
Versuchsbericht

zur Auswahl ackerbaulicher Kulturen bei steigenden Temperaturen und zunehmender Trockenheit unter Brandenburger Standortbedingungen

- Versuchsfrage 2: Wie beeinflusst der Wasserverbrauch von Zwischenfrüchten den Ertrag der nachfolgenden Hauptfrucht? -

Verfasser:

Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte
an der Humboldt-Universität zu Berlin (IASP)

Philippstraße 13 Haus 16

10115 Berlin

☎ 030-2093 9061 Fax: 030-2093 9065

E-Mail: iasp@iasp.hu-berlin.de

Internet: <https://www.iasp-berlin.de>



Wissenschaftliche Bearbeitung:

Dr. rer. agr. Andreas Muskulus

M. Sc. agr. Annika Behler

Förderhinweis:

Gefördert durch das Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und
Klimaschutz (MLUK) des Landes Brandenburg

in Kooperation mit der Koordinierungsstelle Versuchswesen/Klima/Bio-
ökonomie am Institut für Lebensmittel- und Umweltforschung e.V. (ILU),
Bad Belzig

Inhaltsverzeichnis

1	Zielsetzung	4
2	Versuchsansatz	4
2.1	Klima und Wetter im Versuchszeitraum	5
2.2	Versuchsaufbau	6
3	Ergebnisse	9
3.1	Bodenfeuchte	9
3.1.1	Zwischenfrüchte	9
3.1.2	Mais	11
3.2	Erträge	12
3.2.1	Zwischenfrüchte	12
3.2.2	Mais	13
4	Fotodokumentation	15
5	Schlussfolgerungen und Fazit	17

1 Zielsetzung

In der Fruchtfolge haben Zwischenfrüchte das Potential, den Stickstoffdüngungsbedarf der Hauptfrucht zu senken, Unkraut zu unterdrücken und Kohlenstoff im Boden anzureichern. Besonders unter trockenen Anbaubedingungen besteht jedoch häufig eine Konkurrenz um das verfügbare Wasser zwischen der Zwischenfrucht und der nachfolgenden Kultur. Das Ziel des durchgeführten Versuchs war es, über einen Zeitraum von eineinhalb Jahren zu bewerten, wie sich der Anbau ausgesuchter Zwischenfrüchte auf die Wasserverfügbarkeit und den Ertrag der Hauptfrucht Silomais auswirkt.

Hierzu wurden in einem Parzellenfeldversuch je 6 Zwischenfrüchte nach Winterweizen und Wintergerste (früh räumende Kultur) und nach Silomais (spät räumende Kultur) angebaut. Der Wasserverbrauch sollte durch wöchentliche Messungen der Bodenfeuchte dargestellt werden. Dafür hat das Unternehmen AFS AGRO FLOW SYSTEM GmbH ein Messgerät zur Verfügung gestellt. Im Anschluss wurde Silomais angebaut und der Ertragseffekt der Zwischenfrucht auf den Mais ermittelt.

2 Versuchsansatz

Der durchgeführte Feldversuch wurde im Sommer 2020 mit der Auswahl geeigneter Versuchsflächen mit einheitlicher Vorfrucht begonnen. Vor der Bodenbearbeitung wurde der Boden auf wichtige Nährstoffe analysiert. Es fand eine Aussaat von insgesamt 56 Versuchspartzen statt, wobei die unterschiedlichen Saatzeiten der Zwischenfrüchte berücksichtigt wurden. Insgesamt gab es je 6 Zwischenfrüchte mit früher und später Aussaat, die sich auf zwei nebeneinanderliegenden Schlägen befanden. Zusätzlich wurden die Vergleichsvarianten Brache mit Bodenbearbeitung und Stoppel ohne Bodenbearbeitung angelegt. Die Ausbringung auf den Schlägen war jeweils in vier Blöcke (Wiederholungen) randomisiert. Die Düngung wurde kulturartenspezifisch durchgeführt. Die Bodenfeuchte wurde in jeder Parzelle wöchentlich gemessen. Im Mai 2021 wurden die Zwischenfrüchte geerntet und der Ganzpflanzenertrag je Parzelle bestimmt. Es folgte eine Bodenbearbeitung und die Aussaat von Silomais. Die Pflanzen erhielten eine praxisübliche Düngung und Pflanzenschutz. Die Bodenfeuchte wurde auch nach der Aussaat des Silomais weiterhin parzellenweise gemessen. Abschließend wurde der Ganzpflanzenertrag des Silomais bei der Ernte bestimmt.

2.1 Klima und Wetter im Versuchszeitraum

Im langjährigen Mittel (1991-2020) ist Nauen durch eine Jahresdurchschnittstemperatur von 10,0 °C und einen Jahresniederschlag von 526 mm gekennzeichnet. Für das langjährige Mittel sowie für die Versuchsjahre 2020 und 2021 sind die Monatsmittelwerte der Temperaturen in Abb. 1 sowie die Monatsniederschlagssummen in Abb. 2 dargestellt.

In beiden Versuchsjahren gab es keine starken Abweichungen der Temperaturen von den langjährigen Durchschnittswerten (1991-2020) der Wetterstation in Berge. Die Temperaturen lagen lediglich im August 2020 2 °C und im Juni 2021 ca. 3 °C über dem Durchschnittswert.

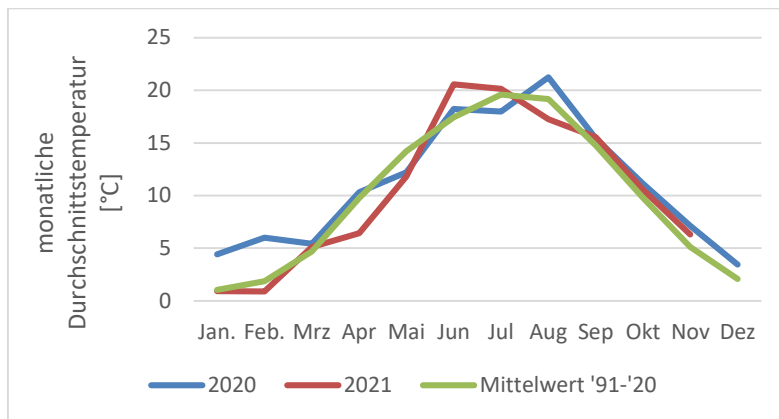


Abbildung 1: Temperaturmittelwerte der Jahre 1991 bis 2020 sowie der Versuchsjahre 2020 und 2021; Versuchsstation in Berge bei Nauen

Der Niederschlag zeigte in beiden Versuchsjahren größere Abweichungen vom langjährigen Mittelwert. In 2020 und 2021 war es in den meisten Monaten etwas trockener. Besonders im Juli war der monatliche Niederschlag in beiden Versuchsjahren über 20 mm geringer im Vergleich zum langjährigen Mittel.

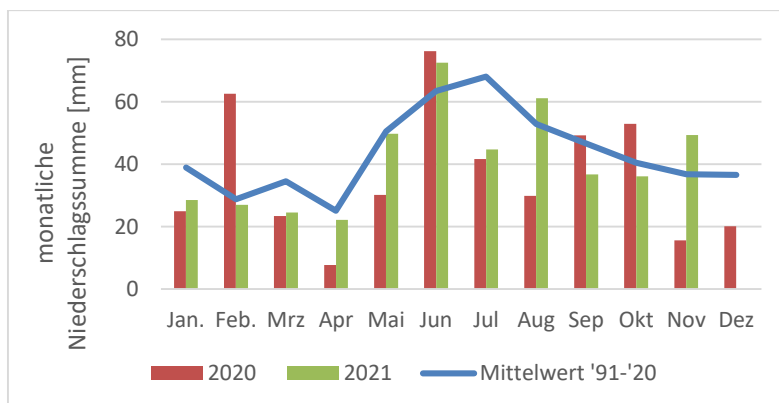


Abbildung 2: Monatsniederschlagssummen im langjährigen Mittel der Jahre 1991 bis 2020 sowie für die Versuchsjahre 2020 und 2021; Versuchsstation in Berge bei Nauen

Obwohl auch die Niederschlagssumme geringer ist, erreichte 2021 durch leicht überdurchschnittliche Niederschläge im Juni und August mit 93 % (323 mm) beinahe die ortsübliche Niederschlagssumme. Generell zeigen sich die Unterschiede vor allem in der Niederschlagsverteilung über das Jahr.

2.2 Versuchsaufbau

Der Feldversuch befand sich auf einem Standort mit sandigem und sandlehmigem Boden auf der Nauener Platte. Insgesamt gab es in dem Versuch 16 Varianten (6 Zwischenfrüchte x 2 Versuchsflächen + Kontrolle in Form von Brache und Stoppeln). Diese wurden als Blockanlage mit vier Wiederholungen auf zwei benachbarten Versuchsflächen angelegt. Die Fläche jeder Parzelle war 10 m lang und 3 m breit. Daraus ergaben sich insgesamt 64 Versuchsparzellen (je 30 m²). Im Folgenden sind die Varianten, die Lagepläne und die durchgeführten Anbaumaßnahmen aufgeteilt nach früher und später Aussaat der Zwischenfrüchte dargestellt.

Zwischenfrüchte (frühe Aussaat)

Es wurden sechs Zwischenfrüchte mit früher Aussaat und die Vergleichsvarianten Stoppeln und Brache nach Winterweizen/-gerste ausgebracht (Tab. 1). Der Lageplan der früh ausgesäten Zwischenfrüchte ist nachfolgend aufgeführt (Abb. 3).

Tabelle 1: Zwischenfrüchte (frühe Sorten)

Nr.	Variante	Sorte	Aussaatstärke [g/ ha]
1	Perserklee	Resal	20000
2	Alexandrinerklee	Alex	27500
3	Körnererbse	Livioletta	140000
4	Lupine	Oskar	65 Körner/m ²
5	Buchweizen (Gemenge)	Terra Life 'Cool Season'	27500
6	Sonnenblumen (Gemenge)	Brandenburger Bienenweide + X von Herrn Kaim	20000
7	Stoppeln		
8	Brache		

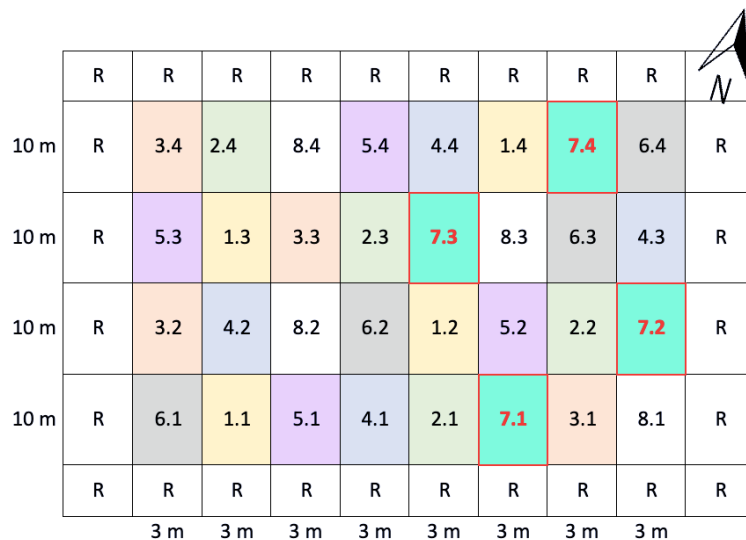


Abbildung 3: Lageplan der Zwischenfrüchte mit früher Aussaat (nach Winterweizen bzw. Wintergerste)

In Tab. 2 findet sich eine Liste der für den Versuch durchgeführten Anbaumaßnahmen. Die Vorfrüchte waren Winterweizen und Wintergerste. Die Vorvorfrucht war Winterweizen.

Tabelle 2: Übersicht über die Anbaumaßnahmen auf den Versuchspartellen der früh ausgesäten Zwischenfrüchte

Maßnahme	Datum	Beschreibung
Aussaat	14.08.20 31.08.20 07.05.21	laut Plan (Rand: Senf-Ölrettich, 20g/22m²) Silomais 'Smartboxx'
Bodenbearbeitung	14.08.20 31.08.20 04.05.21	Fräsen + Walzen (Saatbett) Saatbett Rand Fräse
Beregnung	19.08.20	ca. 10 mm
Pflanzenschutz	09.06.21	0,7l/ ha Calisto 3l/ ha Gardo Gold 0,6l/ ha Motiwell forte
Ernte	04.05.21 08.10.21 15.10.21	Ernte Zwischenfrüchte Ernte Silomais Ränder häckseln

Zwischenfrüchte (späte Aussaat)

Die späte Aussaat der Zwischenfrüchte wurde auf einem benachbarten Schlag nach Silomais durchgeführt (Tab. 3). Der Lageplan für die Zwischenfrüchte mit später Aussaat ist in Abb. 4 einsehbar.

Tabelle 3: Zwischenfrüchte (späte Sorten)

Nr.	Variante	Sorte	Aussaatstärke [g/ ha]
9	Ackersenf	Litember	20000
10	Phacelia	Beehappy	16000
11	Roggen	Serafino KWS 235 K/m ²	81000
12	Buchweizen	Kora	60000
13	Winterwicke	Ostsaat Dr. Baum	60000
14	Welsches Weidelgras		50000
15	Stoppeln		
16	Brache		

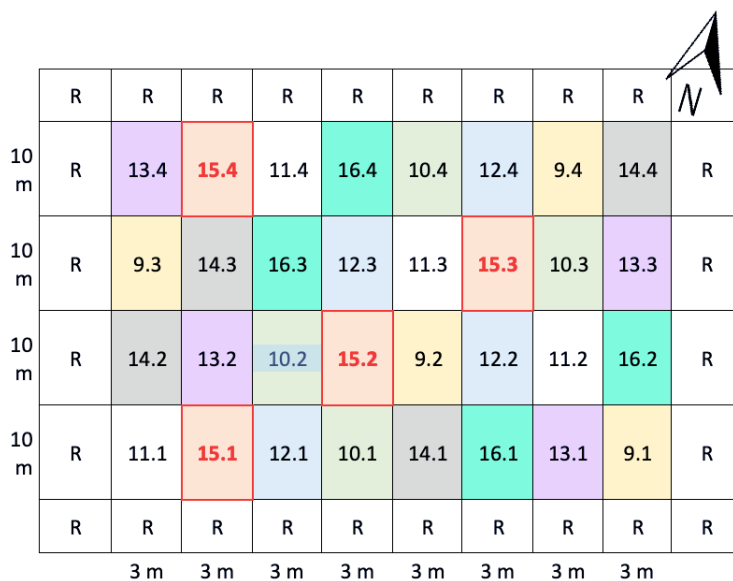


Abbildung 4: Lageplan der Zwischenfrüchte mit später Aussaat (nach Silomais)

Eine Übersicht der durchgeführten Anbaumaßnahmen auf der Fläche der spät ausgesäten Zwischenfrüchte gibt Tab. 4. Vorfrüchte waren Mais und Soja und die Vorvorfrucht war Hafer.

Tabelle 4: Übersicht über die Anbaumaßnahmen auf den Versuchspartellen der spät ausgesäten Zwischenfrüchte

Maßnahme	Datum	Beschreibung
Aussaat	06.10.20	laut Plan
	07.05.21	Silomais 'Albirea'
Bodenbearbeitung	04.05.21	Fräse
Düngung	25.02.21	120 kg/ ha Kieserit
Pflanzenschutz	09.06.21	0,7l/ ha Calisto
		3l/ ha Gardo Gold
		0,6l/ ha Motiwell forte
Ernte	04.05.21	Ernte Zwischenfrüchte
	08.10.21	Ernte Silomais
	15.10.21	Ränder häckseln

3 Ergebnisse

3.1 Bodenfeuchte

3.1.1 Zwischenfrüchte

Mit den Messungen wurde Ende September 2020 begonnen. Die Erhebung der Bodenfeuchte (in %) sollte im Oberboden über den gesamten Versuchszeitraum erfolgen. Zusätzlich erfolgten vereinzelt Messungen der Bodenfeuchte im Unterboden bis zu einer Tiefe von 60 cm. Die Messungen wurden mit zwei verschiedenen Messgeräten durchgeführt. Darunter das Testgerät AgroFlow und ein praxisübliches FieldScout-Messgerät, das die Bodenfeuchte in bis zu 20 cm Tiefe misst. Bei den ersten beiden Messungen mit dem AgroFlow-Messgerät wurde die Bodenfeuchte zwischen 0 und 60 cm Tiefe in 10-Zentimeter-Schritten erfasst. Aufgrund der Bodenverdichtung unterhalb der Pflugsohle war die Datenerhebung mit dem AgroFlow nur im Oberboden uneingeschränkt möglich. Tiefere Messungen erforderten ein aufwändiges Vorbohren des Messkanals, weshalb die Datenerhebung bis 60 cm Tiefe nur zu zwei Messzeitpunkten erfolgte. Die Datenauswertung konzentriert sich zur besseren Vergleichbarkeit der Messergebnisse auf die Bodenfeuchte in der Tiefe bis 20 cm, in der sowohl mit dem AgroFlow als auch mit dem Fieldscout gemessen werden konnte. In der Auswertung werden die Messungen in tieferen Bodenschichten gesondert behandelt.

Da die Versuchspläne der früh und spät ausgesäten Zwischenfrüchte untereinander nicht randomisiert sind, ist eine gegenseitige Verrechnung nicht möglich. Die Ergebnisse werden deshalb separat betrachtet.

In Abb. 5 ist ersichtlich, dass die Parzellen mit Stoppeln neben den brachliegenden Parzellen zu Beginn der Messungen im September und Oktober die höchste Bodenfeuchte aufwiesen.

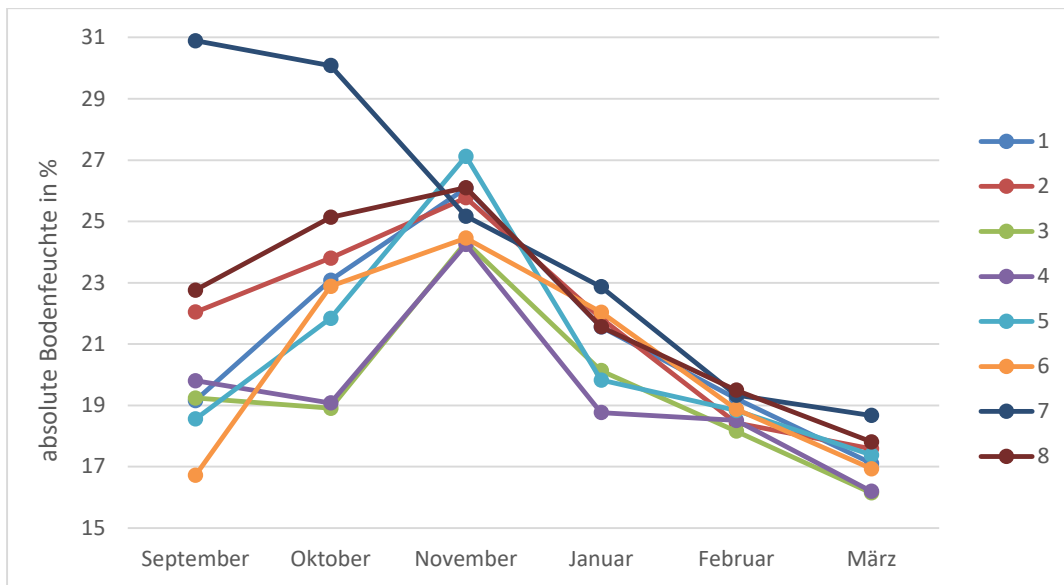


Abbildung 5: Mittelwerte der absoluten Bodenfeuchte auf den Parzellen der früh ausgesäten Zwischenfrüchte 2020/2021

Die Variante Stoppeln (7) unterschied sich statistisch signifikant von allen anderen Varianten außer der Brache (8) (ANOVA, Tukey $\alpha = 0,05$). Weiterhin unterschied sich die Variante Brache statistisch signifikant von den Varianten Körnererbse (3), Lupine (4) und Sonnenblume (6). Diese Varianten waren neben dem Gemenge mit Buchweizen (5) auch die Varianten, in denen durchschnittlich die niedrigste Bodenfeuchte erfasst wurde. In den darauffolgenden Monaten waren die Unterschiede zwischen den Varianten weniger stark ausgeprägt als zu Beginn der Messungen.

Im November 2020 wurde mit den Bodenfeuchte-Messungen auf den Parzellen mit den spät ausgesäten Zwischenfrüchten begonnen (Abb. 6). In der Grafik ist deutlich zu erkennen, dass die Bodenfeuchte seit Beginn der Messungen stetig abgenommen hat. Weiterhin zeigt sich, dass die Variabilität der durchschnittlichen Messwerte zwischen den Varianten im November stärker ausgeprägt war als in den darauffolgenden Monaten. Besonders im Februar und März 2021 unterschieden sich die Mittelwerte der gemessenen Bodenfeuchte zwischen den Varianten kaum noch. Auch in den Berechnungen sind die Unterschiede zwischen den spät ausgesäten Zwischenfrüchten über den Messzeitraum nicht signifikant geworden (ANOVA, Tukey $\alpha = 0,05$).

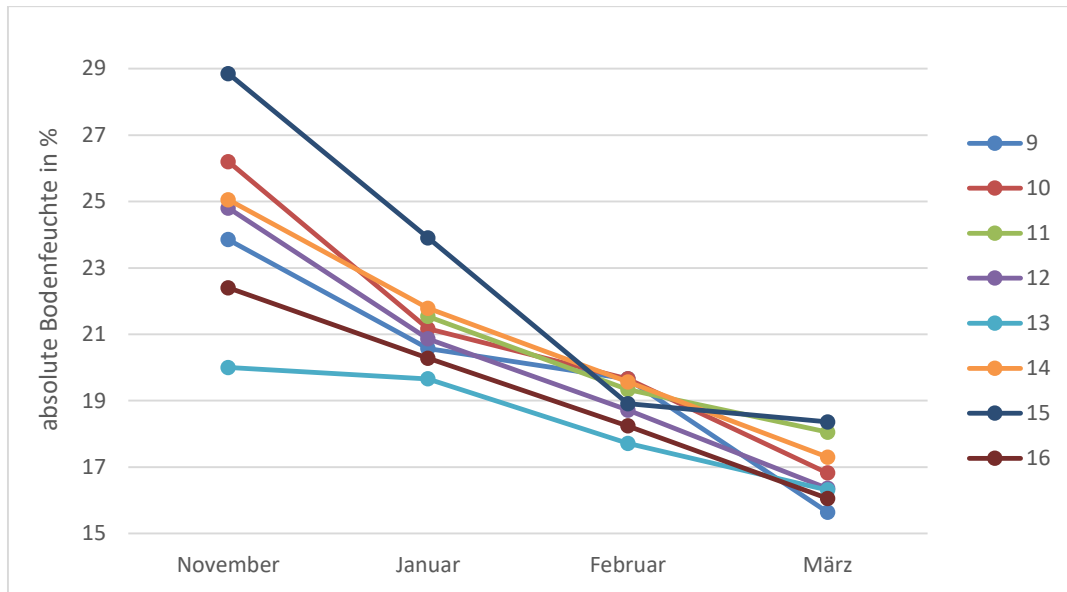


Abbildung 6: Mittelwerte der absoluten Bodenfeuchte auf den Parzellen der spät ausgesäten Zwischenfrüchte 2020/2021

Die Messungen der Bodenfeuchte in Tiefen von 30 bis 60 cm zeigten keine erkennbaren Zusammenhänge zu den Versuchsvarianten.

3.1.2 Mais

Um die Wirkung der Zwischenfrüchte auf die nachfolgende Hauptfrucht Silomais zu untersuchen, wurde die Bodenfeuchte-Messung nach der Mais-Aussaat für die 16 Varianten weiterhin durchgeführt. In den Messergebnissen zeigen sich starke monatliche Schwankungen der Bodenfeuchte (Abb. 7 & 8). Die höchsten Bodenfeuchte-Messwerte traten im Juli und September 2021 auf. Diese Werte lassen sich auf die Niederschlagssummen im Juni und August zurückführen, die verglichen mit den anderen Monaten am höchsten ausfielen. Die Unterschiede zwischen den Varianten sind weniger stark ausgeprägt. Dennoch unterscheiden sich die Bodenfeuchte-Messwerte der Parzellen je nachdem, ob die vorangegangene Zwischenfrucht früh oder spät ausgesät wurde. Besonders im September 2021 waren die durchschnittlichen Bodenfeuchte-Messwerte auf den Parzellen der vormals spät ausgesäten Zwischenfrüchte höher. Weiterhin gab es im September kaum Unterschiede in der Bodenfeuchte zwischen den Varianten 9 bis 16 (Abb. 8).

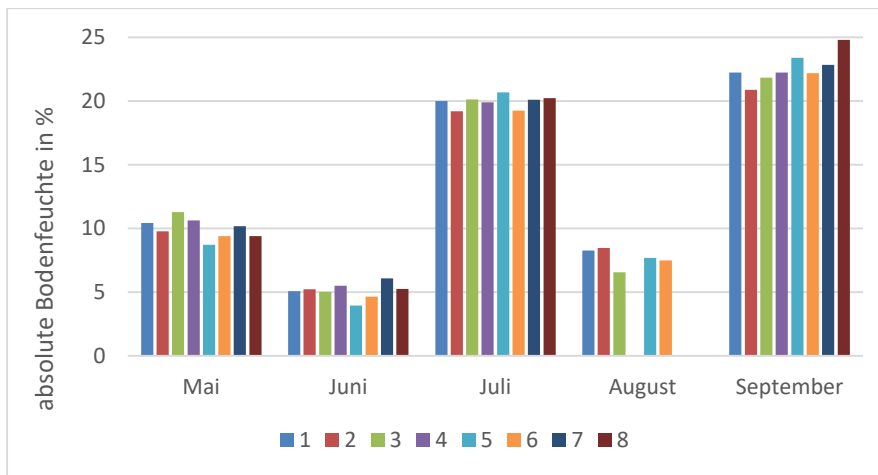


Abbildung 7: Mittelwerte der absoluten Bodenfeuchte auf den Parzellen der früh ausgesäten Zwischenfrüchte nach der Mais-Aussaat 2021

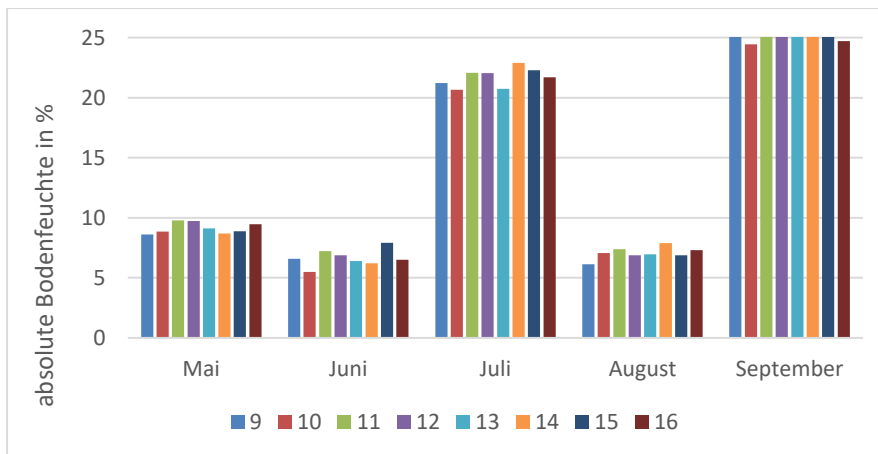


Abbildung 8: Mittelwerte der absoluten Bodenfeuchte auf den Parzellen der spät ausgesäten Zwischenfrüchte nach der Mais-Aussaat 2021

3.2 Erträge

3.2.1 Zwischenfrüchte

Es war eine Erhebung der Ganzpflanzenerträge der Zwischenfrüchte geplant. Ein Großteil der Zwischenfrüchte, darunter alle früh ausgesäten, ist jedoch über den Winter abgefroren. Die Ernte der spät ausgesäten Zwischenfrüchte ist am 04.05.2021 erfolgt. Nennenswerte Erträge wurden nur beim Roggen (11) mit durchschnittlich 68,65 dt ha⁻¹ Frischmasse erreicht. Bei den anderen Parzellen der spät ausgesäten Zwischenfrüchte wurden durchschnittlich 6,32 dt ha⁻¹ geerntet. Aufgrund der sehr geringen Erntemengen bei allen spät ausgesäten Varianten außer Roggen wird auf eine weitere Auswertung an dieser Stelle verzichtet.

3.2.2 Mais

Der Silomais wurde am 08.10.2021 geerntet. Die niedrigsten Erträge wiesen dabei durchschnittlich die Parzellen auf, auf denen zuvor die Zwischenfrüchte Gemenge mit Buchweizen (5), Roggen (11) und Welsches Weidelgras (14) angebaut wurden (Abb. 9 & 10). Die höchsten Erträge wiesen die Parzellen auf, auf denen zuvor Perserklee (1) oder Lupine (4) angebaut wurden. Signifikante Unterschiede der mittleren Silomais-Erträge ergaben sich jedoch nur für die Variante Gemenge mit Buchweizen (5), die sich signifikant von allen anderen Varianten mit früher Aussaat unterschied (ANOVA, Tukey $\alpha = 0,05$).

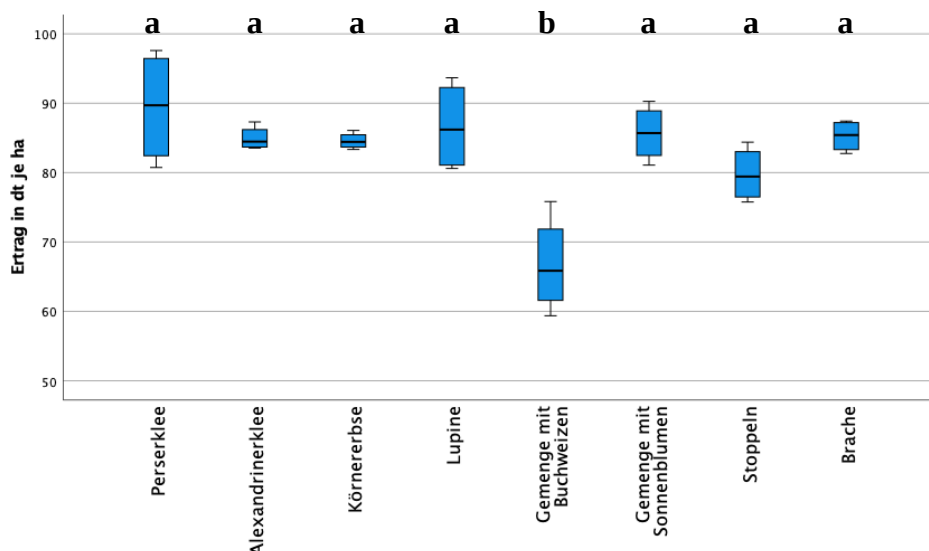


Abbildung 9: Boxplots der Mittelwerte der Silomais-Erträge (Trockenmasse dt ha⁻¹) nach den untersuchten Zwischenfrucht-Varianten mit früher Aussaat 2021, Verschiedene Buchstaben markieren signifikante Unterschiede zwischen den Varianten (Tukey's HSD-Test), $p \leq 0,05$, $n = 4$)

Die niedrigen Erträge der Varianten Gemenge mit Buchweizen (5), Roggen (11) und Welsches Weidelgras (14) lassen sich nicht direkt mit niedrigen Bodenfeuchte-Messungen erklären. Lediglich bei Variante Gemenge mit Buchweizen (5) traten im Jahr 2020 zeitweise unterdurchschnittlich hohe Messwerte auf. Die Bodenfeuchte-Messwerte der Varianten 11 und 14 lagen 2020 im Durchschnitt bzw. waren tendenziell sogar höher als der Durchschnitt. Die Mindererträge, die der Mais nach dem Anbau von Roggen erzielte, lassen sich somit nicht durch eine reduzierte Bodenfeuchte und auch nicht durch eine spätere Aussaat begründen und müssen durch andere Faktoren z.B die Stickstoffversorgung durch Leguminosen-Vorfrüchte erklärt werden.

Auf den Parzellen der Variante Welsches Weidelgras (14) ist der nachfolgende Mais nur stark verzögert aufgelaufen. Während des gesamten Jugendwachstums fielen diese Parzellen durch eine verzögerte Entwicklung und eine deutliche Gelbfärbung auf. Die Variante wies letztlich auch die niedrigsten Erträge auf. Eine finale Erklärung konnte für diese Beobachtung nicht gefunden werden. Die Schlussfolgerung, dass Ackergras als Zwischenfrucht vor Mais ungeeignet ist müsste durch weitere Versuchsjahre überprüft werden. Im Messzeitraum 2021 lag die Bodenfeuchte auf den Parzellen mit Welschem Weidelgras im Mittel der anderen Parzellen. Im Juli und August 2021 war die Bodenfeuchte der Variante durchschnittlich sogar am höchsten. Dies lässt sich wahrscheinlich darauf zurückführen, dass der Mais dem Boden durch sein verzögertes Wachstum weniger Wasser entzogen hat.

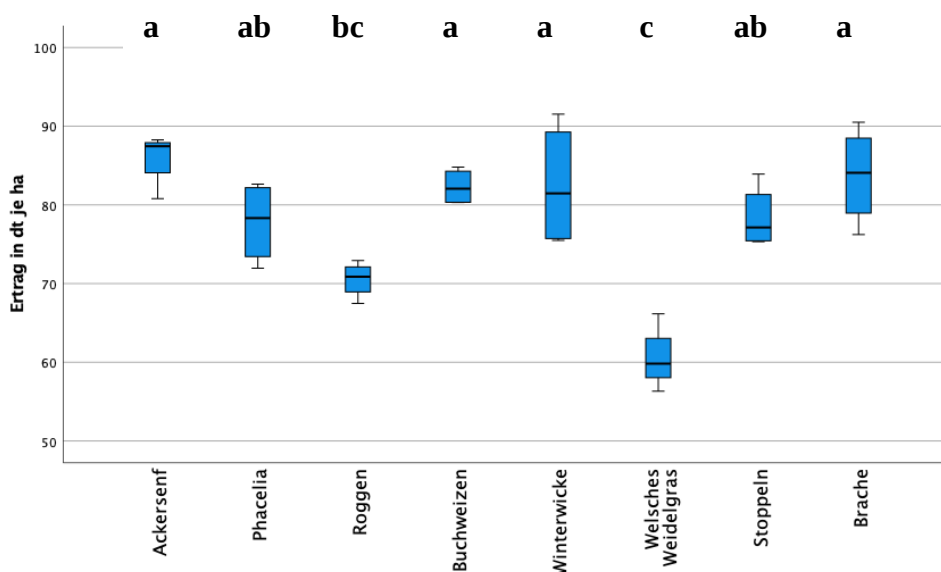


Abbildung 10: Boxplots der Mittelwerte der Silomais-Erträge (Trockenmasse dt ha⁻¹) nach den untersuchten Zwischenfrucht-Varianten mit später Aussaat 2021, Verschiedene Buchstaben markieren signifikante Unterschiede zwischen den Varianten (Tukey's HSD-Test), $p \leq 0,05$, $n = 4$)

Die hohen Erträge nach Perserklee (1) und Lupine (4) lassen sich nicht direkt auf höhere Bodenfeuchte-Messwerte zurückführen. Die Bodenfeuchte der Variante Lupine (4) war im gesamten Messzeitraum durchschnittlich bis unterdurchschnittlich hoch. Durch die Fixierung von Stickstoff könnte hier jedoch trotz geringer Bodenfeuchte ein Vorteil für das Mais-Wachstum erzielt worden sein.

4 Fotodokumentation



Abbildung 11: Aufnahme des Versuchs am 21.09.2020



Abbildung 12: Aufnahme des Versuchs am 19.10.2020



Abbildung 13: Erhebung der Bodenfeuchte mittels AgroFlow am 26.11.2020



Abbildung 14: Dokumentation der abgefrorenen Zwischenfrüchte, Aufnahme vom 04.02.2021



Abbildung 15: Unzureichend aufgelaufener Silomais auf einer Parzelle der Variante Welsches Weidelgras, Aufnahme vom 28.06.2021

5 Schlussfolgerungen und Fazit

Im Feldversuch wurde der Einfluss verschiedener Zwischenfrüchte auf den Ertrag der nachfolgenden Hauptfrucht Silomais untersucht. Der Fokus lag dabei auf dem Wasserverbrauch, da besonders unter trockenen Anbaubedingungen das vorhandene Bodenwasser ein Faktor ist, um den die Zwischenfrucht und die Hauptfrucht konkurrieren.

In dem Versuch konnte bestätigt werden, dass Zwischenfrüchte das Wachstum der Nachfrucht Mais grundsätzlich beeinflussen. Die Zwischenfrüchte haben weiterhin einen merklichen Einfluss auf die Bodenwassergehalte im Oberboden. Insbesondere bei geringen Niederschlägen im Winter kann dies eine nachteilige Auswirkung auf das Wachstum der Nachfrucht haben.

Dagegen waren die Wassergehalte im Unterboden durch die Zwischenfrüchte offenbar nicht beeinflusst. Der in ca. 25 bis 30 cm Tiefe festgestellte Verdichtungshorizont verhindert offenbar zum großen Teil das Wurzelwachstum durch diese Schicht, aber auch den Wasseraustausch.

Im durchgeführten Versuch kam es besonders nach Welschem Weidelgras zu starken Mindererträgen im Mais. Ebenfalls wurden nach den Zwischenfrüchten Roggen und Buchweizen Mindererträge erzielt. Im Gegensatz dazu führte der Anbau von Perserklee und Lupine, zu Mais-Erträgen. Generell ist die positive Ertragswirkung durch die Zwischenfrüchte sehr begrenzt, da auch nach Brache nahezu gleiche Erträge erzielt wurden.

Weiterhin sind die Wirkungen von Zwischenfrüchten komplex; eine mögliche N-Anreicherung, der Einfluss auf den Kohlenstoff im Boden sowie die Bodenbiologie wurden nicht untersucht. Ebenfalls sind dies nur einjährige Untersuchungen, welche vor dem Hintergrund der spezifischen Witterung des Versuchsjahres interpretiert werden müssen. Grundsätzlich kann aus den Untersuchungen geschlossen werden, dass die Zwischenfrüchte den Bodenwasserhaushalt zwar beeinflussen, dies jedoch bei durchschnittlicher Wasserversorgung im Winter und Frühling nicht zu einer signifikanten Beeinflussung des Ertrags der nachfolgenden Hauptkultur Silomais führt. Andere Effekte aus dem Anbau der Zwischenfrüchte (Stickstoffversorgung, Allelopathie) scheinen im Einzelfall deutlichere Ertragswirkungen zu verursachen.