, inwieweit Phasin oder andere antinutritive Bestandteile der Stangenbohne die Bakterien hemmen und negativ auf die Gasbildung einwirken.

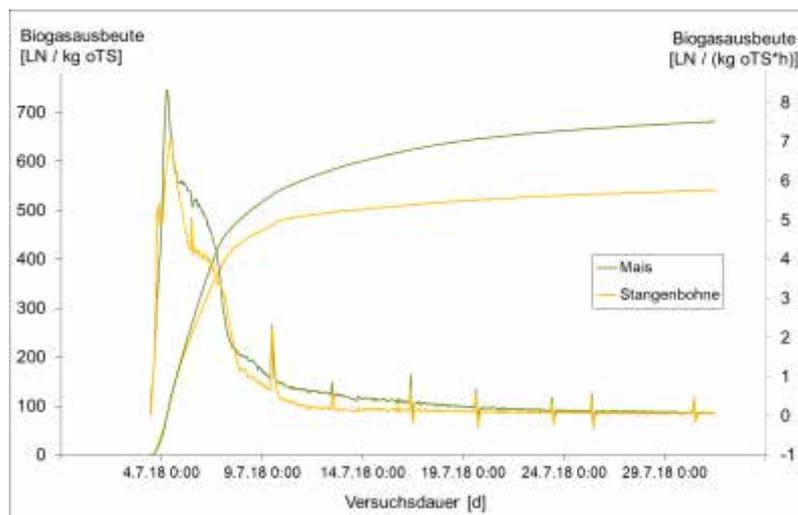


Abb. 62: Typischer Verlauf der Biogasbildung bei Mais und Stangenbohne

Die Untersuchung der Gasausbeute erfolgte an 10 Mais, 10 Stangenbohnen und 23 Mais-Stangenbohnen-Mischungen mit verschiedenen Mais und Stangenbohnenarten im Batch-Versuch am ILT. Die Stangenbohnen hatten einen durchschnittlichen TS-Gehalt von 22,0 % ohne Probe S1501 (49,8 %). Diese war eine sehr weit abgereifte Neckarkönigin, bei der das Probenmaterial nur aus Hülsen, Bohnenkernen und Ranken bestand. Der TS-Gehalt der geprüften Maissorten betrug durchschnittlich 38,3 %, die Mischungen lagen bei 35,3 %.

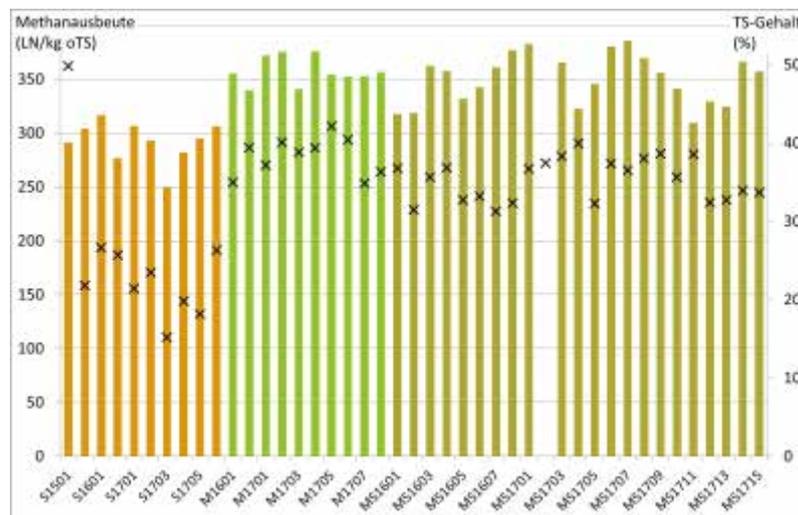
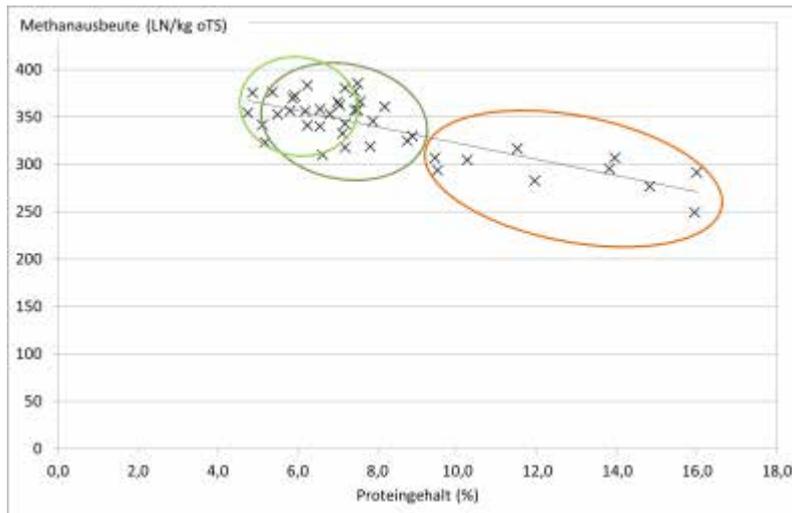


Abb. 63: Methanausbeute und TS-Gehalt von Stangenbohnen (S1501 bis S1704), Mais (M1601 bis M1708) und Mais-Stangenbohnen-Mischungen (MS1601 bis MS1715)

Die Stangenbohnen lagen in der Biogaserzeugung deutlich unter Mais und Mischungen (Abb. 63). Die durchschnittliche Biogaserzeugung von 546 L_N/kg oTS bei den Stangenbohnen führte zusammen mit einem Methangehalt von 53,5 % zu einer durchschnittlichen Methanausbeute von 292 L_N/kg oTS. Der Methangehalt war damit etwas höher als der von Mais (52,8 %) und Mischungen (52,9 %). Der Mais hatte die höchste Biogaserzeugung mit 677 L_N/kg oTS, die Methanausbeute lag bei durchschnittlich 357 L_N/kg oTS.

In Teil der Mischungen wies einen Stangenbohnenanteil von 4 bis 23 % in der TM auf. Bei diesen Proben war eine Handerte mit anschließender Separierung und Bestimmung der Anteile erfolgt. Ein zweiter Probensatz bestand aus Proben vom Häcksler. Bei diesen war die Bestandesdichte 7 Mais und 5 Stangenbohnen je m². Die Biogaserzeugung aller Mais-Stangenbohnen-Mischungen lag mit 659 L_N/kg oTS etwas unter der vom Mais, die Methanausbeute war 349 L_N/kg oTS und unterschied sich somit im Mittel nicht signifikant von der von Mais. Bei den Mischungen war die Variation größer als bei Mais allein. Es gab Mischungen, deren Methanausbeute deutlich unter der von Mais lag, aber auch welche mit höherer. Im vorliegenden Datensatz gab es keinen Zusammenhang zwischen dem Stangenbohnenanteil und der Höhe der Methanausbeute. Das bereits zu Beginn genannte Ergebnis, dass die Methanausbeute von Mais-Stangenbohnen-Mischungen bei steigendem Bohnenanteil sehr rasch sinkt (Nurk *et al.* 2017), konnte nicht bestätigt werden.

Stellt man die Methanausbeute dem Rohproteingehalt in der Mischung entgegen, der ein gutes Kriterium für den Stangenbohnenanteil ist, so gibt es im zurzeit relevanten Rohproteinbereich von Mischungen, keinen Zusammenhang zwischen Stangenbohnenanteil und Methanausbeute (Abb. 64). Bei einer Erhöhung des Stangenbohnenanteils oder einer Veränderung des Sortenspektrums sind weitere Untersuchungen zu empfehlen, da es sich hier nur um einen kleinen Datensatz mit eingeschränkter Aussagekraft handelt



Mais, Mais-Stangenbohnen-Mischungen, Stangenbohnen

Abb. 64: Zusammenhang zwischen Rohproteingehalt und Methanausbeute bei den Proben des Batch-Versuchs

2.6.3 Phasin

Stangenbohnen (*Phaseolus vulgaris L.*) sind stark giftig, so dass bereits die Aufnahme kleiner Mengen zu Vergiftungserscheinungen führt. Es wird dabei hauptsächlich die Darmschleimhaut und in der Folge die Verdauungskapazität geschädigt (IVT 2020). Bei Menschen sind Erbrechen, Durchfall und Magen-Darm-Beschwerden die Folge. Für Rinder wird eine toxische Dosis von 500 g rohen Gartenbohnen pro Tag angegeben (IVT 2020). Die Hauptwirkstoffe sind Lectine, zu denen auch das Phasin gehört. Phasine sind in allen Pflanzenbestandteilen enthalten, besonders aber in den Hülsen (Leiser *et al.* 2019). Das Phasin wird durch Kochen abgetötet. Daher ist es auch möglich Stangenbohnen nach dem Kochen ohne Probleme zu verzehren, vor dem Kochen führen sie in derselben Menge zu Gesundheitsbeschwerden bis zum Tod. Da das Erhitzen vor der Verfütterung nicht möglich ist, stellte sich die Frage, wie sich Phasin in der Kuh auswirkt und ob es eine Wirkung in der Biogasanlage hat.

Der Gehalt an Phasin schwankt zwischen einzelnen Stangenbohnen-Sorten stark (Brugger *et al.* 2016), wobei die untersuchten Bohnen zum Hülsenverzehr geringere Gehalte hatten als die Trocken- oder Auskernbohnen, bei denen die Kerne gegessen werden. Teilweise war der Gehalt nur geringfügig über der Nachweisgrenze.

Die Untersuchungen zum Phasingehalt wurden an der Technischen Universität München, Lehrstuhl für Tierernährung in Freising etabliert und erfolgen nach Bolduan *et al.* (2016). Nachdem es zu Verzögerungen in der Analytik kam und daraufhin einige Fragen bereits durch Untersuchungen anderer Arbeitsgruppen beantwortet worden waren, wurden 2019 die Proben des Batch- und Silierversuchs untersucht, um festzustellen, ob es einen Einfluss des Phasingehalts auf die Silierung (siehe 2.6.1) oder die Biogasausbeute gab.

In Abb. 65 sind der Phasingehalt sowie die Methanausbeuten der Proben aus dem Batch-Versuch aufgetragen. Insgesamt waren die Phasingehalte auf einem niedrigen Niveau. Es handelte sich bei allen Proben um Ganzpflanzen. Die Probe Anellino Verde 1 hatte einen geringeren Anteil an gut gefüllten Hülsen als Anellino Verde 2, was den geringeren Phasingehalt erklärt. Die zwei anderen höheren Werte gehören zu zwei Auskernbohnen. Mischungen mit WAV 512 hatten Werte von 0,17 und 0,08 mg/g. In diesem Datensatz gab es keinen Einfluss des Phasingehalts auf die Methanausbeute, die in einem weiten Bereich schwankte. Leiser & Brugger (2019) untersuchten die Beziehung zwischen der Gasbildung gemessen mit dem Hohenheimer Futterwerttest und dem Phasingehalt und stellten ebenfalls keinen Zusammenhang fest. Da die Phasingehalte nach der Silierung selbst bei phasinreichen Stangenbohnen nur noch sehr gering sind, ist kein Einfluss des Phasins auf die Methanausbeute in der Biogasanlage zu erwarten. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass es andere antinutritive Stoffe in den Stangenbohnen gibt, die möglicherweise eine Wirkung haben. Es wären auf diesem Gebiet weitere Untersuchungen erforderlich. Besonders auch dann, wenn der Stangenbohnenanteil in der Silage weiter erhöht werden sollte.

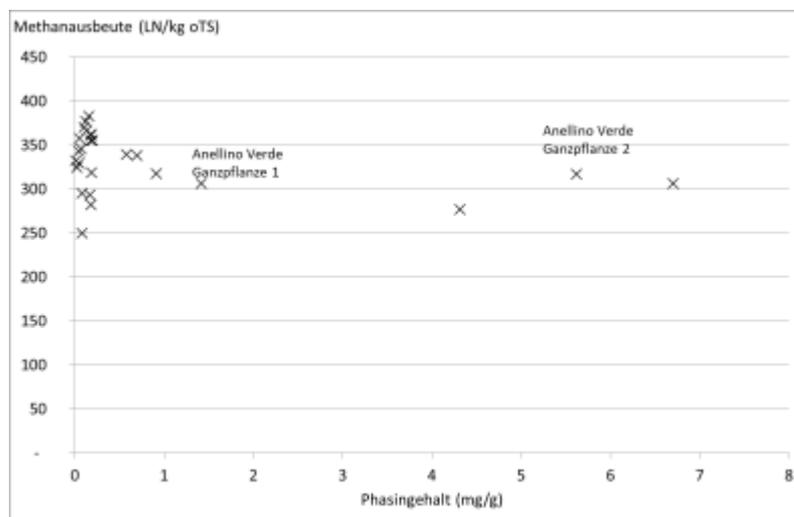


Abb. 65: Phasingehalt und Methanausbeute der Proben aus dem Batch-Versuch

2.6.4 Inhaltsstoffe

Die Proben, die zuvor im Batch analysiert worden sind, wurden im Anschluss nassanalytisch bei AQU auf ihre Inhaltsstoffe untersucht (s. auch 2.3.5). Ein Ziel der Beimischung des Maises mit Stangenbohnen ist es, den Eiweißgehalt der stärkereichen Maissilage zu erhöhen. Die Inhaltsstoffanalysen sollten zur Beantwortung der Frage dienen, ob dies möglich ist.

Tab. 31: Inhaltsstoffe der Proben des Batch-Versuchs

Fraktion	Anzahl		Roh- protein	Stärke	Zucker	NDF	ADF	ADL	Fett
			% TS						
Stangen- bohnen	10	Minimum	9,4	8,3	4,1	30,0	23,5	3,6	0,6
		Mittelwert	12,7	22,8	7,3	36,0	27,5	4,5	0,8
		Maximum	16,0	31,9	10,0	42,8	34,7	6,0	1,2
Mais	10	Minimum	4,8	30,9	5,8	33,8	18,2	1,8	2,2
		Mittelwert	6,0	38,5	8,0	41,4	21,0	2,4	2,6
		Maximum	7,4	46,2	11,4	51,1	24,6	3,3	3,0
Mais- Stangen- bohnen	23	Minimum	5,1	23,6	3,3	33,3	19,6	2,3	1,6
		Mittelwert	7,1	35,5	6,9	42,1	23,5	3,0	2,4
		Maximum	8,9	47,5	9,6	56,5	27,9	4,1	3,4
Mischung mit 20 % Stangen- bohnen in der TM			8,9	39,4	7,1	39,3	20,5	2,4	2,1

NDF: *Neutral Detergent Fibre*, ADF: *Acid Detergent Fibre*, ADL: *Acid Detergent Lignin*

Die untersuchten Varianten wiesen eine große Variation in den Inhaltsstoffen auf (Tab. 31). Der durchschnittliche Rohproteingehalt des Maises betrug 6,0 % in Kombination mit einem durchschnittlichen Zuckergehalt von 8,0 %, NDF-Gehalt von 41,4 %, ADF-Gehalt von 21,0 %, Ligningehalt von 2,4 sowie Fettgehalt von 2,6 %. Bei der Stangenbohne war der Rohproteingehalt mit durchschnittlich 12,7 % und einem Maximalwert von 16 % eher gering. Im Proteingehalt gibt es eine breite genetische Variation bei den Stangenbohnen, es sind Gehalte von über 20 % möglich (Leiser 2020). Aufgrund der geringen Rohproteingehalte bei den Stangenbohnen war auch der Gehalt in den Mischungen mit 7,1 % im Durchschnitt nicht sehr hoch. Der Anstieg im Rohproteingehalt ist mit einem Rückgang im Stärkegehalt verbunden, so dass genau abgewogen werden muss, inwieweit ein Rückgang im Stärkegehalt für eine Erhöhung des Rohproteingehalts „geopfert“ werden soll. Es ist daher bei Mais eine stärkereiche, kolbenbetonte Sorte mit guter Verdaulichkeit der Restpflanze zu empfehlen. Es zeigte sich im Datensatz auch, dass ein hoher Rohprotein- und Stärkegehalt in einer Mais-Stangenbohnen-Mischung verbunden sein können, s. Beispiel in Tab. 31.

Da die nassanalytische Untersuchung auf die futterwertbestimmenden Merkmale zeit- und kostenaufwändig ist, wird für die standardmäßige Untersuchung von Silomais auf die Nahinfrarotreflexionspektroskopie (NIRS) zurückgegriffen. Für die relevanten Qualitätsmerkmale wurden Kalibrationsgleichungen erstellt, mit denen eine schnelle Analytik großer Probenumfänge möglich ist. Die VDLUFA-Standardkalibration für Silomais wurde aber an einem breiten Spektrum von Silomais ohne Beimengen erstellt.

Testweise wurde 2018 der Düngerversuch, bei dem es auf dem Feld eine breite Variation gab, mit NIRS analysiert. Es zeigte sich, dass der H-Wert, der ein Maß dafür ist, ob die Proben von der Gleichung sinnvoll bewertet werden können, bei den Mischungen zu einem großen Teil unter der Schwelle von 3 lag. Dies zeigt, dass die Proben prinzipiell ins Raster passen. Die Werte waren erklärbar und passten zu dem, was auf dem Feld stand. Das heißt z.B., dass die Varianten mit Leguminosen einen höheren Proteingehalt hatten und die sichtbaren Abstufungen auf dem Feld sich auch in den Inhaltsstoffen widerspiegeln (Tab. 11A, 12A).

Nachdem die Abgabe des Berichts bis Frühjahr 2020 verschoben werden konnte und noch Restgelder vorhanden waren, wurde die Chance genutzt, auch Versuche aus dem Erntejahr 2019 mit NIRS zu analysieren. Zusätzlich wurde der Rohproteingehalt des Düngerversuchs des Jahres 2019 auch mit der Methode nach Kjeldahl (1883) nassanalytisch bestimmt, um festzustellen, wie genau die indirekte Bewertung des Proteingehalts, welches ein Zielmerkmal der Mais-Stangenbohnen-Mischung ist, mit NIRS erfolgt.

Die Korrelation zwischen dem nassanalytischen Wert für Rohprotein und dem mit NIRS geschätzten war mit einem Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,93$ sehr hoch (Abb. 66). Der Rohproteingehalt kann somit mit hoher Genauigkeit mit NIRS bewertet werden. Die Werte der Nassanalytik waren etwas höher mit einem Mittelwert von 6,66 % gegenüber 6,19 %.

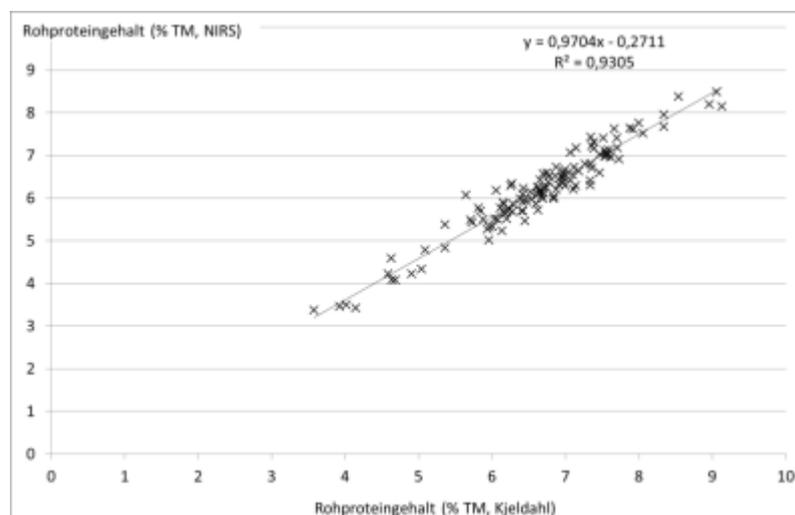


Abb. 66: Beziehung zwischen nassanalytisch bestimmten Rohproteingehalt (Kjeldahl) und mit NIRS bestimmten Rohproteingehalt

2.6.4.1. Rohproteingehalt im Anbauversuch

Die H-Werte aus der NIRS-Analytik des Anbauversuchs waren alle in einem sehr niedrigen Bereich. Im Anbauversuch war der Rohproteingehalt der Mais-Stangenbohnen-Mischungen in Freising und Grub höher als der von Mais (Abb. 67). Der durchschnittliche Gehalt lag in Freising bei Mais bei 6,0 % und in Grub bei 5,7 %. Der höhere Gehalt an Stangenbohnen in Grub zeigte sich deutlich in einem höheren durchschnittlichen Rohproteingehalt von 7,6 % gegenüber 5,7 % in Freising. Im Mittel entsprach dies einem Anstieg in den Mischungen gegenüber dem Mais von etwa 17 % (11 bis 26 %) in Freising und 34 % (16 bis 56 %) in Grub. Infolge des Anstiegs im Rohproteingehalt sank der Stärkegehalt (Tab. 11A, 12A). In Freising war der durchschnittliche Rückgang im Stärkegehalt gering mit 35,4 % gegenüber 36,9 %. In Grub war er mit einem Stärkegehalt von 31,4 % bei den Mischungen gegenüber 34,7 % bei Mais höher.

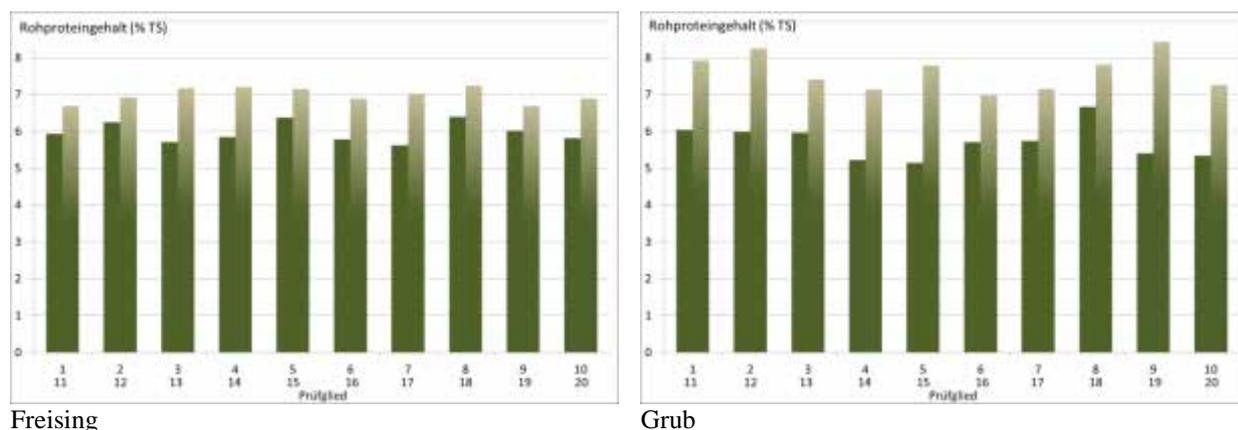


Abb. 67: Rohproteingehalt von Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen im Anbauversuch in Freising und Grub 2019

2.6.4.2. Rohproteingehalt im Düngerversuch

Sowohl in Freising wie auch in Grub war bei allen Vergleichen innerhalb einer N-Stufe ein höherer Proteingehalt der Mais-Stangenbohnen-Mischung gegenüber dem Mais *per se* feststellbar (Abb. 68).

Tab. 32: Durchschnittlicher Gehalt verschiedener Inhaltsstoffe bei den drei Prüfgliedern des Düngerversuchs im Jahr 2018 (ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im SNK-Test, $\alpha = 5\%$)

Prüfglied	Rohprotein	Stärke	Zucker	NDF	ADF	ADL	Fett
% TS							
Freising							
1	5,9 a	36,6 a	10,1 a	38,6 a	21,8 a	1,8 a	2,9 a
2	7,2 b	36,0 a	6,9 b	41,6 b	23,1 b	2,4 c	2,8 b
3	7,0 b	36,3 a	7,5 b	41,0 b	22,8 b	2,3 b	2,9 a
Grub							
1	4,9 a	32,0 a	8,2 a	46,1 a	26,5 a	2,1 a	2,5 a
2	7,2 c	31,0 ab	5,2 b	51,4 c	29,1 a	2,8 c	2,5 a
3	6,5 b	27,5 b	6,1 b	47,5 b	27,1 a	2,5 b	2,7 a

NDF: Neutral Detergent Fibre, ADF: Acid Detergent Fibre, ADL: Acid Detergent Lignin

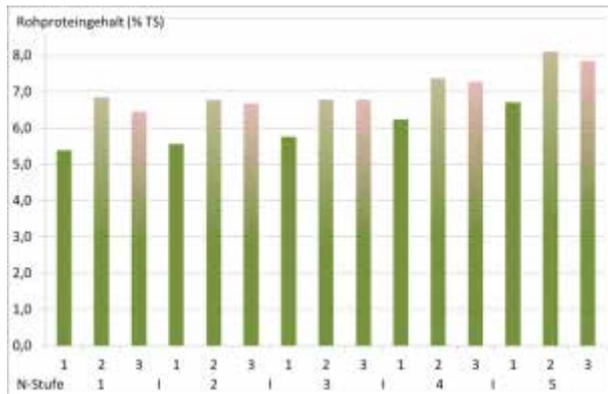
Im ersten Untersuchungsjahr waren sich die Mischungen in den Inhaltsstoffen dabei in Freising ähnlicher als der der Mais und die Mischungen (Tab. 32). Der Stärkegehalt war bei den drei Prüfgliedern im Durchschnitt nicht verschieden. Der Rohproteingehalt von Mais war mit 5,9 % eher niedrig, der Gehalt der Mischungen etwa 20 % höher, wobei sich die Mischungen nicht unterschieden. In Grub gab es mehr Unterschiede zwischen den Mischungen. So waren die Stärkegehalte von Mais und der Mischung mit WAV 512 auf einem Niveau, der Stärkegehalt der Mischung mit Anellino Verde war mit 27,5 % deutlich, aber nicht signifikant niedriger als die Mischung mit WAV 512. Beim Rohproteingehalt gab es eine Dreiteilung. Deutlich den niedrigsten Wert mit nur 4,9 % hatte der Mais gefolgt von der Mischung mit Anellino Verde (+ 33 %) und der Mischung mit WAV 512 (+ 46 %).

Tab. 33: Durchschnittlicher Gehalt verschiedener Inhaltsstoffe bei den drei Prüfgliedern des Düngeversuchs im Jahr 2019 (ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im SNK-Test, $\alpha = 5\%$)

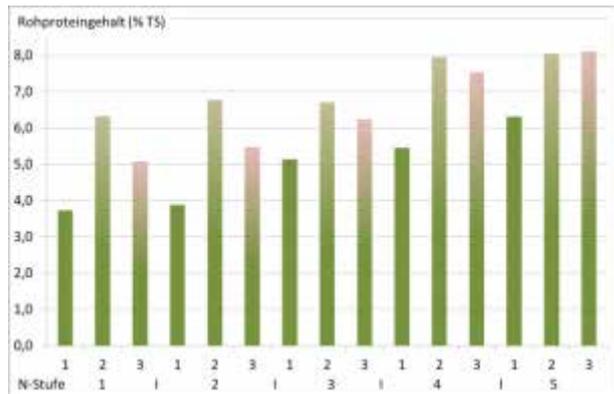
Prüfglied	Rohprotein	Stärke	Zucker	NDF	ADF	ADL	Fett
% TS							
Freising							
1	5,8 a	34,8 a	10,6 a	38,8 a	22,2 a	2,1 a	2,3 a
2	6,8 b	33,3 a	7,3 b	42,0 b	23,9 b	2,6 b	2,1 b
3	6,7 b	33,4 a	7,9 b	41,8 b	23,3 ab	2,5 b	2,2 b
Grub							
1	4,8 a	34,0 a	8,5 a	43,8 a	24,4 a	1,8 a	2,3 a
2	6,5 b	29,6 b	6,8 b	46,8 b	26,0 b	2,5 c	2,3 a
3	6,5 b	33,1 a	6,8 b	43,7 a	24,0 a	2,3 b	2,3 a

NDF: Neutral Detergent Fibre, ADF: Acid Detergent Fibre, ADL: Acid Detergent Lignin

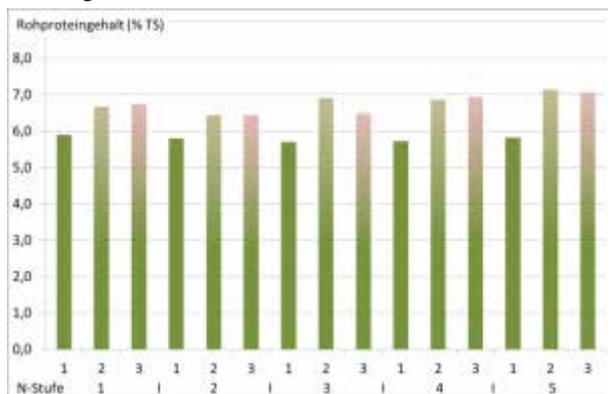
Im Jahr 2019 unterschied sich der Mais bei den meisten untersuchten Merkmalen signifikant von den Mischungen, die an beiden Standorten kaum verschieden waren. Im Durchschnitt erreichte der Mais nur einen Rohproteingehalt von 5,8 % in Freising und 4,8 % in Grub. Der Rohproteingehalt der Mischungen war signifikant höher, in Freising um 17 % und in Grub um etwa 35 %. Das Niveau war mit 6,8 bzw. 6,5 % aber immer noch niedrig. In diesem Jahr war nur der Stärkegehalt der Mischungen mit WAV 612 in Grub niedriger, bei den anderen Prüfgliedern gab es keine relevanten Abweichungen.



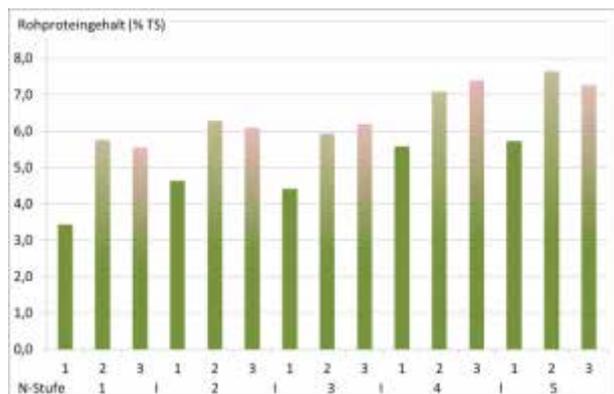
Freising 2018



Grub 2018



Freising 2019



Grub 2019

1 Figaro, 2 Figaro + WAV 512 bzw. 612, 3 Figaro + Anellino Verde

Abb. 68: Rohproteingehalt von Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen im Düngeversuch in Freising und Grub 2018 und 2019

Die Steigerung der N-Versorgung hatte zumeist einen signifikanten Effekt auf die Ausprägung der Inhaltsstoffe (Tab. 34, 35). Eine Ausnahme bildete Freising. Im Versuchsjahr 2019 gab es nicht nur keine Unterschiede im Ertrag, sondern auch in den Inhaltsstoffen waren keine feststellbar.

Auf die Gehalte an Zellwandbestandteilen NDF, ADF und ADL sowie Rohfett hatte die Höhe der N-Düngung 2018 nahezu keinen Einfluss. Der ADL-Gehalt in Grub war 2019 ebenfalls nicht beeinflusst. Bei den Merkmalen NDF, ADF und Rohfett gab es eine Grenze zwischen den Stufen 1 bis 3 sowie 4 und 5. Der Zuckergehalt war tendenziell bei N-Stufe 5 höher, bei den anderen Stufen gab es keine klaren Effekte, die sich über die Jahre bestätigten.

Der Stärkegehalt lag im Durchschnitt der Jahre in Freising (2018) mit 36,3 % im mittleren Bereich. Dort gab es auch signifikante Unterschiede zwischen den Stufen, die aber nicht in einem klaren Zusammenhang mit der Höhe der N-Düngung standen. Im selben Versuchsjahr war der Stärkegehalt in Grub mit durchschnittlich 30,2 % sehr niedrig. Der Stärkegehalt war bei den höheren N-Stufen tendenziell, aber nicht signifikant höher. Im Jahr 2019 betrug der durchschnittliche Stärkegehalt in Freising 33,8 %. In Grub war die Kolbenausbildung besser als im Vorjahr, der Stärkegehalt betrug durchschnittlich 32,3 %, was auch noch relativ niedrig ist. Dabei war der Gehalt bei N-Stufe 1 tendenziell, aber nicht signifikant niedriger.

Tab. 34: Durchschnittlicher Gehalt verschiedener Inhaltsstoffe bei den fünf Düngestufen des Düngeversuchs im Jahr 2018 (ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im SNK-Test, $\alpha = 5\%$)

N-Stufe	Rohprotein	Stärke	Zucker	NDF	ADF	ADL	Fett
% TS							
Freising							
1	6,2 c	37,3 a	7,8 ab	40,3 a	22,5 a	2,1 a	2,8 a
2	6,3 c	35,4 b	9,5 a	40,6 a	22,9 a	2,1 a	2,8 a
3	6,4 c	35,8 b	8,9 a	40,5 a	22,8 a	2,1 a	2,9 a
4	7,0 b	37,1 a	7,9 ab	39,7 a	22,0 a	2,2 a	3,0 a
5	7,6 a	35,9 ab	6,8 b	41,0 a	22,7 a	2,4 b	2,9 a
Grub							
1	5,1 a	29,1 a	9,2 a	47,6 a	27,1 a	2,3 a	2,4 ab
2	5,3 a	27,4 a	7,7 b	50,8 a	29,4 a	2,5 a	2,4 a
3	6,0 b	29,7 a	6,5 bc	49,4 a	28,5 a	2,5 a	2,6 ab
4	7,0 c	32,8 a	5,2 cd	46,3 a	26,2 a	2,6 a	2,8 ab
5	7,5 c	31,9 a	4,1 d	47,3 a	26,4 a	2,6 a	2,7 b

NDF: Neutral Detergent Fibre, ADF: Acid Detergent Fibre, ADL: Acid Detergent Lignin

Tab. 35: Durchschnittlicher Gehalt verschiedener Inhaltsstoffe bei den fünf Düngestufen des Düngeversuchs im Jahr 2019 (ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im SNK-Test, $\alpha = 5\%$)

N-Stufe	Rohprotein	Stärke	Zucker	NDF	ADF	ADL	Fett
% TS							
Freising							
1	6,4 a	35,2 a	8,8 a	39,5 a	22,3 a	2,4 a	2,3 a
2	6,2 a	34,7 a	8,9 a	40,1 a	22,9 a	2,4 a	2,2 a
3	6,4 a	33,3 a	8,6 a	41,3 a	23,6 a	2,4 a	2,2 a
4	6,5 a	32,8 a	8,7 a	41,1 a	23,6 a	2,4 a	2,2 a
5	6,7 a	33,2 a	8,2 a	41,2 a	23,5 a	2,5 a	2,2 a
Grub							
1	4,9 a	30,1 a	7,6 ab	48,4 a	26,9 a	2,2 a	2,1 a
2	5,7 b	33,4 a	6,7 a	44,9 bc	25,0 ab	2,3 a	2,3 ab
3	5,5 b	32,1 a	7,2 ab	45,9 ab	25,6 a	2,2 a	2,3 ab
4	6,7 c	33,2 a	7,4 ab	42,4 c	23,4 b	2,2 a	2,4 b
5	6,9 c	32,5 a	8,0 b	42,2 c	23,1 b	2,2 a	2,4 b

NDF: Neutral Detergent Fibre, ADF: Acid Detergent Fibre, ADL: Acid Detergent Lignin

Eine Erhöhung der N-Düngung bewirkte im ersten Versuchsjahr an beiden Standorten eine signifikante Steigerung im Zielmerkmal Rohproteingehalt, in Freising wurde ein Anstieg von 6,2 auf 7,6 % und in Grub von 5,1 auf 7,5 % verzeichnet. Im zweiten Jahr schwankte der Rohproteingehalt in Freising etwas um den Durchschnittswert von 6,4. In Grub war der Anstieg wiederum signifikant von sehr niedrigen 4,9 % auf 6,9 %. Somit betrug der Anstieg von Düngestufe 1 auf 5 in Freising 2018 etwa 20 %, in Grub jeweils über 40 %.

In den vorliegenden Vergleichen war durch die Beimengung der Stangenbohnen eine Erhöhung des Rohproteingehalts der Mischungen gegenüber dem Mais möglich, der Stärkegehalt und auch die Verdaulichkeit gingen teilweise relevant zurück. Allerdings bewegte sich der Rohproteingehalt bei Mais vor allem bei den gering versorgten N-Stufen auf einem sehr niedrigen Niveau. Bei diesen profitierten die Mischungen besonders stark von den Stangenbohnen. So war auch der Unterschied zwischen Mais und Mischungen am Standort Freising infolge des geringeren Bohnenanteils geringer. Die Steigerung war besonders am schwächeren Standort Grub gegeben. Dort nahm die Differenz mit zunehmender N-Düngung ab.

Neben Rohproteingehalt und Stärke sind auch die übrigen Inhaltsstoffe und deren Gehalte zu beachten. Wie ist die Mais-Stangenbohnen-Mischung in der Verdaulichkeit, im Energiegehalt gegenüber reinem Mais zu bewerten? Wie ist der Rohproteinertrag, wie der Energieertrag von der Fläche? In den vorliegenden Untersuchungen war der Rückgang im Flächenertrag bei den Mischungen zumeist höher als der Anstieg im Rohproteingehalt, so dass in der Summe der Rohproteinertrag zurückging (nicht dargestellt). Allerdings ist im Hinblick auf den Ertrag mit einer Verbesserung zu rechnen, wenn die Pflanzenzahl bei Mais den angestrebten Bereich erreicht. Dann steigt jedoch unter normalen Umständen auch der Stärkegehalt in der Mischung, so dass gut ausgereifte, ertrag- und proteinreiche Stangenbohnen als Ergänzung erforderlich sind, um einen relevanten Anstieg im Rohproteingehalt zu erreichen.

2.7. Test weiterer Mais-Leguminosen-Mischungen

Neben Stangenbohnen werden immer wieder andere Kombinationen aus Mais und Leguminosen für den Anbau getestet. So wurde und wird beispielsweise der Anbau von Mais mit Andenlupine erprobt (Roux *et al.* 2016, JKI 2019) oder es wurde Mais zusammen mit unterschiedlichen Leguminosen geprüft (Busch *et al.* 2018). Tastversuche mit Ackerbohnen und Sojabohnen wurden in Nordrhein-Westfalen durchgeführt (Theobald 2020). Im Saatguthandel wird die Mischung aus Mais und Ackerbohne als Alternative zu Mais offeriert (DSV 2020, agaSaat 2020). Leguminosen können Phosphor im Boden mobilisieren (Busch *et al.* 2018) und so die Verfügbarkeit für den Mais steigern. So waren Mischungen besonders unter Mangelsituationen stabiler im Ertrag als der Mais im Reinanbau (Busch *et al.* 2018).

Im Rahmen des Projekts wurden einige Parzellen zu Mais mit Sojabohnen (*Glycine max* L.) und Ackerbohnen (*Vicia faba* L.) angelegt. Exaktversuche oder detaillierte Erfassung von Artenanteilen oder Beitrag einer Art zur Qualität waren aus Kapazitätsgründen nicht möglich. Im Folgenden zeigen einige Fotos beispielhaft die Anbaukombinationen.

2.7.1 Mais und Sojabohne

2016 erfolgte der Anbau mit gemischtem Saatgut, im Jahr 2017 wurde die Sojabohne am selben Tag neben den Mais abgelegt. Als Sojabohne wurde die späte Sorte Mentor gewählt. Die angestrebte Bestandesdichte von Mais zu Sojabohne war 7:5 Pfl/m².



Abb. 69: Sojapflanzen mit gelben Blättern und wenigen Hülsen tragen kaum zum Ertrag bei, Grub 8.9.2016



Abb. 70: Gleichmäßiger Aufgang der Sojabohnen neben dem Mais, Freising 1.6.2017.



Abb. 71: Jugendentwicklung von Mais und Sojabohne, Freising 16.6.2017



Abb. 72: Starke Beschattung der Sojabohnen durch den Mais, Freising 24.7.2017

2018 gelangte ein Hase in die Versuchsfläche und hat selektiv die Sojabohnen abgefressen.

Die Sojabohnen haben die gleiche Anforderung an den Aussattermin wie der Mais, sind aber als Mischungspartner mit den vorliegenden Sorten und bei Aussaat gemischt in der Reihe oder direkt neben der Reihe dem Mais unterlegen. Teilweise sind die Sojabohnen früh vertrocknet. Andere sind relativ früh abgereift. Bei streifenweisem Anbau zwischen Maisreihen war die Konkurrenz zwar geringer, der Beitrag zum Gesamtertrag war aber auch nur mäßig (Theobald 2020). Unter den getesteten Bedingungen ist die Mischung nicht zum Praxisanbau geeignet, wenn die Sojabohne einen relevanten Teil zu Ertrag und Qualität beitragen soll.

2.7.2 Mais und Ackerbohne

Die Ackerbohne (Sorte Fuego) wurde 2017 neben den Mais abgelegt. Im Folgejahr erfolgte der Anbau nur mit gemischtem Saatgut in einer Reihe. Im letzten Versuchsjahr wurden die gemeinsame Aussaat wiederholt und zusätzlich eine reihenweise Aussaat mit zweireihigem Wechsel von Mais und Ackerbohne getestet. Die angestrebte Bestandesdichte von Mais zu Ackerbohne betrug in allen Jahren 7:5 Pfl/m².



Abb. 73: Gleichmäßiger Aufgang der Sojabohnen neben dem Mais, Freising 1.6.2017.



Abb. 74: Jugendentwicklung von Mais und Ackerbohne, Grub 16.6.2017



Abb. 75: Ackerbohnen können der Konkurrenz durch den Mais nicht standhalten, Freising 24.7.2017



Freising, 24.6.2018



Grub, 3.7.2018

Abb. 76: Mais wächst Ackerbohnen davon, Freising 25.6.2017 und Grub 3.7.2018



Abb. 77: Einzelne Ackerbohnen zwischen dem Mais, Grub 24.7.2018



Abb. 78: Verkümmerte Ackerbohnen in Freising 5.8.2019



Abb. 79: Vertrocknete Ackerbohnen in Grub 2.9.2019

Wie auch die Sojabohne war die Ackerbohne für den Gemenge-Anbau mit Mais nicht geeignet. Die Ackerbohne konnte der Konkurrenz durch den Mais nichts entgegen halten und verlor im Kampf um Wasser und Licht. Bei einem Verhältnis von 9 Pfl/m² Mais und 9 Pfl/m² Ackerbohne (agaSaat 2020) bzw. 9,1 Pfl/m² Mais und 8,9 Pfl/m² Ackerbohne (DSV 2020) ist es absehbar, dass die Ackerbohne keine Chance hat, relevant zum Ertrag beizutragen oder die Futterqualität hinsichtlich Protein zu verbessern. Ob die Ackerbohne Phosphat so sehr mobilisieren kann, dass der Mais dieses nutzen kann, wurde nicht untersucht. Ebenso nicht, ob die Blüte der Ackerbohne einen positiven Effekt für Insekten hat. Zur Ernte waren die Stängel der Ackerbohne nahezu alle schwarz, die Hülsen waren wie bei Oest (2020) größtenteils abgefallen. Ein positiver Effekt auf Qualität und Proteinerhöhung in der Silage ist daher nicht zu erwarten. Die vorliegenden Eindrücke sprechen daher gegen den Anbau dieser Mischung unter bayerischen Bedingungen.

3 Zusammenfassung und Empfehlungen für die Praxis

Die Feldversuche der Projektphase II wurden wiederum in Freising und Grub durchgeführt. Diese Standorte sind räumlich nur etwa 40 km voneinander entfernt, bieten aber sehr verschiedene Boden- und Witterungsbedingungen. So konnten der Mais sowie die unterschiedlichen Mischungen in Freising unter guten Standortbedingungen, in Grub unter eher schwierigen in Bezug auf Wasserversorgung und Nährstoffnachlieferung geprüft werden. Inwieweit sich die Veränderung des Artenspektrums durch den Misanbau auf Insekten und andere Lebewesen auswirkt, wurde nicht untersucht. Dies ist unter anderem Bestandteil eines Verbundprojekts anderer Bundesländer, in dem auch die Wirtschaftlichkeit des Misanbaus betrachtet wird, die ebenfalls nicht analysiert wurde.

Die Mischung aus Mais und Sonnenblumen ist besonders im Hinblick auf eine positive Außenwirkung und zur Imageförderung der Landwirtschaft interessant. Eine gute Ertragsentwicklung ist nur möglich, wenn sich Mais und Sonnenblume ohne relevante Konkurrenz durch Unkräuter und Ungräser entwickeln können. Die Unkrautbekämpfung kann mechanisch erfolgen. Bei der chemischen Bekämpfung besteht wie bei vielen Mischungen verschiedener Arten das Problem, dass die Auswahl an Herbiziden sehr begrenzt ist. Es sollten daher keine Standorte mit einer Unkraut-/Ungrasproblematik gewählt werden.

Großköpfige Sonnenblumen blühen sehr schnell ab und haben zur Ernte schwere, herabhängende Köpfe. Diese fallen leicht herunter bzw. sind von Pilzen befallen. Sie bringen somit für die Mischungen mehr Nach- als Vorteile. Die mehrköpfigen Sonnenblumen sind aus Blüten-sicht am besten. Sie blühen über einen langen Zeitraum und sind so lange Nahrungsquelle wie auch optisch eine wertvolle Ergänzung. Allerdings war der Feldaufgang schlecht. Dies liegt vermutlich daran, dass es sich nur um einfaches Gartensaatgut handelte. Die Saatgutverfügbarkeit für große Mengen ist gering. Einen Kompromiss stellen daher Sorten wie Peredovick oder Helena da, die kleiner Köpfe haben und auch über einen längeren Zeitraum blühen. Das Saatgut ist häufig in Wildäsungen oder Zwischenfruchtmischungen und auch einzeln in größeren Mengen erhältlich.

Eine übergeordnete Aussage ist durch Probleme in der Bestandesdichte und auf den Flächen (Kiesinseln), die den Versuchsfehler erhöhen, sowie die geringe Probenanzahl besonders in der Analytik erschwert. Die Ergebnisse weisen aber stark darauf hin, dass es durch Mais-Sonnenblumen-Mischungen mit einem geringen Anteil an Sonnenblumen möglich ist, die Biodiversität zu fördern, ohne dass relevante Nachteile für Ertrag und Biogasausbeute oder Futterqualität entstehen.

Im Mais-Stangenbohnen-Anbauversuch wurden Maissorten unterschiedlicher Reife zusammen mit verschiedenen Stangenbohnsensorten auf ihre Ertragsbildung im Vergleich zum Mais *per se* getestet. Es wurden zusätzlich die Bestandesdichte und die Anordnung der Pflanzen zueinander, gemischt in der Reihe vs. in Reihen nebeneinanderliegend, geprüft. Prinzipiell spricht aus den aktuellen Ertragsergebnissen sowie denen aus Projektphase I nichts für oder gegen eine Methode. Aus praktischer Sicht ist die Aussaat in getrennten Reihen nur sinnvoll, wenn entsprechende technische Ausstattung für eine gemeinsame Fahrt verfügbar ist. Zwei Fahrten sind im Vergleich zum Nutzen zeit- und kostenaufwändig. Die Aussaat mit gemischtem Saatgut ist am einfachsten zu handhaben, allerdings ist die Aussaattiefe ein Kompromiss, der zugunsten vom Mais als Hauptertragsbildner ausfällt. Wenn die Aussaat mit gemischtem Saatgut durchgeführt wird, muss immer wieder auf Entmischungen kontrolliert werden, auch wenn sich die Stangenbohnen in der Korngröße nur noch wenig von Mais unterscheiden. Bei der getrennten Aussaat sind die Pflanzen breiter verteilt und können möglicherweise die Ressourcen besser nutzen sowie den Boden schneller beschatten, was Unkrautentwicklung und Verdunstung re-

duziert. Der TM-Ertrag unterschied sich zwischen den Verfahren nicht. Prinzipiell sind alle Methoden möglich, die auch zur Aussaat von Mais verwendet werden. Es sollte jedoch eine mechanische Unkrautbekämpfung durchführbar sein.

Die Aussaat der Mais-Stangenbohnen-Mischungen sollte etwas später als bei Mais allein erfolgen, da die aktuellen Stangenbohnen Sorten noch relativ frost- bzw. kälteempfindlich sind. Die Züchtung der Stangenbohnen geht aber auch in Richtung Kälte/Frosttoleranz, so dass es mit der nächsten Generation Stangenbohnen möglich sein sollte, früher zu säen, um so das volle Ertragspotential des Mais auszunutzen.

Bei massewüchsigen Bohnen oder tendenziell eher schwächerem Mais wie z.B. in Grub ziehen sehr wüchsige Stangenbohnen den Mais hinunter, und es folgen Ertrags- und Qualitätseinbußen. Die Maisanzahl sollte daher über der der Stangenbohnen liegen. In Abhängigkeit vom Anbauziel wie Diversitätssteigerung oder Proteinerhöhung und der Ertragsentwicklung der Stangenbohne sind Mischungsverhältnisse von 7:5 oder 8:4 unter normalen Bedingungen zu empfehlen. Die Anzahl an Stangenbohnen kann in Abhängigkeit von der Wüchsigkeit des Bohnentyps und dem Anbauziel in einem gewissen Maß variiert werden. Die Mindestanzahl an Maispflanzen von 7 bis 8 Pfl/m² soll den Ertrag sichern, auch wenn die Stangenbohne komplett ausfallen sollte.

Soll eine gemeinsame Ernte von Mais sowie Mais-Stangenbohnen-Mischungen erfolgen, so ist die Reife der Maissorte entsprechend anzupassen. Es ist eine Sorte zu wählen, die früher ist als die Maissorte, die üblicherweise für den Reinanbau gewählt wird, da ansonsten der TS-Gehalt im Vergleich zum reinen Mais zu sehr absinkt und die Silierfähigkeit gesenkt wird. Stangenbohnen erreichen zur Ernte in der Regel nur TS-Gehalte von etwa 20 %. Alternativ wäre auch eine spätere Sorte für den Maisanbau ohne Stangenbohne möglich, sofern dies von der zur Verfügung stehenden Vegetationszeit und betrieblichen und überbetrieblichen Abläufen möglich ist. Der Mais muss standfest sein und resistent gegenüber Stängelfäule. Maissorten mit einer raschen Jugendentwicklung sind zu empfehlen, da die Stangenbohne sonst schnell zur Konkurrenz werden und den Mais im Wachstum behindern kann.

Bei den Stangenbohnen ist die Auswahl bisher noch gering. Züchterische Ziele wie Phasinarmut oder ein kleiner Bohnenkern, der die Aussaat erleichtert und die Kosten senkt, sind bereits erreicht worden. In der Zukunft soll das Potential in Richtung Ertrag, Kältetoleranz und Proteingehalt züchterisch genutzt werden, so dass für die nächsten Jahre mit einem weiteren Zuchtfortschritt auf der Seite der Stangenbohnen und Ertragssteigerungen des Systems zu rechnen ist.

Die Herbizidbehandlung mit *Stomp Aqua* und *Stectrum* war in nahezu allen Versuchen geeignet, die Parzellen unkrautfrei zu halten, teilweise trat Kartoffeldurchwuchs und im späteren Verlauf Gänsefuß auf, die jedoch nicht zu einer relevanten Konkurrenz wurden. Grundsätzlich sollten Flächen gemieden werden, die einen hohen Unkraut-/Ungrasdruck aufweisen. Es gibt zurzeit nur zwei Herbizide zur Vorauflaufbehandlung sowie *Focus Ultra*, zur Bekämpfung von Gräsern im Nachauflauf bei *cycloxydim*-resistenten Maissorten. Wenn die Bekämpfungsstrategie misslingt, bleibt nur eine mechanische Unkrautbekämpfung. Aus diesem Grund ist auch die Verteilung der Reihen an eine mögliche oder im ökologischen Anbau geplante mechanische Unkrautbekämpfung anzupassen.

In den Jahren 2017 bis 2019 wurde eine Maissorte sowie diese Maissorte kombiniert mit zwei Stangenbohnen Sorten im Hinblick auf die Ertrags- und Qualitätsentwicklung bei zunehmender N-Düngung von geprüft. Die N-Düngung erfolgte mineralisch von 0 kg/ha zusätzlicher Düngung bis zu 170 bzw. 200 kg N/ha inklusive N_{min} in 5 Stufen. Über die N-Stufen gab es in Freising nur einen nicht signifikanten Anstieg im TM-Ertrag von Stufe 1 bis 5 von 10 %. In Grub stieg der Ertrag bis zur

Stufe 3 um etwa 20 % an und blieb dann auf dem Niveau. Dabei war der Verlauf bei Mais und Mischungen ähnlich. Aussagen über die Einsparmöglichkeiten von N-Dünger können aber auf Grundlage dieser kleinen Datenbasis nicht gemacht werden. Es ist ebenfalls schwierig, ein genaues Einsparpotential an N-Dünger von Mais-Stangenbohnen-Mischungen gegenüber Mais zu benennen. Der Mais muss ausreichend versorgt werden, benötigt aber aufgrund der geringeren Pflanzenanzahl weniger Stickstoff. Die Stangenbohnen sollen ihren Bedarf aus dem Luftstickstoff decken. Bei zu hohem Stickstoffgehalt im Boden nehmen sie diesen auf und verzichten auf die energieaufwändige N-Fixierung über Knöllchenbakterien. Dies kann unter Umständen dazu führen, dass der Stickstoff am Ende nicht für Mais und Stangenbohne zur optimalen Versorgung beider ausreicht.

In den einzelnen Jahren erreichten die Mischungen in Freising im Anbau- und Düngeversuch zwischen 83 und 87 % des TM-Ertrags von Mais und in Grub zwischen 85 und 95 %, wobei die Ertragsunterschiede zwischen Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen nicht immer signifikant waren. Bei der Bewertung der Parzellenerträge muss immer beachtet werden, dass die Erträge aufgrund von Randeffekten im Vergleich zu Praxiserträgen überbewertet werden. Die FM-Erträge der Mischungen lagen teilweise aufgrund der sehr guten Bohnenentwicklung über den entsprechenden Maiserträgen. In Freising gab es keine Unterschiede im Verhältnis zwischen den N-Stufen. Stickstoff war nicht im Mangel vorhanden, zudem war die Wasserversorgung größtenteils gegeben. In Grub gab es teilweise Trockenstress, unter dem vor allem der Mais bei den unteren N-Stufen litt. Die Stangenbohnen konnten bei wieder eintretender Feuchtigkeit profitieren und überwucherten den Mais. In der Folge waren die TM-Erträge der Mischungen im Verhältnis zum Mais bei geringer Versorgung höher. Dies zeigt den Vorteil von Mais-Stangenbohnen-Mischungen unter ungünstigen Bedingungen und deren höhere Ertragsstabilität.

Der Maisanteil in den Mischungen lag fast immer unter der Zielmarke von 7 Pfl/m², der Mais allein hatte die Bestandesdichte von 9 Pfl/m². Es ist zu erwarten, dass die Differenz im TM-Ertrag zwischen Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischbau bei optimaler Maisanzahl geringer ist. Dann wäre der Mischbau aus Mais und Stangenbohnen ein Anbausystem, das mit etablierter Technik vergleichbare Erträge wie beim Maisanbau bringt und zudem eine Möglichkeit zur Steigerung der Artenvielfalt ist.

Für allgemeingültige Aussagen zu Mais-Stangenbohnen-Mischungen und N-Düngung bzw. Möglichkeiten der N-Einsparung sowie zum Einfluss auf den N-Gehalt im Boden wäre ein größeres Spektrum an Mais sowie Mischungen mit unterschiedlichen Stangenbohnenarten unter verschiedenen Standortbedingungen erforderlich. Im Hinblick auf die vorherrschende Düngung mit organischen und organisch-mineralischen Düngemitteln bei Biogasbetrieben und rinderhaltenden Betrieben wäre Feldversuche mit diesen Düngemitteln notwendig, um die Ergebnisse näher an die Bedingungen und Anforderungen der Praxis zu bringen.

Die vorliegenden Daten zeigten keinen eindeutigen Einfluss des Ausgangsmaterials auf die Silierfähigkeit, die Silagequalität sowie die Proteinfractionen. Die Mais-Stangenbohnen-Mischungen ließen sich ebenso gut silieren wie der reine Mais und wiesen eine gute Qualität auf. Eine signifikante Wirkung des Stangenbohnenanteils war nicht erkennbar. Das chemische Siliermittel erhöhte an beiden Orten die aerobe Stabilität, die Variante mit dem biologischen Siliermittel unterschied sich darin nicht von der unbehandelten Variante.

Nach der Silierung war nahezu kein Phasin mehr in der Silage feststellbar. Von dieser Seite steht der Verwendung von Mais-Stangenbohnen-Mischungen in der Rinderfütterung nichts entgegen. Da es bisher aber keine kontrollierten langfristigen Untersuchungen zur Fütterung von Mais-Stangenbohnen-Mischungen und möglichen Langzeiteffekten gibt, sollten bevorzugt phasinarmer Stangenbohnenarten angebaut werden. Zwischen dem Phasingehalt und der Methanausbeute wurde kein Zusammenhang festgestellt. Da die Phasingehalte nach der Silierung

selbst bei phasinreichen Stangenbohnen nur noch sehr gering sind, ist kein Einfluss des Phasins auf die Methanausbeute in der Biogasanlage zu erwarten. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass es andere antinutritive Stoffe in den Stangenbohnen gibt, die möglicherweise einen Einfluss haben. Es wären auf diesem Gebiet weitere Untersuchungen erforderlich. Besonders auch dann, wenn der Stangenbohnenanteil in der Silage weiter erhöht werden sollte. Im vorliegenden Datensatz wurde kein Zusammenhang zwischen Stangenbohnenanteil und Methanausbeute festgestellt. Die Methanausbeute der Stangenbohne allein war deutlich niedriger als die von Mais. Die Mais-Stangenbohnen-Mischungen unterschieden sich in der Methanausbeute jedoch nicht vom Mais allein.

In den vorliegenden Vergleichen war durch die Beimengung der Stangenbohnen eine Erhöhung des Rohproteingehalts der Mischungen gegenüber dem Mais möglich, der Stärkegehalt und auch die Verdaulichkeit gingen teilweise relevant zurück. Allerdings bewegte sich der Rohproteingehalt bei Mais vor allem bei den gering versorgten N-Stufen auf einem sehr niedrigen Niveau. Bei diesen profitierten die Mischungen besonders stark von den Stangenbohnen. So war die Erhöhung des Rohproteingehalts besonders am schwächeren Standort Grub gegeben. Neben Rohproteingehalt und Stärke als wichtigstem Energielieferant sind auch die übrigen Inhaltsstoffe und deren Gehalte zu beachten, um die erforderlichen Energiekonzentrationen in der Silage zu erzielen.

In den vorliegenden Untersuchungen war der Rückgang im Flächenertrag bei den Mischungen zumeist höher als der Anstieg im Rohproteingehalt, so dass in der Summe der Rohproteintrag zurückging. Allerdings ist im Hinblick auf den Ertragsfaktor mit einer Verbesserung zu rechnen, wenn die Pflanzanzahl bei Mais im angestrebten Bereich liegt. Dann steigt jedoch unter normalen Umständen auch der Stärkegehalt, so dass gut ausgereifte, ertrag- und proteinreiche Stangenbohnen als Ergänzung erforderlich sind, um einen relevanten Anstieg im Rohproteingehalt zu erreichen.

Neben Mais und Sonnenblumen wurden in kleinem Umfang Soja- und Ackerbohnen zusammen mit Mais getestet. Beide Arten konnten der Konkurrenz durch den Mais nicht standhalten und vertrockneten früh oder reiften vorzeitig ab. Der Hülsenansatz war gering. Ein positiver Effekt auf eine Proteinerhöhung in der Silage ist daher nicht zu erwarten. Die vorliegenden Eindrücke sprechen gegen den Anbau dieser Mischung unter bayerischen Bedingungen.

Die Ergebnisse der Projektphase II weisen auch im Zusammenhang mit Projektphase I darauf hin, dass der Mais mit anderen Kulturarten wie Sonnenblumen oder Stangenbohnen so ergänzt werden kann, dass sich der Ertrag nicht signifikant vom Ertrag vom Mais im Reinbestand unterscheidet. Der Anbau, die Ernte und auch die Silierung können mit etablierten Verfahren durchgeführt werden. Die Silierfähigkeit und Silagequalität oder die Biogasausbeute der Mischungen unterschieden sich zumeist nicht vom Mais allein. Der Phasingehalt war nach der Silierung deutlich geringer und war auch in unsilierten Mais-Stangenbohnen-Mischungen sehr niedrig. Der Proteingehalt wurde durch die Stangenbohnen teilweise deutlich erhöht, allerdings auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau. Sojabohnen und Ackerbohnen waren unter den gegebenen Umständen keine sinnvollen Mischungspartner für den Mais.

Der Zuchtfortschritt sowohl bei Mais als auch bei den Stangenbohnen lässt erwarten, dass sich der Mais-Stangenbohnen-Mischbau weiter in der Praxis etabliert und sich die Unterschiede in der Ertragsleistung zwischen Mais und Mais-Stangenbohnen-Mischungen weiter reduzieren. Durch die züchterische Arbeit an ertrag- und proteinreichen Stangenbohnen sollte in Zukunft auch eine Erhöhung des Rohproteingehalts in höheren Ertrags- und Rohproteinbereichen möglich sein.

4 Literaturverzeichnis

agaSaat, 2020, Leguminosen-Mais-Mischung, <https://www.agasaat-mais.de/agamais/leguminosen-mais-mischung.html>

Barbosa, N, E. Portilla, H.F. Buendia, B. Raatz, S. Beebe, I. Rao, 2018: Genotypic differences in symbiotic nitrogen fixation ability and seed yield of climbing bean, Plant Soil 428, 223-239, <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-018-3665-y>

Blecher, T., 2020: Einsatz des Rhizobien-Impfmittels RhizoFix® RF-60, DMK Werkstattgespräch „Mais-Bohnen-Gemenge“ 19. Februar 2020 Fulda [https://www.maikomitee.de/web/download.aspx?path=/web/upload/documents/kh_docs/versions/ce1d9374-e78d-456d-be7e-](https://www.maikomitee.de/web/download.aspx?path=/web/upload/documents/kh_docs/versions/ce1d9374-e78d-456d-be7e-1e3f5fc33495.pdf&type=inline&file=07_Blecher_Einsatz%20des%20Rhizobien-Impfmittels%20Rhizofix%20RF-60.pdf&module=4)

[1e3f5fc33495.pdf&type=inline&file=07_Blecher_Einsatz%20des%20Rhizobien-Impfmittels%20Rhizofix%20RF-60.pdf&module=4](https://www.maikomitee.de/web/download.aspx?path=/web/upload/documents/kh_docs/versions/ce1d9374-e78d-456d-be7e-1e3f5fc33495.pdf&type=inline&file=07_Blecher_Einsatz%20des%20Rhizobien-Impfmittels%20Rhizofix%20RF-60.pdf&module=4)

Bolduan, C., R. Stäbler, M. Buffler, W. Windisch, 2016: Untersuchungen zum Gehalt von aktiven Lektinen in Gartenbohnen mittels ELISA. In: Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel-, Veterinär- und Agrarwesen (ALVA), editor. 71 ALVA Jahrestagung 2016. Klagenfurth (Austria).

Brugger, D., Hobmeier, T., Buffler, M., Bolduan, C., Windisch, W., 2018: Zum ruminalen Abbau von Phasinen aus Stangenbohnen (*Phaseolus vulgaris*) sowie deren Einfluss auf die Gasbildung in vitro. VDLUFA-Schriftenreihe 75/2018. VDLUFA-Verlag, Darmstadt. p. 381-388.

Busch, St. B. Eichler-Löbermann, M. Kafka, K. Miegel, P. Stahn: Schlussbericht zum Projekt: Mischanbau mit Leguminosen – Effiziente Nutzung von Wachstumsfaktoren als Beitrag zum Ressourcen- und Gewässerschutz <https://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22030111.pdf>

Carrel, K., 2020: Anbautechnik Mais-Stangenbohnen im Gemenge für den Ökolandbau, DMK Werkstattgespräch „Mais-Bohnen-Gemenge“ 19. Februar 2020 Fulda https://www.maikomitee.de/web/download.aspx?path=/web/upload/documents/kh_docs/versions/80c2ac06-9734-45a0-9fd8-351b2b52504f.pdf&type=inline&file=17_Jilg_Silagen%20aus%20Mais-Bohnen-Gemenge%20in%20der%20Milchviehfütterung.pdf&module=4

DLG 2018: DLG Prüfrichtlinien für die Verleihung und Führung des DLG-Gütezeichens für Siliermittel

DSV 2020: DSV Maismischungen zur Erweiterung der Fruchtfolge, <https://www.dvsaaten.de/mais/mais-mischungen.html>

HfWU, 2018: Versuche zum Mais-Bohne-Gemengeanbau https://www.hfwu.de/index.php?id=9914&tx_news_pi1%5Bnews%5D=1350&tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=2b32143052d82742a8554eb8482a299b

IVT Institut für Veterinärpharmakologie und -toxikologie, 2020: *Phaseolus vulgaris* - Toxine, https://www.vetpharm.uzh.ch/giftdb/pflanzen/0098_tox.htm

JKI 2019: Verbundvorhaben: Züchtungsmethodisch optimierte Kombination von Gemengepartnern der Andenlupine und Mais sowie der Weißen Lupine und Hafer mit dem Ziel der Biomasseproduktion unter Nutzung ökosystemarer Leistungen der Lupine; Teilvorhaben 1: Bewertung von Kombinationen, Silierfähigkeit und Saattermin, <https://www.fnr.de/index.php?id=11150&fkz=22009017>

Jilg, A., T. Jilg, M. Ismail, D. Brugger, 2020: Silagen aus Mais-Bohnen-Gemenge in der Milchviehfütterung - Siliereigenschaften, Auswirkung auf Phasingehalt in Blut und Milch. DMK Werkstattgespräch „Mais-Bohnen-Gemenge“ 19. Februar 2020 Fulda

https://www.maiskomitee.de/web/download.aspx?path=/web/upload/documents/kh_docs/versions/80c2ac06-9734-45a0-9fd8-351b2b52504f.pdf&type=inline&file=17_Jilg_Silagen%20aus%20Mais-Bohnen-Gemenge%20in%20der%20Milchviehfütterung.pdf&module=4

Kjeldahl, J. 1883: Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. In: Zeitschrift für Analytische Chemie, 366-382

Leiser, W., D. Brugger, 2019: Stangenbohnen für Milchkühe, top agrar 11/2019, R22-R25

Leiser, W., D. Brugger, K. Kastens, 2019: Eine Alternative für die Ration, DLG-Mitteilungen 3/2019, 64-66

Leiser, W., 2020: Stand der Stangenbohnenzüchtung für den Gemengeanbau mit Mais, , DMK Werkstattgespräch „Mais-Bohnen-Gemenge“ 19.Februar 2020 Fulda,

[https://www.maiskomitee.de/web/download.aspx?path=/web/upload/documents/kh_docs/versions/9a69fed2-53f9-4b46-b376-](https://www.maiskomitee.de/web/download.aspx?path=/web/upload/documents/kh_docs/versions/9a69fed2-53f9-4b46-b376-391c2ae0e299.pdf&type=inline&file=01_Leiser_Aktueller%20Stand%20der%20Stangenbohnenzüchtung%20für%20den%20Mais-Bohnen%20Mischanbau.pdf&module=4)

[391c2ae0e299.pdf&type=inline&file=01_Leiser_Aktueller%20Stand%20der%20Stangenbohnenzüchtung%20für%20den%20Mais-Bohnen%20Mischanbau.pdf&module=4](https://www.maiskomitee.de/web/download.aspx?path=/web/upload/documents/kh_docs/versions/9a69fed2-53f9-4b46-b376-391c2ae0e299.pdf&type=inline&file=01_Leiser_Aktueller%20Stand%20der%20Stangenbohnenzüchtung%20für%20den%20Mais-Bohnen%20Mischanbau.pdf&module=4)

LfL 2018: Steckbrief Energiepflanzen: Sonnenblume, 12/2018

Luttner, E., 2018: Mais und Ökologie – das kann zusammenpassen, BDM aktuell 06+07/2018, 21-29

Nurk, L., R. Graß, C. Pekrun, S. Hubert, M. Wachendorf, 2017: Mischanbau von Silomais mit Stangenbohnen – Ergebnisse zu Anbau und Vergärung, in: Ökologischen Landbau weiterdenken - Verantwortung übernehmen - Vertrauen stärken. Beiträge der 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Freising, 7.-10. März 2017, 92-95,

<https://orgprints.org/31842/1/Mischanbau%20von%20Silomais%20mit%20Stangenbohnen%20-%20Ergebnisse.pdf>

Oest, H., 2020: Mais-Bohnen-Mischanbau – Versuche in der LWK Niedersachsen, DMK Werkstattgespräch „Mais-Bohnen-Gemenge“ 19.Februar 2020 Fulda,

https://www.maiskomitee.de/web/download.aspx?path=/web/upload/documents/kh_docs/versions/1e4af4fa-26c6-47ad-9f7a-9cd558f75a11.pdf&type=inline&file=10_Oest_Mais-Bohnen-Mischanbau%20-Versuche%20in%20der%20LWK%20Niedersachsen.pdf&module=4%5C

Paul, N., 2017: Exotisch, aber vielversprechend, DLG-Mitteilungen 9/2017, 30-31

Roux, St, F. Höppner, D. Wiedow, N. Kanswohl, M. Beck, M. Deyerler, 2016: Potenzial der Andenlupine als Energiepflanze; in: Tagungsband zum Kongress „Hülsenfrüchte – Wegweiser für eine nachhaltigere Landwirtschaft“ Berlin, 3.-4. Nov. 2016, 101-103

Schumann, C., M. Müller-Lindenlauf, C. Gayer, K. Stolzenburg, W. Wurth, 2019: Diversifizierung des Silomaisanbaus, 15. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel 2019,

https://orgprints.org/36173/1/Beitrag_246_final_a.pdf

Starke, M., W. Schmidt, H.C. Becker, 2016: Steigerung der Biodiversität in der Energiepflanzenproduktion durch den Mischanbau von Mais und Stangenbohnen, in: Tagungsband zum Kongress „Hülsenfrüchte – Wegweiser für eine nachhaltigere Landwirtschaft“ Berlin, 3.-4. Nov. 2016, 107

Theobald, K., 2020 Erfahrungen und (Perspektiven) mit Mais und Sojabohnen als Mischkultur, DMK Werkstattgespräch „Mais-Bohnen-Gemenge“ 19.Februar 2020 Fulda,

https://www.maiskomitee.de/web/download.aspx?path=/web/upload/documents/kh_docs/versions/223bab49-4076-4ac9-b57e-

[789b46e72b2b.pdf&type=inline&file=11_Theobald_Erfahrungen%20und%20Perspektiven%20für%20den%20Anbau%20von%20Mischkulturen%20aus%20Mais%20und%20Sojabohnen.pdf&module=4\](#)

Wyss, U., A. Enggist, D. Brugger, 2018: Einfluss der Silagebereitung eines Mais-Stangenbohnen-Gemisches auf den Phasingehalt. VDLUFA-Schriftenreihe 75/2018. VDLUFA-Verlag, Darmstadt. p. 238-246

Wyss, U., Enggist, A., Brugger D., 2020, Mischkulturen für Tierfutter: Mais-Stangenbohnen-Gemisch und Phasingehalt, DMK Werkstattgespräch „Mais-Bohnen-Gemenge“ 19. Februar 2020 Fulda, https://www.maikomitee.de/web/download.aspx?path=/web/upload/documents/kh_docs/versions/d1ad0b52-33a1-4af6-822f-

[b1a0bc29c5ae.pdf&type=inline&file=20_Wyss_Mischkulturen%20f%C3%BCr%20Tierfutter-%20Mais-Stangenbohnen-Gemisch%20und%20Phasingehalt.pdf&module=4%5C](#)

5 Veröffentlichungen, die aus dem Projekt hervorgegangen sind

LfL, IPZ 2018: 4 Plakate zur Vielfalt im Maisfeld für das Schwerpunktthema Biodiversität 2019/2020 des StMELF, siehe:

https://map.stmelf.bybn.de/cocoon/portal/res?id=15077&doctype=Navknoten&refModule=Richtext&t=1&ci=1&si=0&i=15077&d=Navknoten&v=DETAIL&x=DETAIL&hra=138&hi=15077&hd=Navknoten&hc=131441&sichtc=cms&r=detail_artikelseite&cid=131441&rt=&nd=Aufgabe&ni=2687&uki=&ukd=&uksi=&ukg=0&ucid=131441&bereich=&ber=&lim=&ord=&os=&asc=&pm=&arch=false&l=&su=&p=&bn=&bc=#N66397

LfL, IPZ 2018: Steckbrief Energiepflanzen: Mais und Stangenbohnen, 12/2018

ALB Bayern (Hrsg.), Verfasserin Darnhofer, B., 2019, Mais-Stangenbohnen-Mischanbau, Fachinformation des Biogas Forum Bayern, https://www.biogas-forum-bayern.de/De/Fachinformationen/Substrate/milpa-alternative-biodiversitaet_MaisStangenbohnen.html

Darnhofer, B., 2019: Lässt sich Stickstoff einsparen? Saatgut-Magazin Winter 2019, 10-12

Darnhofer, B., 2020: Mais-Stangenbohnen-Mischanbau an der LfL 2012 - 2019, DMK Werkstattgespräch „Mais-Bohnen-Gemenge“ 19. Februar 2020 Fulda, https://www.maikomitee.de/web/download.aspx?path=/web/upload/documents/kh_docs/versions/59e80388-023d-467a-94a0-ea3347c9d4e2.pdf&type=inline&file=12_Darnhofer_Ergebnisse%20von%20Mais-Stangenbohnen-Versuchen%20in%20Bayern.pdf&module=4

Schneider, M, B. Darnhofer, B. Misthilger, 2020: Silierbarkeit von Mais-Stangenbohnen-Mischungen an zwei Standorten und Einfluss von Siliermitteleinsatz auf Gärqualität und aerobe Stabilität. DMK Werkstattgespräch „Mais-Bohnen-Gemenge“ 19. Februar 2020 Fulda, https://www.maikomitee.de/web/download.aspx?path=/web/upload/documents/kh_docs/versions/8cba5afb-8e3d-4af7-a0fb-e7426735bdf5.pdf&type=inline&file=14_Schneider_Silierbarkeit%20von%20Mais-Stangenbohnen-Mischungen.pdf&module=4

Darnhofer, B., 2020, Mais als Rankhilfe für Bohnen, LOP - Landwirtschaft ohne Pflug, 30-35

6 Tabellenanhang

Tab. 1A: Monatswerte für Temperatur in °C an den Standorten Grub und Freising von 2016 bis 2019 (kursiv: langjähriges Mittel)

Monat	2016	2017	2018	2019	Langj. Mittel
Grub					
April	8.4	7,4	13,1	9,9	7,3
Mai	12.7	14,1	16,0	10,7	12,0
Juni	16.7	19,3	17,6	20,0	15,3
Juli	19.2	18,7	19,4	19,5	17,3
August	17.7	19,1	20,3	19,2	16,7
September	13.8	11,8	15,2	14,2	13,5
Oktober	8.2	10,1	10,5	10,9	8,4
Freising					
April	8.3	7,4	13,1	10,2	7,3
Mai	12.8	13,9	16,3	10,6	11,9
Juni	16.5	18,5	17,8	19,6	15,0
Juli	18.7	18,7	19,2	19,0	16,7
August	17.7	18,6	19,8	18,7	16,1
September	15.6	11,7	14,7	13,8	12,9
Oktober	7.8	9,9	10,0	10,2	7,9

Quelle: Agrarmeteorologie Bayern, langjähriges Mittel DWD (von 1961 bis 1990): für Grub München-Riem, für Freising Weihenstephan

Tab. 2A: Monatswerte für Niederschlag in l/m² an den Standorten Grub und Freising von 2016 bis 2019 (kursiv: langjähriges Mittel)

Monat	2016	2017	2018	2019	Langj. Mittel
Grub					
April	57.2	98,5	12,6	16,0	75,4
Mai	112.0	83,0	89,2	168,5	107,4
Juni	101.3	56,8	103,9	67,0	130,9
Juli	96.0	121,7	153,2	100,7	116,2
August	90.2	149,2	115,8	84,4	116,4
September	12.6	78,2	103,5	59,8	78,7
Oktober	46.8	84,0	52,8	57,1	57,1
Freising					
April	48.8	82,1	8,8	12,3	55,5
Mai	98.1	68,6	79,6	118,0	89,6
Juni	104.1	56,3	123,0	79,3	103,7
Juli	93.1	115,8	69,1	54,3	98,3
August	61.1	136,6	66,7	98,9	97,1
September	58.8	56,9	56,9	48,4	64,2
Oktober	45.3	57,1	55,3	50,2	50,5

Quelle: Agrarmeteorologie Bayern, langjähriges Mittel DWD (von 1961 bis 1990): für Grub München-Riem, für Freising Weihenstephan

Tab. 3A: Monatswerte für Sonnenscheindauer in h an den Standorten Grub und Freising von 2016 bis 2019 (kursiv: langjähriges Mittel)

Monat	2016	2017	2018	2019	<i>Langj. Mittel</i>
	Grub				
April	166	153	273	219	<i>157</i>
Mai	209	282	277	177	<i>199</i>
Juni	199	274	257	307	<i>209</i>
Juli	250	236	310	243	<i>237</i>
August	255	253	278	225	<i>213</i>
September	119	136	210	200	<i>173</i>
Oktober	108	155	171	142	<i>129</i>
	Freising				
April	178	161	269	234	<i>159</i>
Mai	198	264	251	169	<i>202</i>
Juni	198	286	238	305	<i>209</i>
Juli	239	234	287	252	<i>234</i>
August	263	235	275	222	<i>211</i>
September	223	136	225	193	<i>169</i>
Oktober	113	147	166	123	<i>123</i>

Quelle: Agrarmeteorologie Bayern, langjähriges Mittel DWD (von 1961 bis 1990): für Grub München-Riem, für Freising Weihenstephan

6.1 Mais-Stangenbohnen-Anbauversuch

Tab. 4A: Durchschnittlicher Frischmasse- (FM-) und Trockenmasse- (TM-) Ertrag sowie Trockensubstanz- (TS-) Gehalt im Mais-Stangenbohnen-Anbauversuch des Erntejahres 2019 an den Standorten Freising und Grub (ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im SNK-Test, $\alpha = 5\%$)

Prüf- glied	Freising			Grub		
	FM (dt/ha)	TS (%)	TM (dt/ha)	FM (dt/ha)	TS (%)	TM (dt/ha)
1	594 efg	37,8 bc	224 cdef	463 abcd	40,9 cd	189 a
2	609 cdefg	37,8 bc	230 cdef	419 abcdef	42,1 bc	175 abcde
3	567 ghi	39,9 a	226 cde	396 def	44,0 ab	172 abcdef
4	614 bcdefg	38,9 ab	238 abc	383 ef	46,4 a	177 abcd
5	654 bcd	37,2 bcd	243 abc	470 ab	39,1 cde	184 ab
6	606 defg	39,0 ab	236 abc	407 bcdef	39,7 cde	162 bcdefghij
7	636 bcdef	37,5 bc	238 abc	454 abcd	40,6 cd	182 abc
8	665 abc	37,1 bcd	247 ab	444 abcdef	38,2 de	169 abcdefgh
9	667 ab	36,2 cdef	241 abc	436 abcdef	39,3 cde	171 abcdefgh
10	717 a	35,1 efg	251 a	448 abcde	38,5 de	173 abcdef
11	559 ghij	35,4 defg	198 ghi	427 abcdef	35,2 fgh	150 hijk
12	503 j	36,0 cdef	181 i	378 f	36,9 efg	140 hijk
13	511 ij	37,9 bc	193 hi	401 cdef	38,6 de	154 efghijk
14	566 ghi	36,4 cde	206 fgh	419 abcdef	39,4 cde	165 bcdefghi
15	631 bcdef	34,3 fgh	216 defg	476 a	34,1 gh	162 bcdefghij
16	540 ihj	37,6 bc	202 gh	386 ef	37,2 ef	143 jk
17	613 bcdefg	35,0 efg	214 defg	410 abcdef	37,1 ef	152 fghijk
18	565 ghi	33,6 gh	189 ih	433 abcdef	34,8 fgh	150 hijkg
19	585 fgh	35,5 defg	207 efgh	450 abcde	32,4 h	146 ijk
20	644 bcde	33,1 h	212 defg	466 abc	34,1 gh	158 dhijkl
Mittel- wert	602	36,6	220	428	38,4	164

6.2 Mais-Stangenbohnen-Düngeversuch

Tab. 5A: Durchschnittlicher Frischmasse- (FM-) und Trockenmasse- (TM-) Ertrag sowie Trockensubstanz- (TS-) Gehalt im Mais-Stangenbohnen-Düngeversuch des Erntejahres 2017 an den Standorten Freising und Grub

Prüf- glied	Freising						Grub					
	FM		TS		TM		TS		TM		TM	
	dt/ha	V	%	V	dt/ha	%	dt/ha	V	%	V	dt/ha	V
1	533		40,3		215		354		41,7		146	
2	539		40,7		219		351		42,6		149	
3	546		42,6		232		414		42,1		175	
4	596		40,5		241		423		41,3		174	
5	618		40,8		252		481		39,4		189	
6	449	84	38,4	95	172	80	299	85	37,1	89	111	76
7	481	89	38,7	95	186	85	334	95	38,8	91	130	87
8	489	90	37,5	88	183	79	397	96	37,7	90	149	86
9	507	85	38,4	95	194	81	406	96	36,8	89	150	86
10	545	88	37,8	93	206	82	413	86	35,1	89	145	76
11	453	85	39,9	99	180	84	324	85	39,4	95	127	87
12	485	90	39,3	97	190	87	361	95	39,0	92	140	94
13	467	86	39,6	93	185	79	418	96	38,3	91	160	92
14	528	89	38,5	95	203	84	417	96	38,1	92	159	91
15	577	93	39,1	96	226	90	392	86	37,8	96	148	78
Mittel- wert	521		39,5		206		386		39,0		150	

V: Verhältnis der Mischung zum entsprechenden Wert des Reinbestandes in %

Tab. 6A: Durchschnittlicher Frischmasse- (FM-) und Trockenmasse- (TM-) Ertrag sowie Trockensubstanz- (TS-) Gehalt im Mais-Stangenbohnen-Düngeversuch des Erntejahres 2018 an den Standorten Freising und Grub

Prüf- glied	Freising						Grub					
	FM		TS		TM		FM		TS		TM	
	dt/ha	V	%	V	dt/ha	V	dt/ha	V	%	V	dt/ha	V
1	612		40,4		247		387		36,7		141	
2	683		38,6		264		416		36,3		151	
3	705		38,9		274		454		38,9		176	
4	714		39,1		279		514		37,1		190	
5	737		38,4		283		447		38,4		172	
6	637	104	35,0	87	223	90	481	124	32,6	89	156	110
7	682	100	34,7	90	236	89	484	117	30,5	84	148	98
8	698	99	35,0	90	244	89	449	99	34,6	89	155	88
9	717	100	35,4	91	254	91	439	85	32,1	86	140	74
10	735	100	32,9	86	242	85	449	100	34,3	89	154	90
11	635	104	35,7	88	226	92	400	103	37,3	102	150	106
12	666	97	35,8	93	238	90	408	98	36,6	101	150	100
13	673	95	36,7	94	247	90	450	99	36,6	94	164	93
14	687	96	35,1	90	241	86	491	95	34,7	94	170	90
15	701	95	34,6	90	242	85	458	103	32,6	85	148	86
Mittel- wert	686		36,4		249		448		35,3		158	

V: Verhältnis der Mischung zum entsprechenden Wert des Reinbestandes in %

Tab. 7A: Durchschnittlicher Frischmasse- (FM-) und Trockenmasse- (TM-) Ertrag sowie Trockensubstanz- (TS-) Gehalt im Mais-Stangenbohnen-Düngeversuch des Erntejahres 2019 an den Standorten Freising und Grub

Prüf- glied	Freising						Grub					
	FM		TS		TM		FM		TS		TM	
	dt/ha	V	%	V	dt/ha	V	dt/ha	V	%	V	dt/ha	V
1	624		38,3		239		321		43,0		137	
2	651		38,2		249		377		43,9		164	
3	612		38,7		237		379		44,5		168	
4	658		37,5		246		438		42,2		184	
5	654		37,2		243		488		41,8		204	
6	563	90	36,6	95	206	86	383	119	37,4	87	143	104
7	549	84	36,8	96	201	81	389	103	38,8	88	150	92
8	577	94	37,0	95	213	90	389	102	39,1	88	152	90
9	563	86	36,9	99	208	84	435	99	37,7	89	163	89
10	578	88	37,2	100	214	88	474	97	36,8	88	174	86
11	536	86	38,0	99	203	85	374	117	39,4	92	147	107
12	562	86	37,4	98	210	84	401	106	39,0	89	156	95
13	551	90	36,4	94	201	85	357	94	42,2	95	151	89
14	538	82	37,9	101	203	83	436	100	39,0	92	169	92
15	544	83	36,7	99	199	82	476	98	39,6	95	188	92
Mittel- wert	584		37,4		218		408		40,3		163	

V: Verhältnis der Mischung zum entsprechenden Wert des Reinbestandes in %

Tab. 8A: Nmin-Gehalt nach Ernte im Mais-Stangenbohnen-Düngeversuch des Erntejahres 2019 an den Standorten Freising und Grub

Grub 0-30 cm, Nmin (kg/ha)

Prüfglied	N-Stufe			Mittelwert
	1	3	5	
Figaro	20	22	21	21
Figaro + WAV 612	22	24	20	22
Figaro+Anellino Verde	20	22	21	21
Mittelwert	21	23	21	21

Freising 0-30 cm, Nmin (kg/ha)

Freising 0-90 cm, Nmin (kg/ha)

Prüfglied	N-Stufe			Mittelwert	N-Stufe			Mittelwert
	1	3	5		1	3	5	
	Figaro	36	39		34	36	59	
Figaro + WAV 612	28	28	32	29	50	56	55	54
Figaro + Anellino Verde	30	27	32	30	50	58	63	57
Mittelwert	31	31	33	32	53	57	59	56

6.3 Qualitätsbestimmung

Tab. 9A: Ausgewählte Merkmale zur Beschreibung der Gärqualität der erzeugten Silagen von den Standorten Grub und Freising (Mittelwerte aus $n = 3$)

Prüfglied	TM	pH		Milch- säure	Essig- säure	Propion- säure	Butter- säure	Ethanol	NH ₃ N:N _t	TMV	ASTA
	%	Tag 2	Tag 90								g/kg TM
Freising											
1M	35,0 ±1,04	4,5 ±0,34	3,9 ±0,01	30,8 ±3,45	16,6 ±1,07	0 ±0	0 ±0	8,7 ±1,41	5,5 ±0,34	5,4 ±0,17	1,5 ±0,06
2MB	31,6** ±1,39	4,5 ±0,03	4,0** ±0,05	36,3** ±6,09	21,5** ±3,82	0 ±0	0 ±0	7,5 ±2,67	6,9** ±0,49	5,7 ±0,23	0,8** ±0,25
3MB	32,5** ±0,53	4,4 ±0,08	4,1 ±0,19	34,7 ±14,10	22,8** ±8,68	0 ±0	0 ±0	4,9** ±0,99	6,2 ±0,45	5,3 ±0,93	1,7 ±0,67
3MBbio	32,7 ±1,17	4,0* ±0,02	4,1 ±0,02	28,2 ±2,16	22,1 ±0,62	0 ±0	0 ±0	4,8 ±0,28	6,1 ±0,42	5,6 ±0,12	2,6 ±1,15
3MBchem	33,2 ±0,69	4,5 ±0,04	4,2 ±0,09	25,1* ±7,87	24,8 ±1,92	0 ±0	0 ±0	4,7 ±0,64	6,0 ±0,28	5,9 ±0,46	15,7* ±0
Grub											
1M	35,3 ±0,06	4,5 ±0,03	4,0 ±0,01	32,3 ±2,87	18,1 ±5,98	0 ±0	0 ±0	3,6 ±0,22	10,7 ±0,55	3,7 ±0,38	6,5 ±5,18
2MB	33,0 ±1,98	4,3 ±0,20	4,1 ±0,08	32,1 ±11,23	27,2** ±10,37	0 ±0	0 ±0	4,3 ±1,90	8,3** ±0,59	5,8** ±0,42	6,7 ±5,56
3MB	32,5** ±1,10	4,7** ±0,01	4,2** ±0,03	35,0** ±3,54	25,2** ±7,99	0 ±0	0 ±0	3,5 ±0,39	9,2 ±0,74	4,3 ±0,62	2,8 ±2,84
3MBbio	34,0 ±0,23	4,1* ±0,01	4,1* ±0,03	40,6* ±2,12	21,3* ±0,41	0 ±0	0 ±0	3,9* ±0,10	9,1 ±0,22	4,2 ±0,02	8,5 ±6,70
3MBchem	34,1 ±0,19	4,4* ±0,02	4,1* ±0,01	37,9* ±3,39	21,1* ±0,20	0 ±0	0 ±0	3,3* ±0,21	8,4 ±0,12	4,3 ±0,05	12,4* ±0

TM = Trockenmasse, TMV = Trockenmasseverluste, ASTA = Aerobe Stabilität

NH₃N:N_t = im Ammoniakanteil enthaltener Stickstoff als Anteil am Gesamtstickstoff der Probe

*signifikant zu MB 2 innerhalb Standort ($p < 0,05$), ** signifikant zu Mais innerhalb Standort ($p < 0,05$)

Tab. 10A: Ergebnisse der Proteinfractionierung der LKS Lichtenwalde

Prüfglied	XP g/kg	A % XP	B1 % XP	B2 % XP	B3 % XP	C % XP	UDP 5 % XP
Freising							
AM 1M	53	18,5	2,8	60,6	11,2	6,8	36
AM 2MB	62	23,4	1,9	60,2	8,5	6,0	35
AM 3MB	65	31,8	1,6	52,2	8,2	6,1	34
1M	57	47,9	3,1	39,6	5,4	4,0	30
2MB	63	48,4	2,9	36,1	6,5	6,0	32
3MB	63	49,2	2,5	37,7	4,7	5,9	31
3MBbio	67	47,5	2,6	38,1	6,7	5,1	31
3MBchem	67	43,9	2,6	42,2	5,4	6,0	32
Grub							
AM 1M	72	31,1	8,4	46,2	9,4	4,9	32
AM 2MB	96	30,4	12,3	45,3	7,5	4,6	30
AM 3MB	89	36,7	7,2	42,3	8,4	5,4	31
1M	74	66,7	1,8	22,2	5,3	3,9	27
2MB	105	63,9	1,6	25,5	3,4	5,7	26
3MB	88	65,6	0,6	25,5	4,1	4,2	26
3MBbio	88	64,9	1,1	25,3	4,4	4,3	26
3MBchem	90	64,2	1,2	25,5	4,4	4,7	26
Richtwerte LKS Min	75	30	0,5	15	4	3	20
Richtwerte LKS Max	90	75	5	65	15	8	27

AM: Ausgangsmaterial; XP: Rohprotein, A: Nicht-Protein-Stickstoff, B1 B2, B3: unterschiedlich abbaubare Proteinfractionen, C: nicht abbaubar, UDP: unverdaubares Protein

Tab. 11A: Inhaltsstoffe im Anbauversuch in Freising 2019

Prüfglied	Rohprotein	Stärke	Zucker	NDF % TS	ADF	ADL	Fett
1	5,9	36,1	8,5	40,9	22,4	2,2	2,1
2	6,2	37,2	7,4	38,6	21,9	2,1	2,5
3	5,7	40,2	9,0	35,7	19,7	1,6	3,1
4	5,8	37,2	7,1	39,2	22,1	2,1	2,4
5	6,4	34,4	8,5	39,6	22,9	2,3	2,7
6	5,8	39,0	7,8	37,3	21,1	1,8	2,9
7	5,6	36,2	9,8	37,6	21,0	1,9	2,8
8	6,4	37,3	8,1	38,2	21,0	1,9	2,5
9	6,0	35,6	8,2	39,5	22,3	2,3	2,7
10	5,8	35,7	9,6	38,8	21,9	2,1	2,5
11	6,7	33,3	8,3	43,2	23,7	2,6	1,9
12	6,9	34,9	5,3	42,3	23,6	2,5	2,3
13	7,2	35,8	5,5	40,8	22,8	2,5	2,6
14	7,2	36,6	5,6	40,0	22,2	2,5	2,4
15	7,2	33,8	7,4	40,3	23,1	2,5	2,7
16	6,9	36,8	5,1	40,7	23,1	2,3	2,6
17	7,0	34,0	7,9	40,1	22,7	2,6	2,3
18	7,2	36,4	4,6	41,9	23,4	2,6	2,3
19	6,7	36,7	8,3	38,1	20,7	2,2	2,6
20	6,9	35,3	5,6	42,6	23,5	2,7	2,0

NDF: Neutral Detergent Fibre, ADF: Acid Detergent Fibre, ADL: Acid Detergent Lignin

Tab. 12A: Inhaltsstoffe im Anbauversuch in Grub 2019

Prüfglied	Rohprotein	Stärke	Zucker	NDF % TS	ADF	ADL	Fett
1	6,0	34,4	9,7	40,9	21,7	1,7	2,7
2	6,0	36,5	7,3	40,0	21,9	1,6	3,0
3	6,0	40,5	8,2	36,1	19,1	1,4	3,3
4	5,2	36,8	7,0	41,9	22,6	1,6	2,5
5	5,1	31,2	12,1	42,0	23,1	1,7	2,9
6	5,7	32,7	9,1	42,2	23,4	1,7	2,9
7	5,7	35,7	7,8	41,0	23,1	1,9	2,8
8	6,7	31,9	10,7	39,6	21,7	2,0	2,8
9	5,4	33,8	11,1	40,6	21,8	1,7	2,8
10	5,3	33,7	12,0	40,0	21,7	1,7	2,6
11	7,9	32,9	8,7	40,7	21,1	2,3	2,6
12	8,2	33,0	5,6	42,5	23,1	2,6	2,6
13	7,4	34,5	6,0	41,9	22,4	2,1	2,9
14	7,1	34,2	5,9	42,8	23,2	2,2	2,7
15	7,8	28,1	9,7	42,9	23,7	2,6	2,8
16	7,0	30,8	6,6	45,3	24,9	2,4	2,6
17	7,2	29,7	6,5	46,0	25,9	2,5	2,5
18	7,8	31,4	8,0	42,2	22,9	2,5	2,5
19	8,4	29,9	7,1	44,1	23,9	2,5	2,8
20	7,3	29,9	8,4	43,6	24,0	2,6	2,5

NDF: Neutral Detergent Fibre, ADF: Acid Detergent Fibre, ADL: Acid Detergent Lignin

Tab. 13A: Inhaltsstoffe im Düngeversuch in Freising 2018

N- Stufe	Roh- protein	Stärke	Zucker	NDF	ADF	ADL	Fett
% TS							
	Figaro	5,4	38,1	9,5	38,5	21,6	2,9
1	Figaro + WAV 612	6,8	37,1	6,2	41,5	23,2	2,6
	Figaro +Anellino Verde	6,5	36,7	7,8	40,9	22,9	2,9
	Mittelwert	6,2	37,3	7,8	40,3	22,5	2,8
	Figaro	5,6	34,6	11,6	39,8	23,0	2,8
2	Figaro + WAV 612	6,8	35,6	8,0	41,2	22,9	2,7
	Figaro +Anellino Verde	6,7	36,0	8,9	40,7	22,8	2,9
	Mittelwert	6,3	35,4	9,5	40,6	22,9	2,8
	Figaro	5,8	35,8	11,8	38,7	22,4	2,9
3	Figaro + WAV 612	6,8	35,2	6,7	42,4	23,5	2,8
	Figaro +Anellino Verde	6,8	36,4	8,3	40,3	22,5	3,1
	Mittelwert	6,4	35,8	8,9	40,5	22,8	2,9
4	Figaro	6,2	37,9	9,0	37,8	21,2	3,0
	Figaro + WAV 612	7,4	37,1	7,5	40,1	22,0	3,0
	Figaro +Anellino Verde	7,3	36,3	7,2	41,3	22,9	3,0
	Mittelwert	7,0	37,1	7,9	39,7	22,0	3,0
	Figaro	6,7	36,8	8,8	38,1	21,1	3,0
5	Figaro + WAV 612	8,1	35,0	5,9	43,0	23,8	2,8
	Figaro +Anellino Verde	7,8	36,0	5,6	42,0	23,2	2,8
	Mittelwert	7,6	35,9	6,8	41,0	22,7	2,9

NDF: Neutral Detergent Fibre, ADF: Acid Detergent Fibre, ADL: Acid Detergent Lignin

Tab. 14A: Inhaltsstoffe im Düngeversuch in Grub 2018

N- Stufe	Roh- protein	Stärke	Zucker	NDF	ADF	ADL	Fett	
% TS								
	Figaro	3,7	27,6	12,0	47,0	27,5	2,0	2,3
1	Figaro + WAV 612	6,3	27,7	7,2	49,8	28,2	2,8	2,5
	Figaro +Anellino Verde	5,1	31,8	8,2	46,8	26,4	2,2	2,5
	Mittelwert	5,0	29,0	9,1	47,9	27,3	2,3	2,4
	Figaro	3,9	28,8	10,2	48,8	28,7	2,1	2,1
2	Figaro + WAV 612	6,8	23,0	5,8	55,3	31,7	3,0	2,4
	Figaro +Anellino Verde	5,5	30,3	6,9	48,3	27,8	2,4	2,6
	Mittelwert	5,4	27,4	7,6	50,8	29,4	2,5	2,4
	Figaro	5,1	33,0	7,9	45,9	26,0	2,0	2,8
3	Figaro + WAV 612	6,7	28,6	4,4	52,5	29,8	2,7	2,5
	Figaro +Anellino Verde	6,2	27,5	7,2	50,0	29,9	2,7	2,6
	Mittelwert	6,0	29,7	6,5	49,4	28,5	2,5	2,6
4	Figaro	5,4	32,1	6,2	47,1	27,6	2,4	2,6
	Figaro + WAV 612	8,0	30,1	4,7	48,8	27,2	2,9	2,8
	Figaro +Anellino Verde	7,5	36,1	4,7	42,9	23,8	2,5	3,0
	Mittelwert	7,0	32,8	5,2	46,3	26,2	2,6	2,8
	Figaro	6,3	38,3	4,7	41,7	22,8	2,1	2,8
5	Figaro + WAV 612	8,0	27,9	4,0	50,9	28,7	2,9	2,5
	Figaro +Anellino Verde	8,1	29,6	3,6	49,4	27,8	2,8	2,7
	Mittelwert	7,5	31,9	4,1	47,3	26,4	2,6	2,7

NDF: Neutral Detergent Fibre, ADF: Acid Detergent Fibre, ADL: Acid Detergent Lignin

Tab. 15A: Inhaltsstoffe im Düngeversuch in Freising 2019

N- Stufe	Roh- protein	Stärke	Zucker	NDF	ADF	ADL	Fett
% TS							
	Figaro	5,9	37,1	10,4	37,3	21,1	2,2
1	Figaro + WAV 612	6,7	34,2	8,2	40,7	23,0	2,3
	Figaro +Anellino Verde	6,7	34,3	7,6	40,4	22,7	2,2
	Mittelwert	6,4	35,2	8,8	39,5	22,3	2,2
	Figaro	5,8	36,2	10,4	37,8	21,8	2,1
2	Figaro + WAV 612	6,4	33,9	7,5	42,2	24,0	2,0
	Figaro +Anellino Verde	6,4	34,1	8,8	40,4	22,8	2,2
	Mittelwert	6,2	34,7	8,9	40,1	22,9	2,2
	Figaro	5,7	34,7	10,3	39,1	22,3	2,1
3	Figaro + WAV 612	6,9	32,4	6,4	43,4	25,0	2,0
	Figaro +Anellino Verde	6,5	32,9	9,0	41,4	23,5	2,2
	Mittelwert	6,4	33,3	8,6	41,3	23,6	2,2
4	Figaro	5,7	32,6	11,5	40,0	23,2	2,1
	Figaro + WAV 612	6,9	31,8	7,2	42,8	24,7	2,1
	Figaro +Anellino Verde	6,9	34,2	7,5	40,5	22,9	2,2
	Mittelwert	6,5	32,8	8,7	41,1	23,6	2,2
	Figaro	5,8	33,6	10,5	39,6	22,8	2,2
5	Figaro + WAV 612	7,1	34,2	7,3	40,7	22,9	2,2
	Figaro +Anellino Verde	7,1	31,8	6,7	43,2	24,9	2,0
	Mittelwert	6,7	33,2	8,2	41,2	23,5	2,2

NDF: Neutral Detergent Fibre, ADF: Acid Detergent Fibre, ADL: Acid Detergent Lignin

Tab. 16A: Inhaltsstoffe im Düngeversuch in Grub 2019

N- Stufe	Roh- protein	Stärke	Zucker	NDF	ADF	ADL	Fett
% TS							
	Figaro	3,4	32,2	8,6	48,4	26,8	2,1
1	Figaro + WAV 612	5,8	27,4	6,9	50,2	28,0	2,0
	Figaro +Anellino Verde	5,6	30,7	7,2	46,7	25,9	2,1
	Mittelwert	4,9	30,1	7,6	48,4	26,9	2,1
	Figaro	4,6	35,0	7,6	43,7	24,6	2,4
2	Figaro + WAV 612	6,3	31,7	6,5	46,0	25,6	2,4
	Figaro +Anellino Verde	6,1	33,5	6,1	45,2	25,0	2,1
	Mittelwert	5,7	33,4	6,7	44,9	25,0	2,3
	Figaro	4,4	33,7	8,2	45,2	25,5	2,3
3	Figaro + WAV 612	5,9	28,3	6,4	49,4	27,9	2,2
	Figaro +Anellino Verde	6,2	34,2	6,9	43,0	23,5	2,4
	Mittelwert	5,5	32,1	7,2	45,9	25,6	2,3
4	Figaro	5,6	34,1	8,7	41,8	23,1	2,4
	Figaro + WAV 612	7,1	31,9	7,1	43,9	24,1	2,4
	Figaro +Anellino Verde	7,4	33,7	6,5	41,6	22,8	2,4
	Mittelwert	6,7	33,2	7,4	42,4	23,4	2,4
	Figaro	5,7	35,2	9,6	40,1	22,1	2,5
5	Figaro + WAV 612	7,6	28,9	7,3	44,6	24,5	2,3
	Figaro +Anellino Verde	7,3	33,5	7,2	41,9	22,8	2,4
	Mittelwert	6,9	32,5	8,0	42,2	23,1	2,4

NDF: Neutral Detergent Fibre, ADF: Acid Detergent Fibre, ADL: Acid Detergent Lignin