



ZÜRCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN
DEPARTMENT LIFE SCIENCES UND FACILITY MANAGEMENT
INSTITUT UNR

Mischkultur Zuckermais und Stangenbohnen

Bachelorarbeit

von

Nadia Löffel

Bachelorstudiengang 2015, Studienrichtung Umweltingenieurwesen

Abgabedatum 23. August 2018

Fachkorrektoren: Alex Mathis und Guido Kunz

ZHAW Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen

Grüntalstrasse 14, 8820 Wädenswil

Impressum

Schlagwörter (Keywords)

Intercropping Zuckermais und Stangenbohnen, biologische Landwirtschaft, Stickstofffixierung, Biomasseertrag

Zitiervorschlag

Löffel, 2018. Mischkultur Zuckermais und Stangenbohnen, Bachelorarbeit Umweltingenieurwesen ZHAW Wädenswil, unveröffentlicht.

Adresse

ZHAW Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen
Grüntalstrasse 14, Postfach
8820 Wädenswil

Titelbild

Praktischer Versuch Intercropping (eigenes Bild, 2018)

Verfasserin

Nadia Löffel
Karl-Neuhausstrasse 20
2502 Biel

Zusammenfassung

Intercropping oder auch Mischkulturanbau beschreibt ein Prinzip, indem eine oder mehrere Kulturen im selben Feld angebaut werden. Im biologischen Mischkulturanbau werden speziell im Bereich des Silageanbaus unter anderem Anbauvorteile wie ein geringerer Unkrautdruck, eine grössere Widerstandskraft gegen Schädlinge und eine höhere Wassernutzungseffizienz durch unterschiedliche Wurzeltiefen der Pflanzen oder durch die Pflanzung von C4-Pflanzen (wie Mais) erwartet. Im Rahmen der vorliegenden Bachelorarbeit wurde an der Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften in Wädenswil ein Anbauversuch durchgeführt, welcher zwei verschiedene Intercropping Settings und je ein Setting in Monokultur von Stangenbohnen und Zuckermais in vier Wiederholungen beinhaltete.

Der Anbauversuch soll die Fragen beantworten, ob im Mischkulturanbau der Biomasseertrag in kg/ha, der Stickstoffgehalt in % der Biomasse sowie der wirtschaftliche Reinertrag höher sind als im Monokulturanbau. Begleitend zum Versuch wurde eine Literaturrecherche zu verwandten Themen durchgeführt.

Das Versuchssetting Intercropping 1 lieferte wirtschaftlich sowie bei der Erntemenge der Bohnen und des Zuckermais die besten Resultate. Im Hinblick auf die Biomasseproduktion in kg/ha erwies sich das Setting Mais Monokultur mit knapp 67'000 kg/ha als am produktivsten. Die Bohnen in Monokultur konnten mit meinem Mittelwert von gerundet 1,8% deutlich am meisten Stickstoff in % in der Biomasse des Sprosses fixieren. Es kann nicht belegt werden, dass der Mais effektiv von den Bohnen als Leguminosen profitieren konnte.

Für weitere Versuche wäre eine längere Versuchsdauer sowie ein grösseres Versuchssetting empfehlenswert. Mögliche weitere Forschungsthemen wären die Untersuchung des Einflusses der Anzucht der Kulturen im Gewächshaus auf das Wuchsverhalten oder der vertiefte Vergleich wirtschaftlicher Aspekte zwischen dem Monokulturanbau und des Intercroppings.

Abstract

Intercropping or mixed cultivation describes the principle to grow one or more crops in the same field. In the organic agriculture, intercropping is especially expected to create grow advantages as a lower weed pressure, a greater resistance to pests and higher water use efficiency by different root depths or by planting of C4 plants (such as corn). In the present thesis a field trial was conducted at the Zurich University of Applied Sciences in Wädenswil, which involved two different Intercropping settings and each one setting in Monoculture of runner beans and sweet corn with four repetitions.

The goal of the field trial is to answer the questions, whether the biomass yield in kg/ha, the nitrogen content in % of the biomass and the economic net income is higher in mixed cultivation than in monocultures. Accompanying the test, a literature search was conducted on related topics.

The experimental setting intercropping 1 provided the best results in terms of economy and in the harvest of beans and sweet corn. With regard to biomass production in kg/ha, the setting corn monoculture proved to be most productive with almost 67,000 kg/ha. The beans in monoculture could fix clearly the most nitrogen in % in the plant material (1,8%). It could not be proved that the corn plants could effectively benefit from the beans as legumes.

For further experiments, a longer test period and a larger trial setting would be recommended. Other possible research topics would be to study of the influence of the pre-breeding of cultures in the greenhouse on the growth behavior or an in-depth comparison between the economic aspects of monocultures and Intercroppings.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Aktuelle Möglichkeiten von Mischkulturen im Gemüsebau.....	2
2.1	Aktuelle Mischkultursysteme.....	2
2.2	Wissenschaftliche Belege zur Wirtschaftlichkeit von Mischkulturen.....	4
2.3	Faktoren für erfolgreiche Mischkulturen.....	5
2.4	Kulturtechnisches Porträt (Zucker-)Mais in Monokultur.....	6
2.5	Anbautechniken von (Zucker-)Mais in Mischkultur.....	7
2.6	Stangenbohnen als Einzel- oder Mischkultur.....	8
2.7	Fazit der Literaturrecherche für den Anbauversuch einer Mischkultur von Stangenbohnen und Zuckermais.....	9
3	Material und Methoden.....	10
3.1	Versuchsaufbau.....	10
3.2	Sortenwahl.....	12
3.3	Aussaat.....	12
3.4	Düngung.....	13
3.5	Vorbereitung des Versuchsfeldes und Pflanzung des Versuchs.....	14
3.6	Messmethoden im Feld.....	15
3.6.1	Zwischenbonitur.....	15
3.6.2	Ertrag und Qualität.....	16
3.6.3	Auftreten von Pflanzenschadorganismen.....	19
3.6.4	Beurteilung der Wirtschaftlichkeit.....	19
3.7	Nährstoffanalysen.....	19
4	Resultate.....	22
4.1	Ertrag und Qualität.....	22
4.1.1	Stangenbohnen.....	22
4.1.2	Zuckermais.....	25

4.1.3	Biomasseertrag.....	26
4.2	Nährstoffanalysen.....	28
4.2.1	Nitratgehalt in kg Nitrat-N/ha in den obersten 30cm Boden.....	28
4.2.2	Fixierter Stickstoff in der Biomasse der oberirdischen Pflanzenteile.....	30
4.2.3	Blattanalysen mittels Dualexgerät.....	32
4.3	Auftreten von Pflanzenschadorganismen.....	35
4.4	Wirtschaftlichkeit.....	36
5	Diskussion	38
6	Quellen	41

1 Einleitung

Seit langem werden in tropischen Ländern verschiedene Kulturen in Mischkulturen, sogenannten Intercroppings angebaut. Durch das rasante Populationswachstum sowie der drohende Klimawandel sind vor allem tropische und subtropische Länder um die Ernährungssicherheit besorgt (Tsega, 1990). Durch den Anbau von mehreren Kulturen auf einem Feld kann das Anbaurisiko von Monokulturen minimiert und die Ernährungssicherheit und ein garantiertes Einkommen erhöht werden (Tsega, 1990). Viele verschiedene Mischkulturvarianten sind heute noch in Gebrauch. Eine der wichtigsten ist das Intercropping zwischen einer kohlenhydratreichen und einer eiweissreichen Pflanze. Durch die optimale Ausnutzung der Nährstoffe im Boden und durch die Umwandlung von Stickstoff durch die Leguminosen kann dieses Mischkulturverfahren mit minimalem Düngungsaufwand grosse Erträge liefern (Tsega, 1990).

Auch in europäischen Ländern finden Mischkulturen immer mehr Anklang. Inspiriert vom Mischkulturverfahren «die drei Schwestern Mais, Bohne und Kürbis» der Inkas wurden auch in der Schweiz verschiedene Versuche zum Mischkulturanbau durchgeführt („Drei Schwestern / Milpa-System - Mais - Bohnen - Kürbis“, o. J.). Versuche am Strickhof mit der Kombination von Bohnen und Mais als Futtermischung verliefen in einer dreijährigen Versuchsphase positiv, was den Mehrertrag bzw. Proteingehalt des Futters betrifft (Carrel & Keller, 2017). Auch im biologischen Landbau werden speziell im Bereich der Silageproduktion verschiedene Anbauvorteile erwartet. Unter anderem ist der geringe Unkrautdruck, eine grössere Widerstandskraft gegen Schadorganismen, ein höherer Gesamtertrag im Vergleich zu den Monokulturen und eine höhere Wassernutzungseffizienz durch unterschiedliche Wurzeltiefen der Pflanzen oder durch die Pflanzung von C4-Pflanzen (wie Mais) zentral (Mühle Rytz AG, Mühle Lehmann, & Dierauer, 2015).

Die vorliegende Arbeit soll folgende Hypothesen mittels eines Anbauversuches an der ZHAW in Wädenswil beantworten:

- 1) Der Biomasseertrag in kg/ha ist in den Intercroppingvarianten höher als in den Monokulturen
- 2) Der Anbau im Intercroppingsystem generiert einen höheren wirtschaftlichen Gesamtwert als der Anbau als Monokultur
- 3) Der Stickstoffgehalt in den Pflanzen in % ist in den Intercroppingvarianten höher als in den Monokulturen.

Ergänzend zu den Hypothesen sollen im Theorieteil der Arbeit die Unterschiede der Kulturen Zuckermais und Stangenbohnen im Anbau als Mono- sowie Mischkultur dargelegt und aktuelle Möglichkeiten von Mischkulturen im professionellen Gemüsebau aufgezeigt werden. Weiter sollen wissenschaftliche Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit einer Mischkultur mit den obengenannten Mischkulturpartnern aufgezeigt werden und verschiedene Anbautechniken recherchiert werden. Die genaue Aufgabenstellung ist im Anhang zu finden.

2 Aktuelle Möglichkeiten von Mischkulturen im Gemüsebau

Nicht nur im internationalen Kontext werden Mischkulturen seit langer Zeit angebaut. Bereits 1934 begannen die Gründerinnen der Gartenbauschule Hünibach mit Gartenkursen für die Selbstversorgung während den Kriegsjahren (Pfisterer, 2016). Verschiedene Mischkultursysteme wurden damals entwickelt, welche auf die lokalen Klimabedingungen angepasst und im Laufe der Zeit weiterentwickelt wurden. Wie bereits erwähnt bieten Mischkulturen verschiedene Vorteile welche in Abbildung 1 dargestellt werden (Pfisterer, 2016).

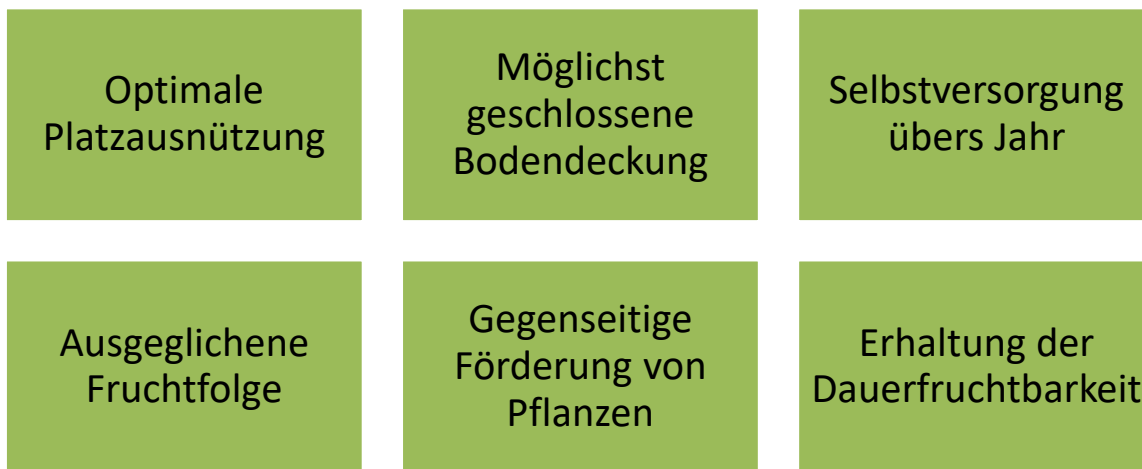


Abbildung 1: Vorteile Mischkulturanbau (Pfisterer, 2016)

2.1 Aktuelle Mischkultursysteme

Nachfolgend eine Auswahl von Mischkultursystemen, welche sich im Hobby- und Gartengemüsebau unter europäischen Klimabedingungen bewährt haben:

- 1) Kohlrabi/Blumenkohl, Schnittmangold, Spinat, Radieschen, Kabis, Kresse, Randen wie in Abbildung 2 dargestellt (Bosshard, 2018).
- 2) Kopfsalat, Buschbohnen, Nüsslisalat, Knackerbsen, Schnittsalat, Zuckerhut, Endivien, Keifen, Lattich (Bosshard, 2018)
- 3) Kartoffeln, Radicchio, Nüsslisalat, Kopfsalat (Bosshard, 2018)
- 4) Karotten, Fenchel, Zwiebeln, Pastinaken, Knoblauch, Phacelia, Knollensellerie (Bosshard, 2018)
- 5) Radieschen, Lattich, Rosenkohl, Buschbohnen, Endivien (Pfisterer, 2016)
- 6) Zwiebeln, Salat, Kräuter, Spinat (Pfisterer, 2016)

Grundsätzlich bestehen sehr viele Möglichkeiten, Gemüse in Mischkulturen anzubauen. Es muss beachtet werden, dass nicht alle Gemüsesorten als Nachbarn geeignet sind (Meier, 2017). Mischkulturentabellen geben nähere Auskunft über mögliche Mischkulturpartner im Gemüsebau (Meier, 2017).

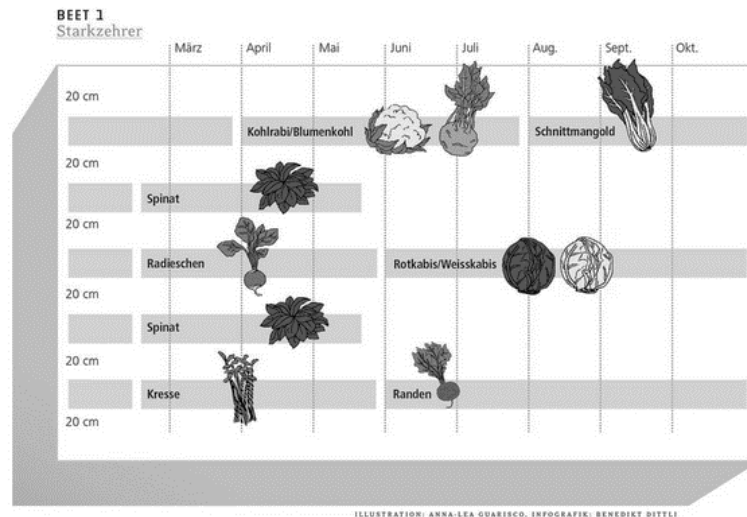


Abbildung 2: Mischkultur mit starkzehrenden Gemüsepflanzen für ein Anbaujahr (Bosshard, 2018)

Auch im ackerbaulichen Bereich sind die Kombinationen von Mischkulturpartnern sehr vielseitig (Dierauer, Clerc, Böhler, Klaiss, & Heggin, 2017). Meist wird Getreide in Kombination mit Körnerleguminosen angebaut, da sich diese Mischkulturen, zu Silage verarbeitet, bestens als Viehfutter eignen. Nachfolgend einige mögliche, etablierte Mischkulturen im Ackerbau (Dierauer u. a., 2017).

- 1) Körnerweisserbse mit Gerste, Triticale oder Futterweizen
- 2) Futtererbse mit Triticale
- 3) Ackerbohne mit Hafer oder Triticale
- 4) Blaue Lupine mit Hafer

Varianten wie Körnerweisserbsen mit Leindotter oder Linsen mit Hafer sind ebenfalls möglich, erfordern jedoch weitere Studien im Bereich der Sortenwahl oder der Abhängigkeit von spezifischen Anbaustandorten (Dierauer u. a., 2017).

2.2 Wissenschaftliche Belege zur Wirtschaftlichkeit von Mischkulturen

Gemäss Dierauer (2017) fallen die Gesamterträge beim Mischkulturanbau im Beispiel von Eiweisserbsen mit Getreide in der Regel höher aus, als bei Reinkultur der Eiweisserbsen (siehe Abbildung 3). Jedoch ist der Aufwand zur Unkrautregulierung deutlich geringer in der Mischkultur (Dierauer u. a., 2017).

Vergleich der Deckungsbeiträge der Erbse-Gerste-Mischkultur und der Reinkulturen ¹			
	Mischkultur Erbse-Gerste	Reinkultur Gerste	Reinkultur Erbse
Durchschnittlicher Ertrag der Körnererbsen (dt/ha)	24,0		32 ²
Durchschnittlicher Ertrag der Gerste (dt/ha)	19,6	43,1	
Gesamtertrag der Mischung (dt/ha)	43,6		
Erbsen-Anteil in der Ernte (%)	55,0		
Preise der Kulturen (Fr./dt)		81	98
Ertrag Erbsen (Fr./dt)	2352		3136
Ertrag Gerste (Fr./dt)	1588	3491	
Einzelkulturbeitrag (AP2014: ab 30% KL-Anteil im Erntegut) (Fr./ha)	1000		1000
Extensobeitrag	400	400	400
Leistung/Ertrag des Gemenges (Fr./ha)	5340	3891	4536
Kosten für die Trennung des Gemenges (Fr. 4.00/dt)	173		
Kosten Saatgut Gerste	96	241	
Kosten Saatgut Erbsen	449		561
Pflanzenschutz			
Düngung		30	
Übrige Direktkosten	336	336	336
Vergleichbarer DB (Fr./ha)	4284	3284	3639
Lohnarbeit/Maschinenmiete	550	440	550
Variable Maschinenkosten	279	369	279
Zinsanspruch 6 Monate	9	9	9
Kontroll- und Labelkosten	43	43	43
DB (Deckungsbeitrag Fr./ha)	3403	2423	2758
Versorgungssicherheitsbeitrag	1300	1300	1300
Flächenbeitrag Biolandbau	1200	1200	1200
DB inkl. Flächenbeiträge (Fr./ha)	5903	4923	5258

¹ Grundlagen: Deckungsbeitrag Agridea 2015 und FBL-Praxisversuche; ² Der Ertrag kann wegen Lagerung auch 0 sein!

Der um zink R. 600.- bzw. 1000.- höhere Deckungsbeitrag der Mischkultur im Vergleich zur Erbse- bzw. Gerste-Reinsaat beruht in erster Linie auf dem Einzelkulturbeitrag für Körnerleguminosen. Beim Vergleich der Mischkultur mit einer Erbse-Reinkultur ist zu beachten, dass der Deckungsbeitrag der Reinkultur aufgrund des hohen Lagerungsrisikos viel unsicherer ist.

Abbildung 3: Vergleich der Deckungsbeiträge der Erbse-Gerste-Mischkultur und der Reinkulturen (Dierauer u. a., 2017)

Wie in Abbildung 3 ersichtlich, ist der Deckungsbeitrag stark abhängig vom Gesamtertrag und von den Anteilen an Getreide und Körnerleguminosen im Erntegut. Für Mischkulturen mit mindestens 30% Körnerleguminosen im Erntegut wird der Körnerleguminosen-Einzelkulturbeitrag von CHF 1000.- pro ha gewährt. Zusätzlich kann der «Extensobeitrag» von CHF 400.- pro ha gültig gemacht werden. Bio Suisse bezahlt zusätzlich einen Förderbeitrag von CHF 10.- pro 100 kg Eiweisserbsen und Ackerbohnen und CHF 15.- für Lupinen und Futtersoja (Dierauer u. a., 2017).

Produzenten, welche das Erntegut nicht auf dem Hof reinigen und verfüttern können, haben die Möglichkeit die Ernte an Sammelstellen zu liefern. Für die Auftrennung in der Mühle wird in der Regel CHF 4.- pro 100 kg verrechnet. Der Mehrertrag aus dem Mischkulturanbau vermag diese Kosten meistens zu kompensieren (Dierauer u. a., 2017). Es muss beachtet werden, dass nicht alle Sammelstellen für alle Mischkulturauftrennungen eingerichtet sind. Getreide und Körnerleguminosen können häufig angenommen werden, während Mischkulturen mit Hafer und Ackerbohnen oder Leindotter und Eiweisserbsen spezielle Einrichtungen erfordern (Dierauer u. a., 2017).

2.3 Faktoren für erfolgreiche Mischkulturen

Gemäss Pfisterer (2016) sind eine ausgewogene Fruchtfolge sowie die Wahl der richtigen Sorten Schlüsselemente für erfolgreiche Mischkultursysteme im Hobbygartenbereich. Es wird empfohlen, die Fruchtfolge auf vier Jahre auszulegen. Dies hat den Vorteil, dass alle vier Fruchtarten (Wurzel-, Blatt- und Steinfrüchte sowie eigentliche Fruchtgemüse wie beispielsweise Gurken) produziert werden können (Pfisterer, 2016). Es wird empfohlen, im ersten Jahr Starkzehrer (Kohl, Lauch etc.) und im darauffolgenden Jahr Schwachzehrer (Wurzelgemüse, Rettiche, Karotten etc.) anzubauen. Im dritten Jahr ist der Anbau von bodenausruhenden Kulturen wie beispielsweise Bohnen, Erbsen oder Kefen möglich. Auch wird öfter vom dreistufigen System gesprochen, welches pro Saison auf dem Prinzip von Vorkultur, Hauptkultur und Nachkultur basiert.

Für Mischkulturen im Hobbygartenbereich werden vor allem alte, freiabblühende Sorten empfohlen. Diese haben den Vorteil, dass über mehrere Tage geerntet werden kann und dass die Sorten weniger anfällig auf Witterungsschwankungen sind (Pfisterer, 2016). Die Kunst des Mischkulturanbaus besteht darin, dass die Kulturen möglichst nicht gleichzeitig das Reifestadium erreichen, um eine gestaffelte Ernte und die optimale Ausnutzung der Fläche zu gewährleisten (Pfisterer, 2016).

Im Gegensatz zum Hobbygartenbereich ist es im professionellen Gemüsebau essentiell, dass die Kulturzeiten gut aufeinander abgestimmt werden. Die Kulturen sollten entweder gleichzeitig maschinell geerntet werden können oder die maschinelle Teilernte darf das Wachstum der anderen Kultur nicht beeinträchtigen.

Die Wahl der geeigneten ackerbaulichen Mischkultur hängt in erster Linie von den standörtlichen und betrieblichen Bedingungen für den Anbau der Körnerleguminose ab. Für die Wahl des richtigen Mischungspartners müssen folgende Kriterien beachtet werden (Dierauer u. a., 2017):

- Möglichst grosse Übereinstimmung von Saat- und Reifezeitpunkt
- Ausreichend grosse Konkurrenzfähigkeit der Körnerleguminose zum Getreide
- Unkrautunterdrückende Wirkung des Getreides
- Stützfunktion des Getreides (wichtig bei Körnerleguminosen mit geringer Standfestigkeit)

Nach der Wahl der Mischungspartner muss das Mischungsverhältnis definiert werden, wobei die schlussendliche Verwendung des Erntegutes eine zentrale Rolle spielt.

Wird die Ernte als Eiweissfutter verwendet, soll ein möglichst hoher Anteil an Körnerleguminosen angestrebt werden. Der Getreideanteil soll dabei nur so hoch sein, dass die Funktion als Mischungspartner noch gegeben ist. Dierauer (2017) nennt ein Mischungsverhältnis von 80:40 (in % Reinsaatmengen der beiden Mischungspartner) sowohl für Körnerweisserbse und Gerste als auch für Ackerbohne und Hafer optimal bezüglich des Ertrages, der Unkrautunterdrückung sowie der Standfestigkeit (Dierauer u. a., 2017). Letztendlich muss zwischen Herbst- oder Frühjahrssaat entschieden werden. Die Herbstsaat bietet den Vorteil, dass die Leguminosen vor der Sommertrockenheit blühen und somit mehr Schoten ansetzen können und auch toleranter gegenüber Schädlingen sind. Eine Frühjahrssaat sollte nur dann in Betracht gezogen werden, wenn das Anbauggebiet von häufigem, starkem Frost oder viel Staunässe betroffen ist und über 650 Meter über Meer liegt. In Fruchtfolgen mit viel Wintergetreide bieten Frühjahrssaaten ausserdem die Möglichkeit, Herbstunkräuter wie beispielsweise den Ackerfuchsschwanz zu regulieren (Dierauer u. a., 2017).

In einem weiteren Schritt werden die genauen Sorten der Mischkulturen, die auf den Standort geeignete Bodenbearbeitung, die korrekte Saattiefe und -breite sowie ein geeignetes Unkrautregulierungsmanagement festgelegt (Dierauer u. a., 2017).

2.4 Kulturtechnisches Porträt (Zucker-)Mais in Monokultur

Die wärmeliebende Maiskultur gehört zu den C4 Pflanzen. Dies bedeutet, dass die Pflanze über einen geringen Transpirationskoeffizienten verfügt und daher nur wenig Wasser benötigt und relativ hitzetolerant ist. Als Beispiel benötigt Mais zur Produktion von 1 kg Trockenmasse 140-330l Wasser. Weizen dagegen benötigt zur Produktion der selben Menge Trockenmasse 190-450l Wasser (Ehlers, 2013). Trotz der relativen Trockenheitstoleranz kann Wassermangel zu eingeschränktem Wachstum der Pflanze führen. Mais stellt nur geringe Ansprüche an den Boden. Generell sind humusreiche Böden mit stabiler Krümelstruktur optimal für den Maisanbau. Es muss beachtet werden, dass der Mais sehr frostempfindlich ist. Daher sollten eher Standorte mit sich rasch erwärmenden Böden im Frühjahr gewählt werden, um ein optimales Wachstum zu garantieren (Ehlers, 2013).

Mais gehört zu den wichtigsten Nutzpflanzen überhaupt und wird jährlich in grossen Flächen angebaut (Schrumm & von Aster, 2016). Durch die steigende Produktion von Biokunststoffen sowie Biokraftstoffen wird Mais als zweitwichtigste, globale Nutzpflanze des 21. Jahrhunderts gehandelt. Doch oft steht Mais als Monokultur in der Kritik. Nur ein kleiner Teil der globalen Anbaufläche für Mais wird für die menschliche Ernährung angebaut (Schrumm & von Aster, 2016). Ein Grossteil wird entweder zu Viehfutter oder zu Biotreibstoff verarbeitet. Durch den hohen Zuckergehalt der Pflanze kann aus Mais unter anderem auch Klebstoff, Öl oder verschiedene Kosmetika hergestellt werden (Schrumm & von Aster, 2016).

Der Maisanbau in Monokultur ist stark durchrationalisiert und technisiert. Mit möglichst wenig Arbeit soll ein maximaler Ertrag erwirtschaftet werden. Durch den intensiven Maisanbau wird die Artenvielfalt von Pflanzen und Tieren durch den hohen Pflanzenschutzmitteleinsatz bedroht. Auch spielt der Mais als stark kohlenhydrathaltiges Viehfutter eine zentrale Rolle in der Massentierhaltung (Schrumm & von Aster, 2016). Die erhöhte Gülleproduktion der Massentierhaltung führt schlussendlich zu einer Erhöhung der Nitratgehalte im Grundwasser.

Erhöhte Nitratgehalte im Grundwasser sind für Mais als starkzehrende Pflanze kurzfristig kein Problem. Für andere Kulturen werden die Anbaubedingungen jedoch erschwert (Schrumm & von Aster, 2016).

2.5 Anbautechniken von (Zucker-)Mais in Mischkultur

Mischkulturen können in verschiedenen Varianten angebaut werden. Gemäss Köhler (2014) bestehen vier Varianten, welche sich durchgesetzt haben und sich für den Mischkulturanbau von (Zucker-)Mais eignen (siehe Abbildung 4).

- 1) Strip Intercropping: Zwei oder mehr Kulturen werden parallel in Streifen nebeneinander angebaut. Die Pflanzabstände sind weit genug, um eine unabhängige Pflanzenentwicklung und trotzdem genügend weit, um eine Interaktion zwischen den Kulturen zu ermöglichen (Agriinfo.in, 2018).
- 2) Row Intercropping: Zwei oder mehr Kulturen werden in Einzelreihen im selben Beet gepflanzt.
- 3) Mixed Intercropping: Zwei oder mehr Kulturen werden ohne erkennbare Reihen, frei im Beet gepflanzt.
- 4) Relay Intercropping: Zwei oder mehr Kulturen werden versetzt zu deren Ernteperioden gepflanzt. Die zweite Kultur wird gepflanzt, sobald die erste Kultur die produktive Phase erreicht, jedoch noch vor deren Ernte (Agriinfo.in, 2018).

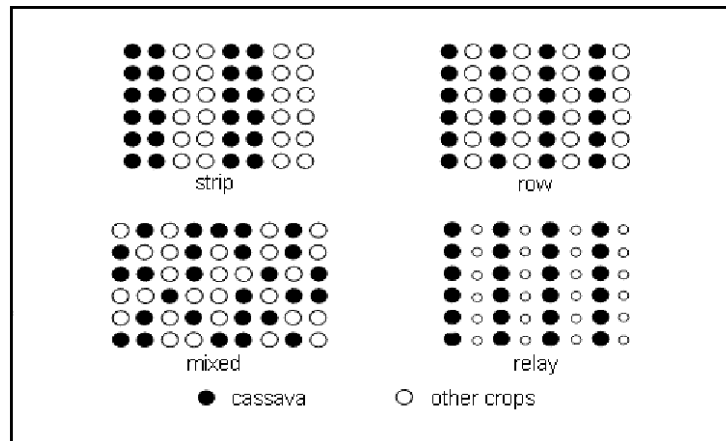


Abbildung 4: Vier Mischkulturtypen am Beispiel von Cassava in Mischkultur mit anderen Pflanzen („Examples of Intercropping“, o. J.)

Beim Mischanbau mit (Zucker-)Mais muss darauf geachtet werden, dass die Maispflanzen genügend Wachstumsvorsprung gegenüber der anderen Kultur verschafft wird. Dies ermöglicht die mechanische Unkrautbekämpfung in der frühen Jugendentwicklung des Mais und garantiert die spätere Stützfunktion des Mais für die andere Kultur (z.B. Bohnen) (BWagrar, 2016). Um möglichst hohe Erträge im Mischanbau von Mais und Bohnen zu erzielen, wird gemäss BWagrar (2016) ein Aussaatverhältnis von 3:2 empfohlen.

2.6 Stangenbohnen als Einzel- oder Mischkultur

Stangenbohnen werden in der biologischen Landwirtschaft vor allem direkt vermarktet. Als Erweiterung der Fruchtfolgen mit Tomaten, Gurken und Auberginen werden Stangenbohnen gerne im Gewächshaus angepflanzt (Beck u. a., 2017). Humusreiche Böden mit einem pH-Wert zwischen 6-7,5 eignen sich besonders für deren Anbau. Staunasse, saure und zur Verkrustung neigende Böden sind als Anbaustandort für Stangenbohnen zu meiden. Die Kulturführung von Stangenbohnen ist in Beck u.a. (2017) näher beschrieben.

Als Mischkultur eignen sich Stangenbohnen vor allem im Kombination mit Mais, da sie abhängig sind von einer Rankhilfe. Wichtig ist, wie in Kapitel 2.5 beschrieben, die zeitversetzte Saat, welche den Vorteil hat, dass die Stangenbohnen die Blätter des Mais nicht einwickeln und so dessen Wuchs beeinträchtigen können. Im Idealfall werden Bohnensorten gewählt, welche bei kühleren Temperaturen zunächst etwas verhalten wachsen und erst dann deutliches Wachstum zeigen, wenn der Mais schon einen Wachstumsvorsprung besitzt (BWagrar, 2016).

2.7 Fazit der Literaturrecherche für den Anbauversuch einer Mischkultur von Stangenbohnen und Zuckermais

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich das seit langem bewährte System des Mischkulturanbaus mit Mais und Bohnen auch mit den heutigen Verwendungszwecken der Ernte sehr gut vereinbaren lässt. Die oben genannten Vorteile der optimalen Platz-, Nährstoff- und Wasserausnutzung, die geschlossene Bodendeckung und Erhaltung der Fruchtbarkeit des Bodens, sprechen deutlich für das System des Mischkulturanbaus. Um eine möglichst erfolgreiche Mischkultur anzubauen, sind die Sorten- sowie die Standortwahl der Kulturen essentiell. Speziell im professionellen Gemüsebau gilt es zu beachten, dass die Kulturzeiten gut aufeinander abgestimmt werden müssen. Kulturen sollten entweder gleichzeitig maschinell geerntet werden können oder die maschinelle Teil-ernte darf das Wachstum der anderen Kultur nicht stören.

Für die Wahl der ackerbaulichen Mischkulturpartner sind weiter folgende Kriterien zu beachten:

- Möglichst grosse Übereinstimmung von Saat- und Reifezeitpunkt
- Ausreichend grosse Konkurrenzfähigkeit der Körnerleguminose zum Getreide
- Unkrautunterdrückende Wirkung des Getreides
- Stützfunktion des Getreides (wichtig bei Körnerleguminosen mit geringer Standfestigkeit)

Beim Verkauf ab Hof muss die Abgabemöglichkeit vor Anbau der Kulturen gesichert werden, um spätere finanzielle Verluste zu vermeiden. Der Mischkulturanbau erweist sich als leicht arbeitsintensiver in der Ernte, jedoch kann der Mehrertrag sowie der geringere Aufwand zur Unkrautregulierung die höheren Erntekosten meist decken. Durch die zusätzlichen Beiträge, welche durch den Anbau von Mischkulturen geltend gemacht werden können, wird der Anbau dessen noch attraktiver. Die Kombination von Zuckermais und Stangenbohnen ist im Hinblick auf die Nährstoffausnutzung des Bodens besonders interessant. Durch die stickstofffixierende Wirkung der Stangenbohnen als Leguminosen ergibt sich für den Mais als Starkzehrer einen zusätzlichen Nährstoffvorteil.

3 Material und Methoden

Neben dem praktischen Anbauversuch wurde eine breite Literaturrecherche mit Hilfe der Webseiten Web of Science, Nebis, Google Scholar und Web of Knowledge durchgeführt.

3.1 Versuchsaufbau

Nach Literaturvergleichen mit ähnlichen Studien zu Intercropping und nach Absprache mit den Betreuenden der vorliegenden Arbeit wurde ein Versuchsdesign mit zwei Kontrollen (Mais mono / Bohnen mono) sowie zwei Intercroppingsettings (Intercropping 1 / Intercropping 2) mit je 4 Wiederholungen erstellt (siehe Abbildung 5). Die einzelnen Versuchsparzellen wurden mit einer Länge von 5m und einer Breite von 1,2m geplant, was einer normalen Beetbreite entspricht („Anbauplanung im Gemüsegarten“, 2018). Bei Wegbreiten von 30cm ergibt sich die gesamte Versuchsparzellengröße von ca. 21m Länge und 5,70m Breite. Die Anordnung der Versuchsparzellen wurde so gewählt, dass in jeder Reihe und Spalte jede Versuchsvariante einmal vorkommt. Der Anbauversuch fand auf dem Gelände der Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften in Wädenswil statt (GIS-Koordinaten: 2694219 / 1230350) („GIS-Browser“, o. J.).



Abbildung 5: Genereller Überblick Versuchsdesign (eigene Grafik)

Die Pflanzabstände der beiden Intercroppingversuche wurden so gewählt, dass eine enge (Intercropping 2) sowie eine weite Pflanzung (Intercropping 1) entsteht. In Abbildung 6 sind die genauen Pflanzabstände ersichtlich.

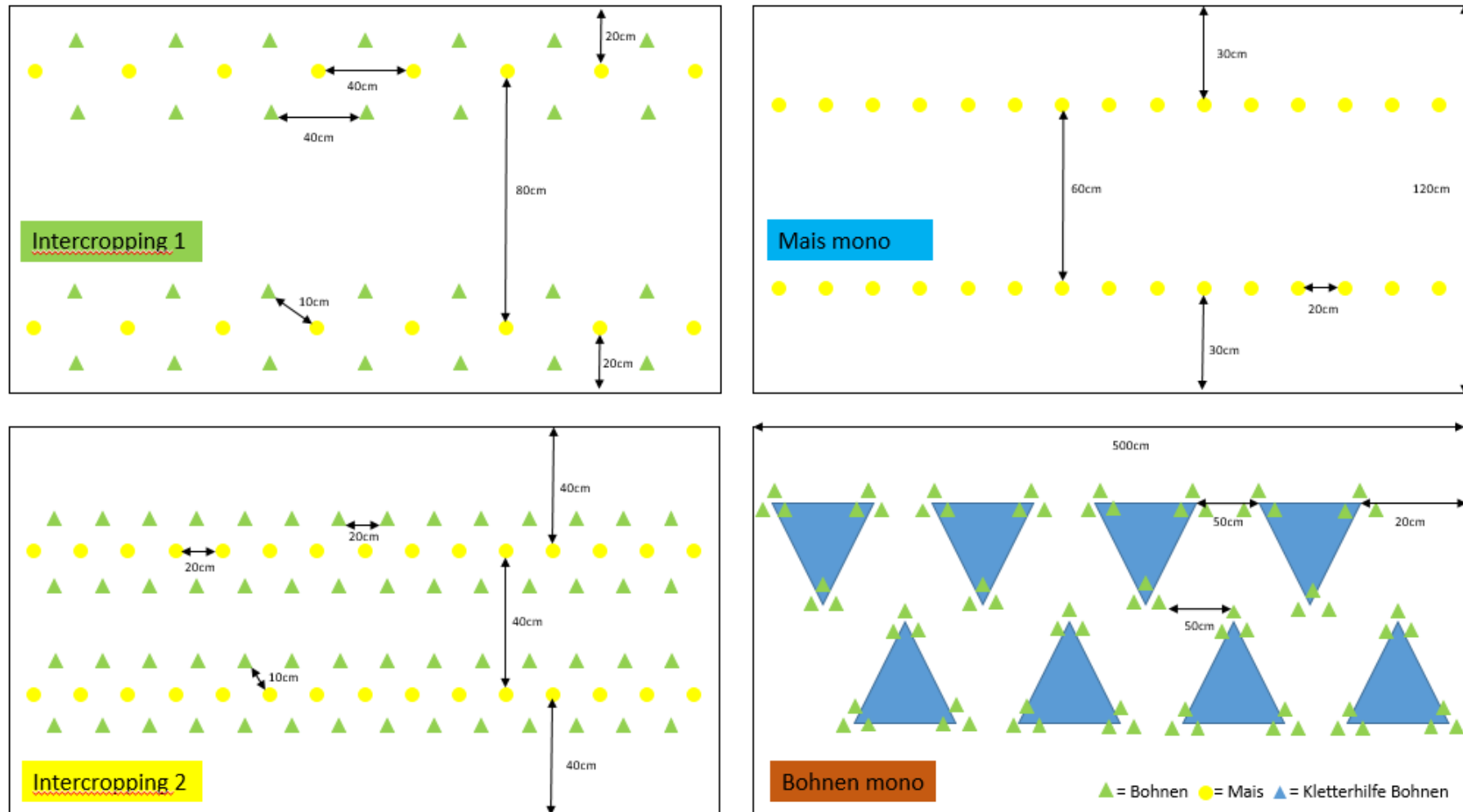


Abbildung 6: Detaillierte Versuchsplanung (eigene Grafik, 2018)

Für die beiden Kontrollvarianten Zuckermais mono und Stangenbohnen mono wurden die empfohlenen Saatgutabstände gemäss Beck gewählt (Beck u. a., 2017).

In Tabelle 1 sind die anhand der Versuchsskizze berechneten Saatgutmengen ersichtlich.

Tabelle 1: Berechnung der Saatgutmengen (eigene Darstellung, 2018)

Versuchsdesign	Anzahl Maispflanzen pro Versuchsparzelle	Anzahl Maispflanzen total (4 Wiederholungen)	Anzahl Stangenbohnenpflanzen pro Versuchsparzelle	Anzahl Stangenbohnenpflanzen total (4 Wiederholungen)
Mais mono	50	200	-	
Bohnen mono	-	-	72	288
Intercropping 1	25	100	50	200
Intercropping 2	50	200	100	400
Total	125	500	222	888

3.2 Sortenwahl

Bei der Sortenwahl wurde der Fokus auf den frühen Erntezeitpunkt sowie auf eine geringe Wuchshöhe gelegt. Für die Stangenbohnen wurde die Sorte «Halbhohe Reiser» der Firma Zollinger Samen AG gewählt. Diese Sorte zeichnet sich durch die geringe Kletterhöhe von nur ca. 1.5m aus (Zollinger Samen, o. J.). Die Zuckermaissorte «Damaun KS» von Sativa AG zeichnet sich durch eine frühe Abreife der Kolben aus (ca. 95 Tage nach Saat) und ist somit für den geplanten Anbauversuch sehr gut geeignet („DAMAUN KS - Sativa Rheinau Biosaatgut“, o. J.).

3.3 Aussaat

Am 16. April 2018 wurden total 600 Maispflanzen (30 Platten) und 1040 Stangenbohnen (52 Platten) in handelsübliche Qualipot Multiplatten (Neeser AG, o. J.) mit je 20 Mulden à 180cm³ gesät (siehe Abbildung 7).



Abbildung 7: Saat in 20er Multiplatten (eigenes Bild, 2018)

Die Samen wurden in Floragard Block Bio Anzucherde gesät, welche am Schluss mit einer feinen Schicht Sand abgedeckt wurde, um das Abstreifen der Samenhülle für die Sämlinge zu erleichtern. Es wurden bewusst je ca. 100-200 Pflanzen mehr gesät, um eventuelle Ausfälle kompensieren zu können. 10 Tage nach Aussaat wurden die Stangenbohnen sämlinge mit Kletterhilfen versehen, um ein ineinander ranken zu verhindern. Als Kletterhilfen wurden 30cm lange Bambusstöckchen gewählt. Am selben Tag wurden die Stangenbohnenpflanzen in einen ungeheizten Folientunnel gebracht, um das Wachstum leicht zu bremsen und die Pflanzen langsam an kühlere Temperaturen zu gewöhnen (siehe Abbildung 8). 15 Tage nach Aussaat wurden auch die Maispflanzen zur Abhärtung in einen ungeheizten Folientunnel gebracht.



Abbildung 8: Umzug der Stangenbohnen in den Folientunnel 1 (eigenes Bild, 2018)

3.4 Düngung

Eine Woche vor Versuchsbeginn wurden auf der gesamten Versuchsparzelle Bodenproben entnommen und wie in Kapitel 3.7 beschrieben der Nitratwert im Boden bestimmt. Die Messungen ergaben eine durchschnittliche Konzentration von 47 mg/l NO_3^- . Umgerechnet nach der Formel von Merck („Nitrat in Bodenproben RQflex“, 2012) ergibt dies 67,4kg N/ha. In Tabelle 2 ist die Düngeberechnung ersichtlich.

Tabelle 2: Düngeberechnung (eigene Darstellung, 2018)

Düngeberechnung Versuchsparzelle	
Sollwert Zuckermais (Zihlmann, Weisskopf, Bohren, & Dubois, 2002)	190,0 kg N/ha
Nmin Gehalt gemessen	- 67,4 kg N/ha
Puffer in Boden mind. (Zihlmann u. a., 2002)	- 20,0 kg N/ha
Notwendige Düngung	102,6 kg N/ha
Biorga Quick 12% N 480 kg/ha (8,4 kg auf 175m² Versuchsfläche)	- 57,6 kg N/ha
Fehlender Stickstoff	45,0 kg N/ha

Ein Tag vor der Pflanzung wurde die Versuchsparzelle mit Biorga Quick (12% N) gedüngt. Zusätzlich wurde eine Kopfdüngung bei den Maispflanzen mit Amino Complet von Andermatt Biocontrol durchgeführt. Die Düngermenge betrug 30ml auf 10 Liter Wasser (4% N, 2% P₂O₅, 5% K₂O). Die Düngung wurde bewusst sehr gering gehalten, um einen möglichen Effekt der stickstofffixierenden Leguminosen im Mischanbau sichtbar zu machen.

3.5 Vorbereitung des Versuchsfeldes und Pflanzung des Versuchs

Das Versuchsfeld wurde nach dem Pflügen (6 Wochen vor Pflanzung) und Eggen (5 Wochen vor Pflanzung) kurz vor der Pflanzung oberflächlich gefräst und die grobe Beeteinteilung wurde gemacht (siehe Abbildung 9).



Abbildung 9: Fräsen des Versuchsfeldes (eigenes Bild, 2018)

Mit Hilfe von drei Personen aus dem nahegelegenen Gärtnereibetrieb wurde der Versuch am 2. Mai 2018 nach dem Schema in Abbildung 5 und Abbildung 6 gesetzt (siehe Abbildung 10).



Abbildung 10: Frisch gesetzte Versuchsparzelle (eigenes Bild, 2018)



Abbildung 11: Die Stangenbohnen in Monokultur wurden drei Wochen nach Pflanzung mit Kletterhilfen versehen (eigenes Bild, 2018)

Wie in Abbildung 11 ersichtlich, wurden kurz vor dem Austrieb der Klettertriebe bei den Stangenbohnen drei Wochen nach Pflanzung die Kletterhilfen (2,5 m Bambusstäbe) für die Monokulturvarianten aufgebaut.

3.6 Messmethoden im Feld

Nachfolgend werden die Messmethoden aufgeteilt nach Arbeitsschritt genauer erläutert.

3.6.1 Zwischenbonitur

Im Rahmen der Zwischenbonitur vom 16. Juni 2018 wurden bei allen Versuchssettings mit Hilfe eines Dualex Gerätes (Dynamax, o. J.) der Chlorophyll-, Anthocyan- und Flavonoid Index sowie das Stickstoffdefizit (Nitrogen Balance Index = NBI) gemessen (Abbildung 12). Es wurde darauf geachtet, die Dualexmessungen auf möglichst ausgewachsenen Blättern durchzuführen. Chlorophyll und Flavonoid sind als physiologische Marker für den Stickstoffhaushalt von Pflanzen bekannt (Haas, 2016). Bei Stickstoffmangel steigt die Flavonoidkonzentration in den Blättern an. Das Stickstoffdefizit (NBI) zeigt das Verhältnis von Chlorophyll zu Flavonolen und liefert ebenfalls Hinweise zum Stickstoffstatus der Pflanze (Haas, 2016).



Abbildung 12: Das Dualex Messgerät im Einsatz (eigenes Bild, 2018)

Neben den Dualex Messungen wurden bei den Monokulturen der Gesamteindruck, sowie die Wüchsigkeit jeweils auf einer Skala von 1 (sehr schlecht) bis 9 (sehr gut) bewertet. Bei den Maispflanzen wurde zusätzlich noch die Wuchshöhe in cm vom Boden bis zu der Sprossspitze als Wüchsigkeitsindikator gemessen.

Folgende Regeln wurden aufgestellt, um die zu bonitierenden Pflanzen festzulegen:

- Intercropping 1: Mais: jede zweite Pflanze
- Bohne: die Bohne rechts neben bonitierter Maispflanze
- Intercropping 2: Mais: jede vierte Pflanze
- Bohne: die Bohne rechts neben bonitierter Maispflanze
- Mais mono: jede vierte Pflanze
- Stangenbohne mono: jeden Meter eine Stangenbohne

Sämtliche Erhebungen wurden von Hügel Richtung See (Süd-West nach Nord-Ost) und von Grüental Richtung Wald (Nord-West nach Süd-Ost) gemacht. Falls eine Pflanze nicht bonitiert werden konnte, wurde die nächste Pflanze Richtung See (Nord-Ost) gewählt.

Die Wüchsigkeit der Maispflanzen wurde anhand der gemessenen Wuchshöhe nach der Skala in Tabelle 3 bestimmt.

Tabelle 3: Skala Wüchsigkeit Mais (eigene Darstellung, 2018)

Skala Wüchsigkeit Mais	
Wuchshöhe cm	Skala
0-20	1
21-40	2
41-60	3
61-80	4
81-100	5
101-120	6
121-140	7
141-160	8
161-180	9

In den Monokulturen wurden jeweils 10 Pflanzen pro Versuchsparzelle bonitiert. Bei den Intercroppingvarianten wurden pro Versuchsparzelle je 10 Mais- und 10 Bohnenpflanzen bonitiert, was eine Gesamtzahl von 240 bonitierten Pflanzen über den ganzen Versuch ergibt.

3.6.2 Ertrag und Qualität

Am 2. Juli 2018 (61 Tage nach Pflanzung) wurden die Stangenbohnen ein erstes Mal und am 14. Juli 2018 (73 Tage nach Pflanzung) ein zweites Mal geerntet. Nach den Bonitierungsregeln wurden pro Versuchsfeld 10 Stangenbohnenpflanzen komplett abgeerntet. Die Bohnen wurden auf dem Feld pro Versuchsfeld in einen beschrifteten Beutel gesammelt. Nach der Ernte wurden die Bohnen pro Versuchsfeld in drei Kategorien (s. Tabelle 4 und Abbildung 13) eingeteilt und pro Kategorie und Versuchsfeld gewogen.

Tabelle 4: Definition der Ernteklassen der Stangenbohnen (eigene Darstellung, 2018)

Kategorie	Definition
Klasse 1	Optimale Form und Farbe, ca. 11-15 cm lang und ohne Verformungen
Minderklasse	Könnte auf lokalem Markt noch verkauft werden zu leicht tieferem Preis, leichte Verformungen oder zu klein
Ausschuss	Nicht verkäuflich, ungeniessbar

In Abbildung 13 sind die Ernteklassen der Stangenbohnen bildlich dargestellt.



Abbildung 13: Qualitätsklassen Stangenbohnen (links: 1. Klasse, mitte: Minderklasse, rechts: Ausschuss) (eigenes Bild, 2018)

Im Rahmen der Endbonitur wurde am 17. Juli 2018 (76 Tage nach Pflanzung) der Mais geerntet. Gemäss Boniturregeln (siehe 3.6.1) wurden 10 Maispflanzen pro Feld beerntet. Die Maiskolben wurden von Hand aus der Pflanze gebrochen und grob von den Hüllblättern getrennt. Für das Wiegen und Auszählen wurden die Aussenblätter komplett entfernt, so dass nur der nackte Kolben gewogen wurde. In Abbildung 14, Abbildung 15 und Tabelle 5 werden die beiden Ernteklassen näher aufgeführt.

Tabelle 5: Definition der Ernteklassen des Zuckermais (eigene Darstellung, 2018)

Kategorie	Definition
Klasse A	Gewicht nackter Kolben >100g
Klasse B	Gewicht nackter Kolben <100g

In Abbildung 14 und Abbildung 15 sind die Ernteklassen des Zuckermais bildlich dargestellt.



Abbildung 14: Mayskolben der Klasse A (eigenes Bild, 2018)



Abbildung 15: Mayskolben der Klasse B (eigenes Bild, 2018)

Am 18 Juli 2018 (77 Tage nach Pflanzung) wurde ebenfalls im Rahmen der Endbonitur die Biomassbestimmung durchgeführt. Um Randeffekte zu vermeiden, wurde jeweils von der Hügelseite 50cm Richtung See (Süd-West nach Nord-Ost) gemessen und auf 1m² (Intercropping 1 2m² auf Grund geringerer Pflanzdichte) alle Pflanzen bodeneben abgeschnitten. Nach dem Schnitt wurden die Proben mit einem Häcksler grob gehäckselt (siehe Abbildung 16) und das Gewicht der Biomasse wurde gewogen.



Abbildung 16: Vorzerkleinern der Biomasse mit dem Häcksler (eigenes Bild, 2018)

3.6.3 Auftreten von Pflanzenschadorganismen

Der Versuch wurde 2 Mal wöchentlich auf den Zustand der Pflanzen sowie den Schädlingsbefall kontrolliert. Der Zustand der Pflanzen wurde in einem Kulturjournal festgehalten. Ebenfalls wurden das Auftreten von Schädlingen oder mechanischen Beschädigungen durch Wettereinflüsse im Kulturjournal dokumentiert (siehe detailliertes Kulturjournal im Anhang).

3.6.4 Beurteilung der Wirtschaftlichkeit

Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit des praktischen Anbauversuches wurde ein Vergleich des Arbeitsaufwandes zur Unkrautbekämpfung, Pflanzung, Ernte und des Ertrages pro Setting aufgestellt (siehe Kapitel 4.4). Anhand des Ertrages in kg Bohnen oder Maiskolben pro Setting konnte mit Hilfe aktueller Preislisten sowie den Lohnrichtlinien in der Schweizer Landwirtschaft (Agrimpuls & Schweizer Bauernverband, 2018) ein ungefährer Reinertrag errechnet werden.

3.7 Nährstoffanalysen

Um den Nitratwert im Boden vor- und während des Versuchsanbaus zu bestimmen, wurden mehrere Nmin Bestimmungen mit Hilfe eines RQFlex Gerätes („Nitrat in Bodenproben RQflex“, 2012) durchgeführt. Neben der Stickstoffbestimmung vor Pflanzung des Versuchs wurden in den Kalenderwochen 23 (Analyse 1) und 26 (Analyse 2) pro Versuchsparzelle 8 Bodenproben in 30cm Tiefe entnommen und zu einer Mischprobe vermengt, welche anschliessend mit einem 10mm Sieb gesiebt wurde (siehe Abbildung 17).



Abbildung 17: Sieben der Mischproben durch 10mm Sieb und Beschriftung der einzelnen Mischproben (eigenes Bild, 2018)

In einem nächsten Schritt wurden pro Probe 100g Mischsubstanz mit 100ml destilliertem Wasser vermischt und für eine Stunde auf einem Rütteltisch gemischt. Nach der Filtration des Gemisches wurde gemäss Anleitung („Nitrat in Bodenproben RQflex“, 2012) der Nitratgehalt (N_{min}) in mg/l festgestellt (siehe Abbildung 18).



Abbildung 18: Filtrierung des Gemisches zur N_{min} Bestimmung (eigenes Bild, 2018)

Für die Umrechnung in kg N_{min} pro ha wurde die von Merck (2012) vorgeschlagene Formel verwendet:

Umrechnung auf kg Nitrat-N/ha (Bodenschicht) („Nitrat in Bodenproben RQflex“, 2012):

$$\text{kg Nitrat} - \text{N/ha} = A \times BF \times 3 \times D \times 0.226$$

A =	Messergebnis
BF =	Faktor für Bodenfeuchte u. Extraktion = 1,41 bei Extraktionsverhältnis 1:1 und 83% Trockenmasse
3 =	für 30 cm dicke Bodenschicht
D =	Bodendichte (1,5kg/dm ³)
0,226 =	Umrechnungsfaktor NO ₃ in NO ₃ -N

Nach dem Wägen der Biomasseproben vom 18. Juli 2018 wurden die Proben während 6 Tagen bei 60°C in Trockenschränken getrocknet (Wiesmann, 1935). Gemäss Wiesmann (1935) sollte für die schonende Trocknung von Pflanzenmaterial die Trocknungstemperatur nicht über 60°C steigen.

Wie in Abbildung 19 ersichtlich, wurden am 24. Juli 2018 die getrockneten Proben mit Hilfe einer Schlagrotormühle Retsch SR2 für die bevorstehende Ntot Analyse vorzerkleinert (Retsch, o. J.).



Abbildung 19: Erste Zerkleinerung der trockenen Proben in der Schlagrotormühle (eigenes Bild, 2018)

Die Nährstoffanalyse fand am 25. Juli 2018 im Labor statt. Die Proben wurden mit Hilfe einer Kugelmühle während 5 Minuten und einer Frequenz von 25 Schlägen pro Sekunde abermals zerkleinert. Nach dem Abwägen von 100mg in eine Zinnkapsel, wurden die Proben mit dem CHNO-Analysegerätes auf den Stickstoffgehalt in der Biomasse analysiert (Forschungsgruppe Bodenökologie, 2013).

4 Resultate

Wie in Kapitel 3 beschrieben, wurden jeweils 10 Pflanzen in den Monokulturen und je 10 Pflanzen in den Intercroppingvarianten ausgewertet. Nachfolgend werden die Resultate zu Ertrag und Qualität der Pflanzen, Biomasseertrag, Nährstoffanalysen, Auftreten der Pflanzenschadorganismen und Wirtschaftlichkeit aufgeführt.

4.1 Ertrag und Qualität

4.1.1 Stangenbohnen

Bei der Betrachtung der Ernte der Stangenbohnen wird deutlich, dass bei Ernte 1 der Anteil 1. Klasse Bohnen deutlich über dem Anteil 2. Klasse Bohnen lag. Bei Ernte 2 war das Qualitätsverhältnis der Ernte ausgeglichener.

Die Gesamterträge pro Versuchssetting in kg/ha sind in Abbildung 20 dargestellt. Ersichtlich ist, dass in der Variante Intercropping 1 am meisten Bohnen geerntet werden konnten. Intercropping 2 ergab nach der Monokultur die geringste Ernte.

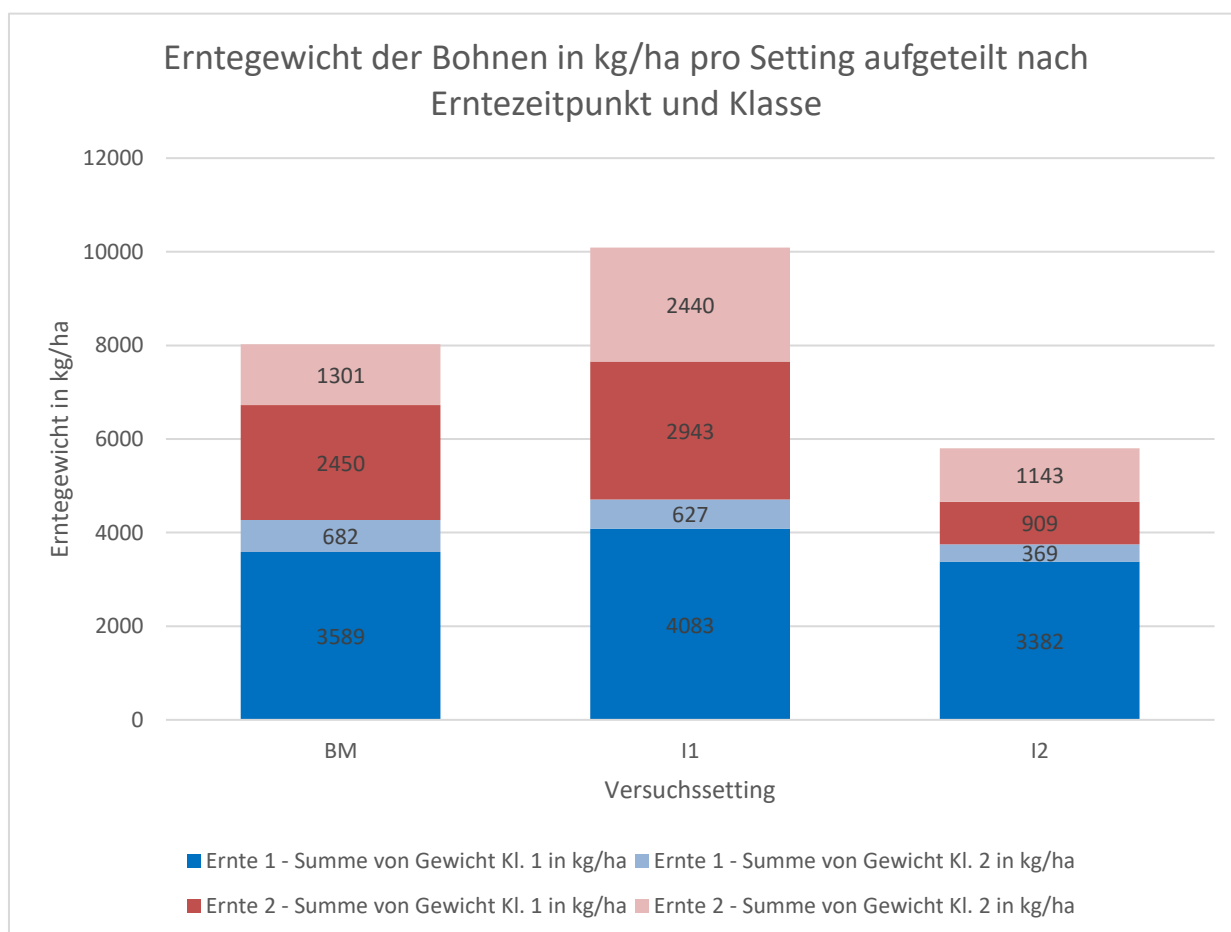


Abbildung 20: Gesamtes Erntegewicht der Bohnen in kg/ha aufgeteilt nach Erntezeitpunkt und Klassen wobei BM = Bohnen Monokultur, I1 = Intercropping 1 und I2= Intercropping 2 (eigene Darstellung, 2018)

Die statistischen Auswertungen mit R wurden pro Erntedatum vorgenommen und ergaben folgende Resultate.

Die Auswertung der Ernte 1 ist in Abbildung 21 dargestellt. Der Shapiro-Wilk Test ergab einen P-Wert von 0,018 und die ANOVA ergab einen P-Wert von 0,075, womit weder die Normalverteilung noch ein Unterschied zwischen den Settings belegt werden kann. Als Ergänzung zur ANOVA wurde der Kruskal Wallis Test durchgeführt, welcher einen P-Wert von 0,063 ergab. Daraus geht hervor, dass die Mediane der Ernte der verschiedenen Settings in der Probe von Ernte 1 keinen signifikanten Unterschied (5%) aufweisen.

Bei Betrachtung der Mittelwerte und der Standardabweichungen wird ersichtlich, dass im Setting I1 den höchsten Mittelwert gemessen werden konnte. Da die Standardabweichung und somit die Streuung der Daten sehr gross ist, muss von einer grossen Unsicherheit der Daten ausgegangen werden.

Grafische Darstellung ANOVA Bohnenernte 1

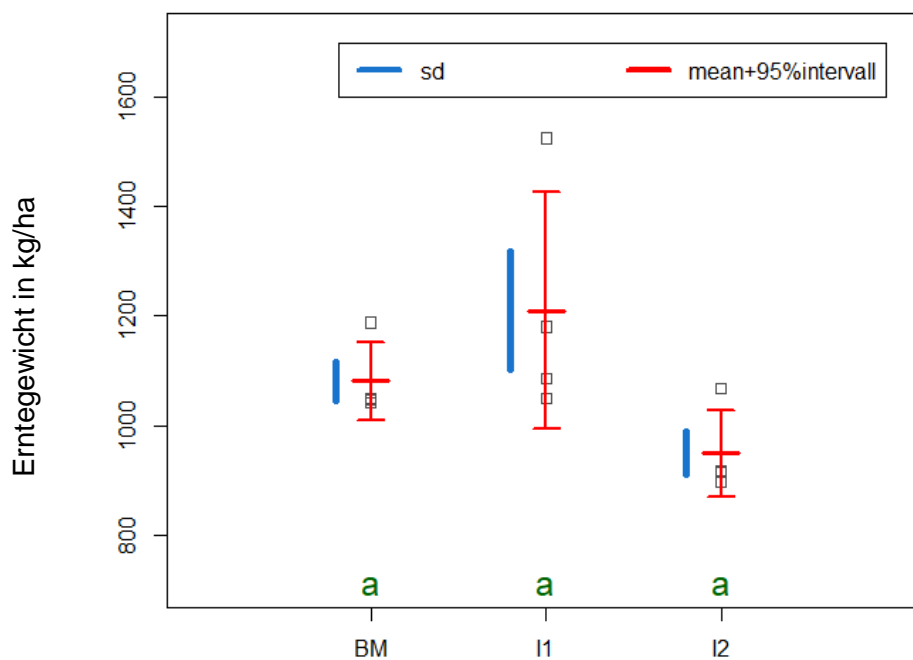


Abbildung 21: Grafische Darstellung ANOVA der Ernte 1 wobei BM = Bohnen Monokultur, I1 = Intercropping 1 und I2 = Intercropping 2 (eigene Darstellung, 2018)

Die Auswertung der Ernte 2 ist in Abbildung 22 dargestellt. Der Shapiro Wilk Test ergab einen P-Wert von 0,917 und die ANOVA ergab einen P-Wert von $1,977e-06$, womit die Normalverteilung und der Unterschied zwischen allen Settings belegt werden kann. Aus der grafischen Darstellung der ANOVA geht hervor, dass die Ernte im Setting Intercropping 1 am ergiebigsten war. Die kleinste Ernte lieferte Intercropping 2 nach der Monokultur. Die unterschiedlichen Erntemengen werden durch die Mittelwerte erneut verdeutlicht. Die Messungen der Bohnen Monokultur weist die grösste Streuung auf. Die Zahlenwerte der Mittelwerte und Standardabweichungen sind im Anhang zu finden.

Grafische Darstellung ANOVA Bohnenernte 2

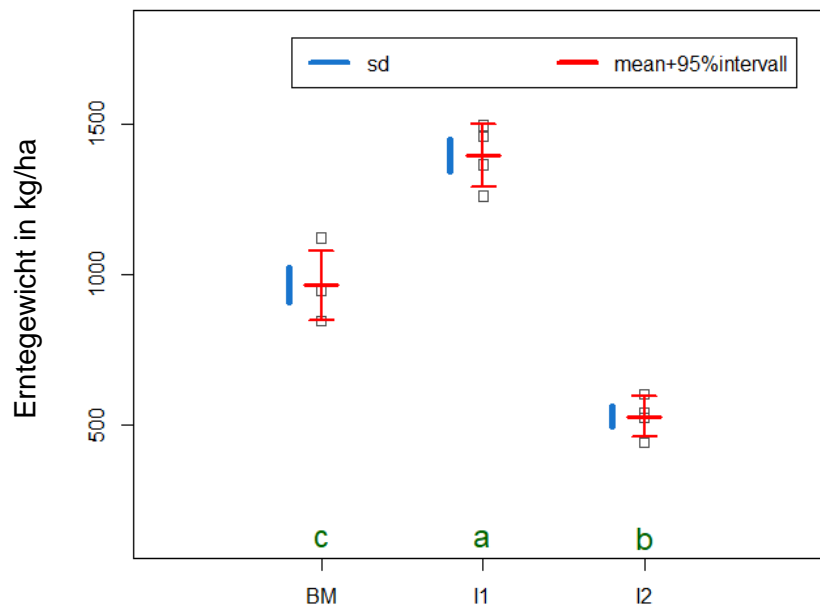


Abbildung 22: Grafische Darstellung ANOVA der Ernte 2 wobei BM = Bohnen Monokultur, I1 = Intercropping 1 und I2 = Intercropping 2 (eigene Darstellung, 2018)

4.1.2 Zuckermais

Der Vergleich des totalen Erntegewichtes der Endbonitur des Mais in kg/ha ist in Abbildung 23 zu sehen. Intercropping 1 liefert vor Mais Monokultur und Intercropping 2 die höchsten Erträge.

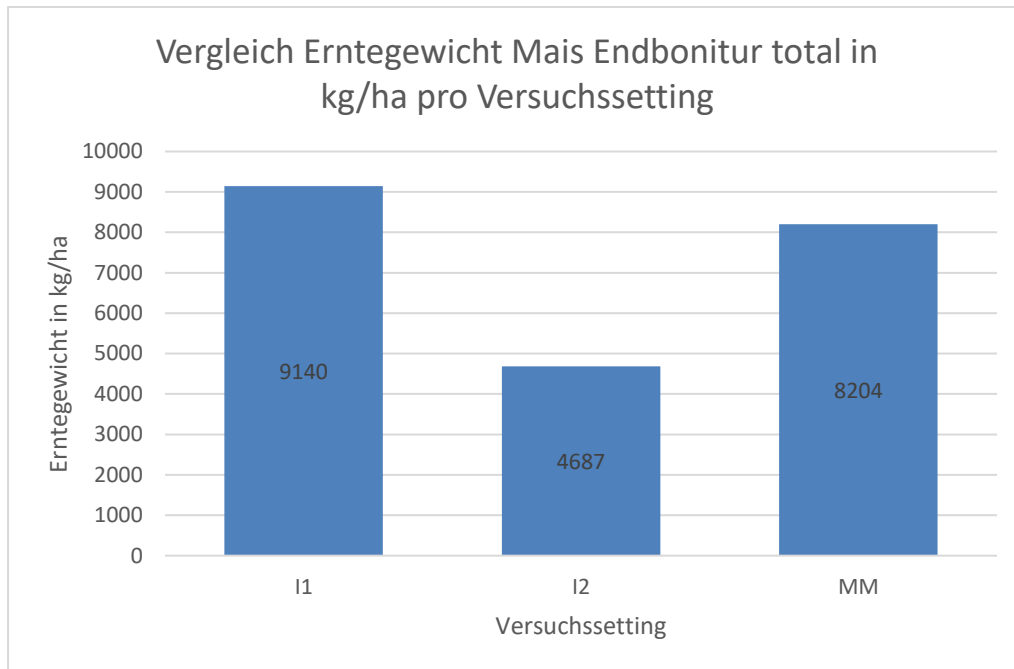


Abbildung 23: Vergleich Erntegewicht des Mais der Endbonitur total in kg/ha wobei I1 = Intercropping 1, I2 = Intercropping 2 und MM = Mais Monokultur (eigene Darstellung, 2018)

Die Auswertung der Maisernte der Endbonitur über alle Klassen ist in Abbildung 24 dargestellt. Der Shapiro Wilk Test ergab einen P-Wert von 0,219 und die ANOVA ergab einen P-Wert von 0,0168, womit die Normalverteilung und ein Unterschied zwischen den Settings belegt werden kann. Aus dem pairwise T- Test geht hervor, dass sich die Ernten der Settings I1 und I2 deutlich voneinander unterscheiden (P-Wert 0,021). Die Ernte der Monokultur Mais unterscheidet sich nicht oder nur ganz schwach zu den Ernten von I1 (P-Wert 0,485) und I2 (P-Wert 0,046). Die Mittelwerte und Standardabweichungen verdeutlichen die unterschiedlichen Erntemengen von I1 und I2.

Grafische Darstellung ANOVA Maisernte Endbonitur in kg/ha

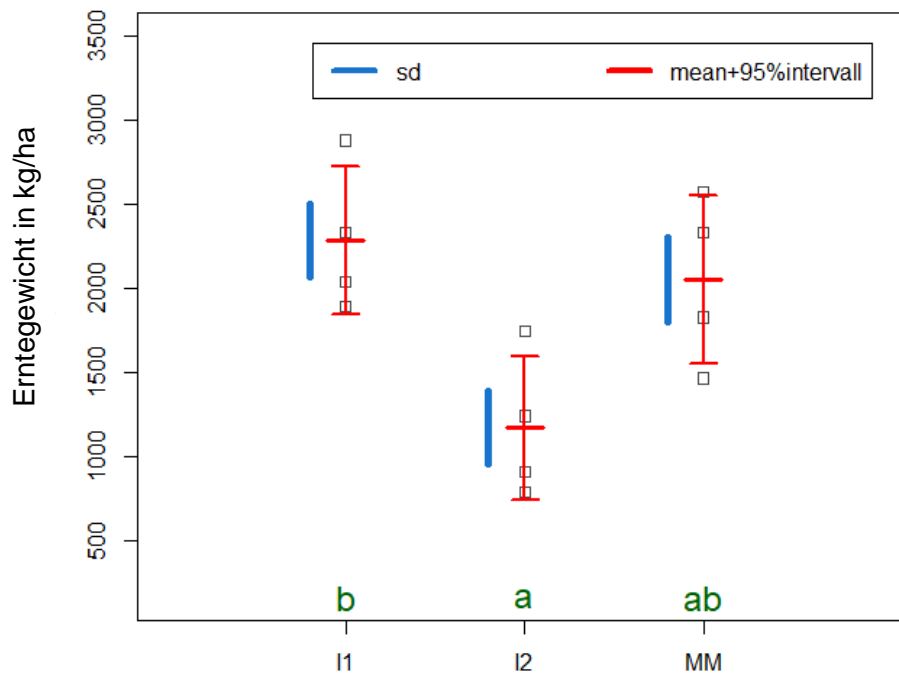


Abbildung 24: Grafische Darstellung ANOVA der Maisernte in kg/ha an der Endbonitur über alle Klassen wobei I1 = Intercropping 1, I2 = Intercropping 2 und MM = Mais Monokultur (eigene Darstellung, 2018)

4.1.3 Biomasseertrag

In Abbildung 25 wird ersichtlich, dass das Setting Mais Monokultur vor Intercropping 2 und Intercropping 1 am meisten Biomasse in kg/ha produzieren konnte. Die geringste Biomasseproduktion in kg/ha wurde bei den Bohnen in Monokultur gemessen.

Es muss beachtet werden, dass die Biomasse für Intercropping 1 ursprünglich nicht auf 1m², sondern auf 2m² erhoben wurde. Für die Berechnungen in kg/ha wurde der Biomasseertrag dieses Settings entsprechend erst halbiert, um eine Vergleichbarkeit mit den anderen Settings zu gewährleisten.

Grafische Darstellung ANOVA Biomasseertrag in kg/ha pro Versuchssetting

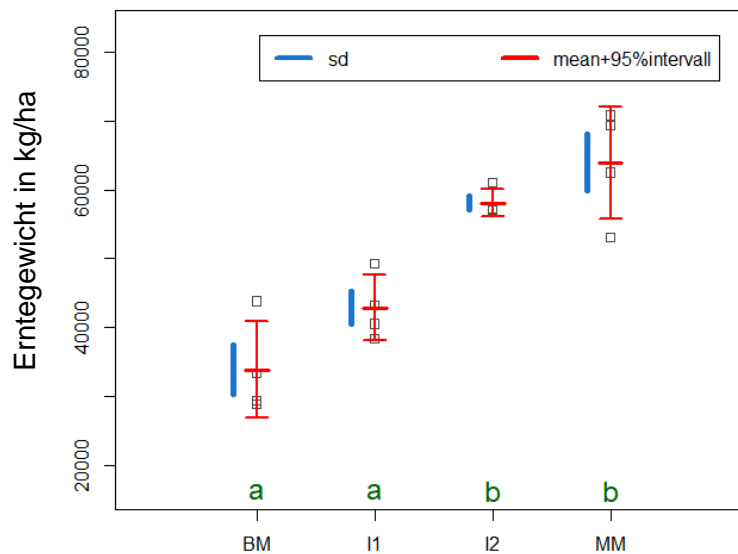


Abbildung 25: Grafische Darstellung ANOVA des Biomasseertrags in kg/ha wobei BM = Bohnen Monokultur, I1 = Intercropping 1, I2 = Intercropping 2 und MM = Mais Monokultur (eigene Darstellung, 2018)

Der Shapiro Wilk Test ergab für die statistische Auswertung des Biomasseertrags einen P-Wert von 0,693 und die ANOVA ergab einen P-Wert von 3,84e-05, womit die Normalverteilung und ein Unterschied zwischen den Settings belegt werden kann. Aus dem pairwise T- Test geht hervor, dass sich die Biomasseproduktion in kg/ha des Settings Bohne Mono von I2 (P-Wert 0,00043) und von Mais Mono (P-Wert 6,6e-05) unterscheidet. Weiter unterscheidet sich I1 von Mais Mono (P-Wert 0,00116) und von I2 (P-Wert 0,01010). Zwischen den Settings Bohne Mono und I1 (P-Wert 0,10524) und I2 und Mais Mono (P-Wert 0,18805) konnte kein Unterschied festgestellt werden. Die Betrachtung der Mittelwerte verdeutlicht, dass die Biomasseproduktion im Setting Mais Monokultur am grössten ist.

4.2 Nährstoffanalysen

4.2.1 Nitratgehalt in kg Nitrat-N/ha in den obersten 30cm Boden

Abbildung 26 zeigt den durchschnittlichen Nitratgehalt pro Messung der Versuchssettings in kg Nitrat-N pro ha gemessen in den obersten 30cm Boden. Generell kann gesagt werden, dass der Nitratgehalt im Boden im Laufe des Pflanzenwachstums deutlich zurückgegangen ist.

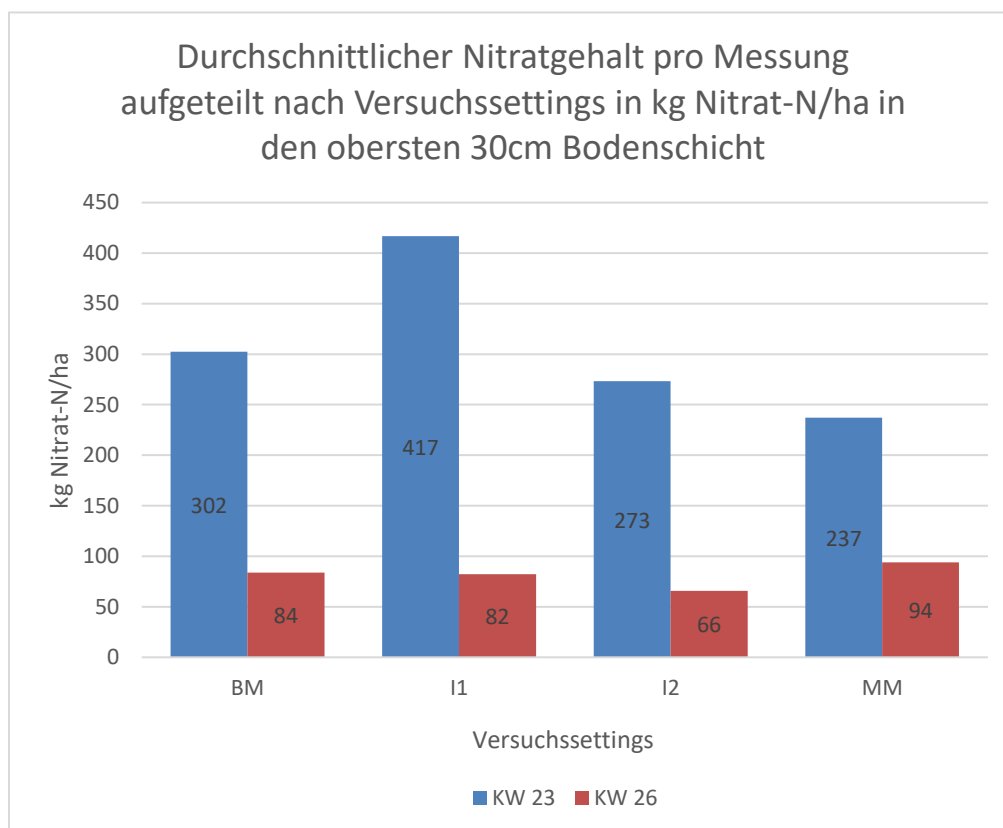


Abbildung 26: Durchschnittlicher Nitratgehalt pro Messung nach Versuchssettings in kg Nitrat-N/ha in den obersten 30 cm Bodenschicht wobei BM = Bohnen Monokultur, I1 = Intercropping 1, I2 = Intercropping 2 und MM = Mais Monokultur (eigene Darstellung, 2018)

Für die statistische Analyse des Nitratgehaltes im Boden ergab der Shapiro Wilk Test einen P-Wert von 0,002 und die ANOVA ergab einen P-Wert von 0,72, womit weder die Normalverteilung, noch ein Unterschied zwischen den Settings belegt werden kann. Als Ergänzung zur ANOVA wurde demnach ein Kruskal Wallis Test durchgeführt, welcher ein P-Wert von 0,789 als Resultat lieferte (siehe Abbildung 27). Somit kann auch kein Unterschied der Mediane der Versuchssettings festgestellt werden. Der ebenfalls durchgeführte Dunn's Test ergab ebenfalls keine Unterschiede zwischen den Gruppen (siehe detaillierte Statistikauswertung im Anhang). Die Mittelwerte sowie die Standardabweichungen wurden über beide Messzeitpunkte berechnet. Die sehr grossen Standardabweichungen und die somit grosse Streuung der Daten lässt auf eine grosse Unsicherheit der Daten schliessen.

**Grafische Darstellung Kruskal Wallis Test zum Nitratgehalt in
kg Nitrat-N/ha in den obersten 30cm Boden über
beide Messzeitpunkte**

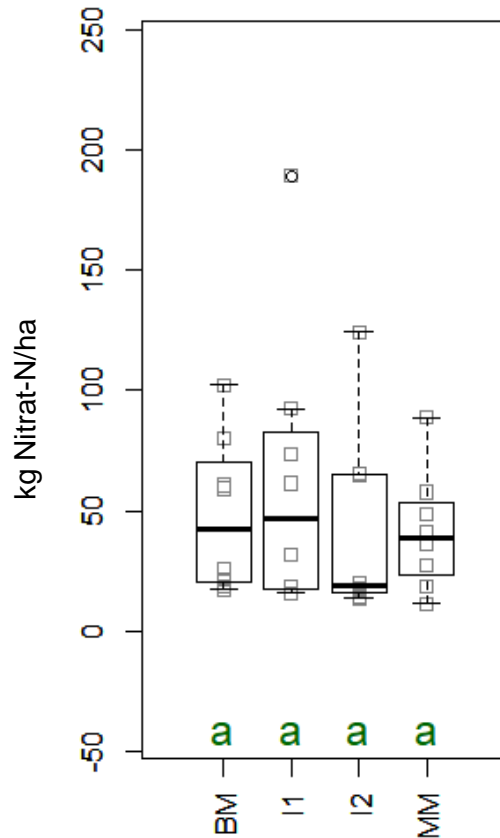


Abbildung 27: Graphische Darstellung Kruskal Wallis Test zum Nitratgehalt in kg Nitrat-N/ha in den obersten 30cm Boden über beide Messzeitpunkte wobei BM = Bohnen Monokultur, I1 = Intercropping 1, I2 = Intercropping 2 und MM = Mais Monokultur (eigene Darstellung, 2018)

Da die statistischen Analysen über die gesamten Messungen wenig aussagekräftig sind, wurde die ANOVA für die Messungen in KW 23 und KW 26 separat erneut durchgeführt. Der P-Wert der ANOVA der Messungen in KW 23 beläuft sich auf 0,43 und in KW 26 beträgt der P-Wert 0,57. Der Shapiro Wilk Test lieferte für die KW 23 einen P-Wert von 0,16 und für KW 26 einen P-Wert von 0,34. Somit wären die Messungen aufgeteilt zwar normalverteilt, jedoch lieferten die Analysen getrennt nach Wochen keine ausschlagstärkeren Ergebnisse bezüglich der Unterschiede zwischen den Versuchssettings.

4.2.2 Fixierter Stickstoff in der Biomasse der oberirdischen Pflanzenteile

Die Stickstoffanalysen der Biomasse wurden wie in Kapitel 3.7 beschrieben, mit einem CHNO-Analysegerät im Labor vorgenommen. Es wurden jeweils zwei Messungen pro Probe analysiert. Als Basis für die Darstellung in Abbildung 28 und für die weiteren Analysen wurde der Mittelwert der beiden Messungen mit Hilfe von Excel berechnet. Es wird ersichtlich, dass vor allem die Bohnen in Monokultur viel Stickstoff in der Biomasse des Sprosses fixiert haben.

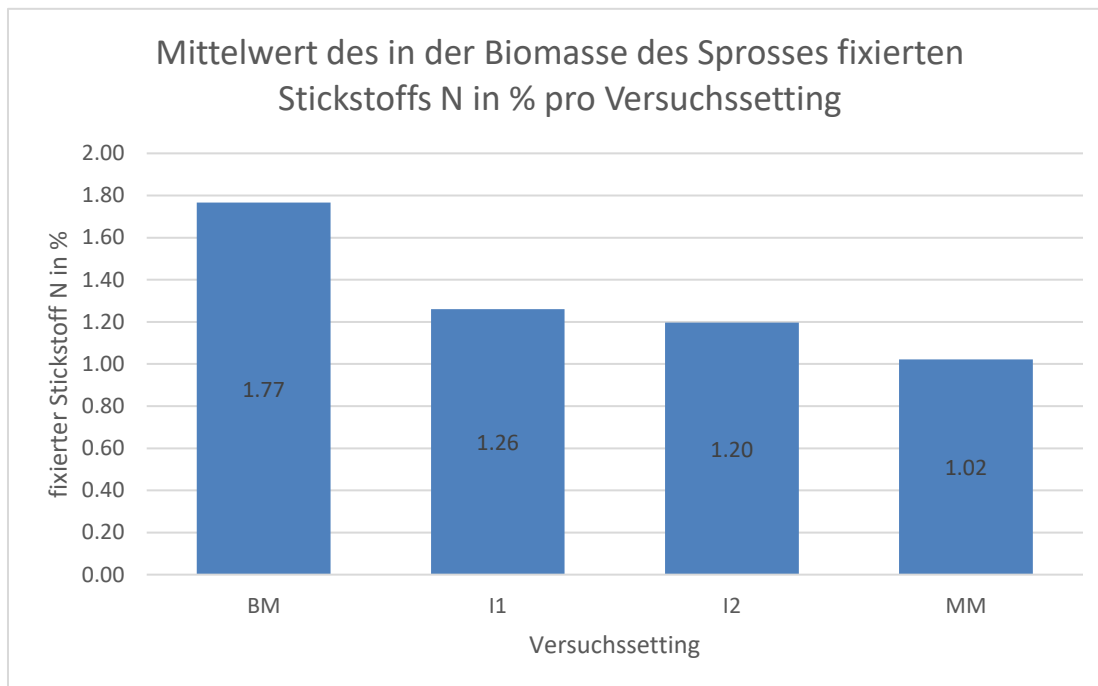


Abbildung 28: Mittelwert des in der Biomasse des Sprosses fixierten Stickstoffs N in % pro Versuchssetting wobei BM = Bohnen Monokultur, I1 = Intercropping 1, I2 = Intercropping 2 und MM = Mais Monokultur (eigene Darstellung, 2018)

Der Shapiro-Wilk Test ergab für die statistische Auswertung des fixierten Stickstoffs in der Biomasse der Pflanzen in % pro Versuchssetting einen P-Wert von 0,762 und die ANOVA ergab einen P-Wert von 0,0007, womit die Normalverteilung und ein Unterschied zwischen den Settings belegt werden kann. Aus dem pairwise T- Test geht hervor, dass sich die Menge des fixierten Stickstoffs in der Biomasse der Pflanzen in % des Settings Bohne Mono deutlich von den anderen Settings unterscheidet.

Der P-Wert im Vergleich von Bohne mono zu Intercropping 1 beträgt 0,009, zu Intercropping 2 0,005 und zu Mais mono 0,0006. Zwischen den anderen Versuchssettings konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden (siehe detaillierte R-Auswertung im Anhang). Der höhere Mittelwert des Settings Bohne mono bestätigt, dass dieses Setting am meisten Stickstoff in % in der Biomasse fixieren konnte.

Grafische Darstellung ANOVA des in der Biomasse des Sprosses fixierten Stickstoffs N in % pro Versuchssetting

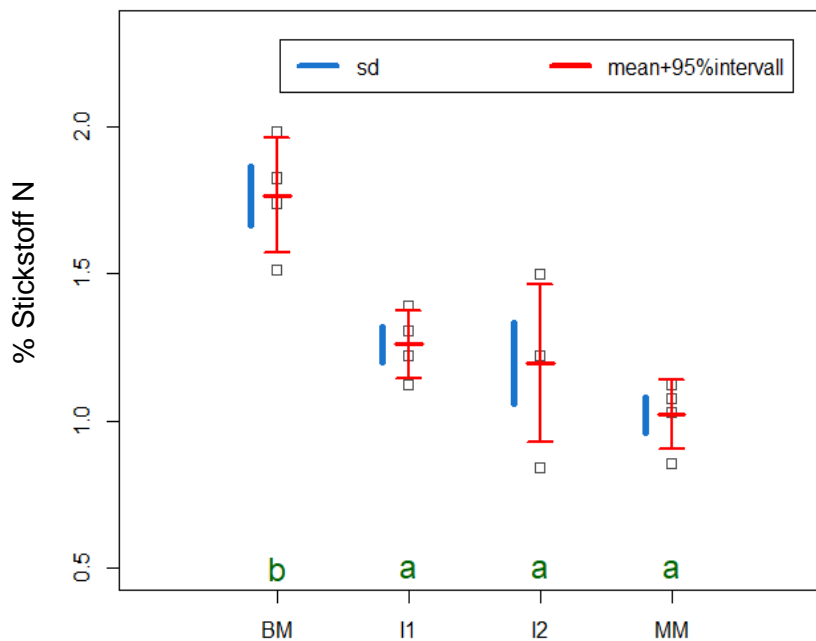


Abbildung 29: Graphische Darstellung ANOVA des in der Biomasse des Sprosses fixierten Stickstoffs N in % pro Versuchssetting wobei BM = Bohnen Monokultur, I1 = Intercropping 1, I2 = Intercropping 2 und MM = Mais Monokultur (eigene Darstellung, 2018)

4.2.3 Blattanalysen mittels Dualexgerät

Die Ergebnisse der Blattanalysen mit dem Dualexgerät (siehe Kapitel 3.6) werden in Abbildung 30 dargestellt. Es wird ersichtlich, dass die Mais Monokultur den grössten Chlorophyll und NBI Index (Stickstoffdefizit) aufweist. Der Flavonoid Index war bei allen Settings sehr klein und Anthocyan konnte, auf Grund der Wahl der älteren Blätter, kaum gemessen werden.

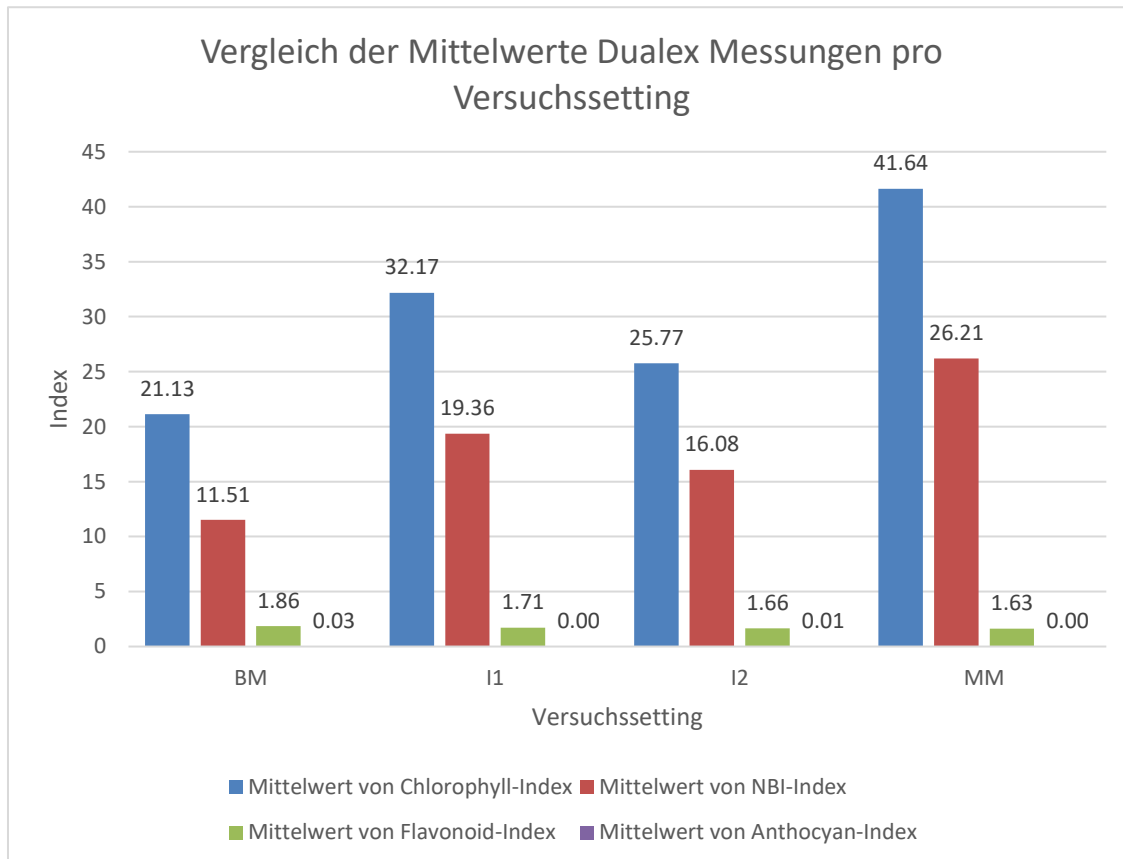


Abbildung 30: Vergleich der Mittelwerte Dualex Messungen pro Versuchssetting wobei BM = Bohnen Monokultur, I1 = Intercropping 1, I2 = Intercropping 2 und MM = Mais Monokultur (eigene Darstellung, 2018)

Die statistischen Analysen mit R wurden pro gemessenem Index einmal über beide Messzeitpunkte und einmal nur für die Endbonitur durchgeführt.

Der Chlorophyll Index analysiert über beide Messzeitpunkte war knapp normalverteilt (Shapiro Wilk Test P-Wert 0,058). Die ANOVA ergab mit dem P-Wert von $3,72e-41$ einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen (siehe Abbildung 31). Es bestätigt sich, dass im Setting Mais Monokultur der höchste Chlorophyll Index gemessen wurde. Auch der pairwise T-Test ergibt einen signifikanten Unterschied zwischen allen Settings. Die Analyse des Chlorophyll Index gemessen in der Endbonitur zeigt eine deutlichere Normalverteilung (P-Wert Shapiro Wilk-Test 0,25) und ebenfalls einen deutlichen Unterschied zwischen den Settings (P-Wert ANOVA $1,072e-25$). Auch hier bestätigt der pairwise T-Test den signifikanten Unterschied zwischen allen Settings.

Grafische Darstellung der ANOVA des Chlorophyllindexes analysiert über beide Messzeitpunkte

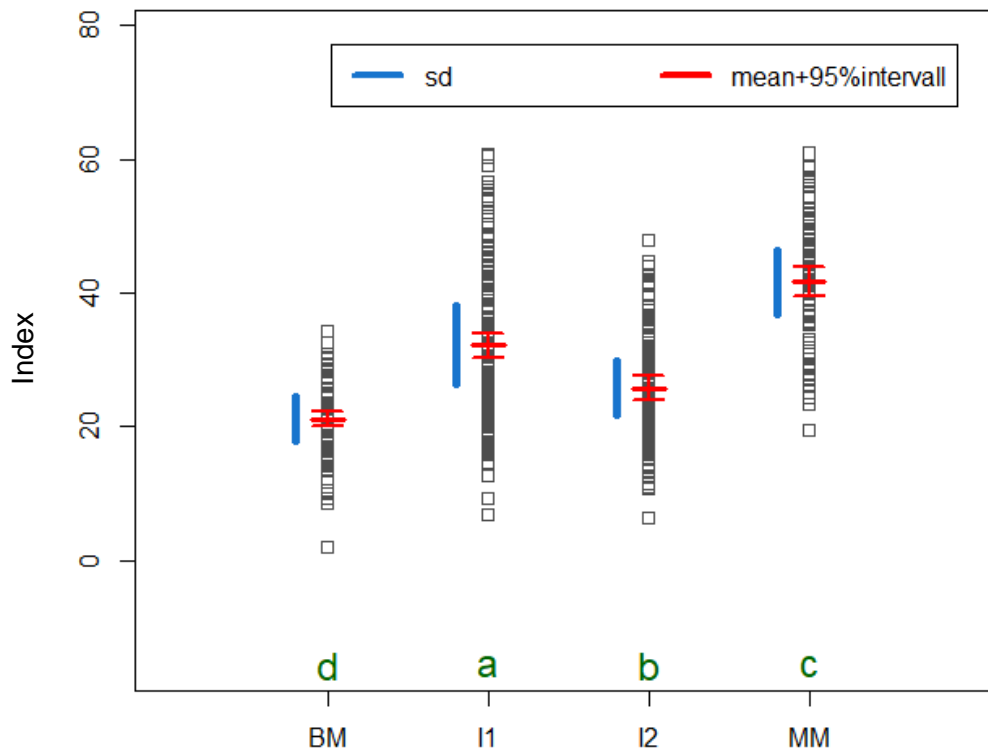


Abbildung 31: Grafische Darstellung der ANOVA des Chlorophyllindexes analysiert über beide Messzeitpunkte wobei BM = Bohnen Monokultur, I1 = Intercropping 1, I2 = Intercropping 2 und MM = Mais Monokultur (eigene Darstellung, 2018)

Die Analyse des NBI über beide Messzeitpunkte mittels Shapiro Wilk Test ergab einen P-Wert von 0, was bedeutet, dass keine Normalverteilung vorliegt. Trotzdem konnte mit Hilfe der ANOVA einen deutlichen Unterschied zwischen den Settings festgestellt werden (P-Wert $4,014e-39$). Als Ergänzung zum Shapiro Wilk Test wurde ein Kruskal-Wallis Test durchgeführt, welcher die Unterschiede der Mediane aller Settings signifikant bestätigen konnte (Resultate siehe Anhang). Die Analyse der NBI Messdaten der Endbonitur lieferte ebenfalls keine Normalverteilung (Shapiro Wilk Test = 0). Die ANOVA bestätigt einen Unterschied zwischen allen Settings (P-Wert: $1,13e-20$), was auch der Kruskal-Wallis Test bestätigt (Resultate im Anhang).

Die Analyse des Flavonoid Index über beide Messungen ergab wiederum keine Normalverteilung (P-Wert Shapiro Wilk = 0). Trotzdem konnte mittels ANOVA einen Unterschied zwischen den Gruppen festgestellt werden (P-Wert ANOVA: $2,84e-11$). Der pairwise T-Test ergab folgende Unterschiede zwischen den Settings. Bohne mono unterscheidet sich signifikant von Intercropping 1 (P-Wert $4,8e-06$), Intercropping 2 (P-Wert $6,9e-10$) sowie Mais mono (P-Wert $6,9e-10$).

Die getrennte Analyse des Flavonoid Indexes der Endbonitur liefert ebenfalls keine Normalverteilung (P-Wert Shapiro Wilk = 0). Wie bei der Analyse über beide Messdaten kann auch bei der Endbonitur ein Unterschied zwischen den Settings festgestellt werden (P-Wert ANOVA $5,4e-06$).

Anders als bei der Analyse über beide Messzeitpunkte, bestätigt der pairwise T-Test für die Endbonitur nur den Unterschied von der Bohnenmonokultur zu den anderen Kulturen (P-Wert Intercropping 1 = 0,00067, Intercropping 2 = $2e-06$, Mais mono = 0,00065).

Zwischen Intercropping 1 und Intercropping 2 konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden (P-Wert 0,082), während sich Intercropping 1 deutlich von Mais mono unterscheidet (P-Wert 0,024). Auch Intercropping 2 unterscheidet sich deutlich von Mais mono (P-Wert 0,32). Kruskal-Wallis bestätigt die Unterschiede der Mediane zwischen allen Settings (Resultate siehe Anhang).

Die statistischen Analysen des Anthocyan Index lieferten ebenfalls keine Normalverteilung (P-Wert Shapiro Wilk = 0). Die ANOVA über beide Messzeitpunkte bestätigte einen Unterschied zwischen den Settings (P-Wert = $3,93e-12$). Da jedoch sehr viele Nullwerte gemessen wurden, wurde auf weitere statistische Analysen verzichtet.

Die in der Zwischenbonitur aufgenommenen Werte zum Gesamteindruck und zur Wüchsigkeit der Pflanzen wurden nicht weiter statistisch ausgewertet da für die Endbonitur beschlossen wurde, auf die Erhebung dieser Parameter auf Grund der niedrigen Aussagekraft zu verzichten.

4.3 Auftreten von Pflanzenschadorganismen

Während der gesamten Versuchszeit wurden pro Woche zwei Kontrollen durchgeführt und der Zustand der Pflanzen in einem Kulturjournal festgehalten. Nachfolgend werden die wichtigsten Ereignisse kurz zusammengefasst.

In der Woche vom 28. Mai 2018 wurden erstmals schwarze Bohnenblattläuse an einzelnen Bohnenpflanzen festgestellt (siehe Abbildung 32). Wie auch in der Gemüsebauinfo festgehalten, ist das Auftreten von schwarzen Bohnenblattläusen zu dieser Jahreszeit kaum zu verhindern (Sauer u. a., 2018).



Abbildung 32: Blattlausbefall an Stangenbohnenpflanze (eigenes Bild, 2018)



Abbildung 33: Thrips auf Mais (eigenes Bild, 2018)



Abbildung 34: Hagelschaden an Maispflanze (eigenes Bild, 2018)

Neben den schwarzen Bohnenblattläusen waren vereinzelt auf den Maispflanzen Thripse und Fritfliegen zu finden (siehe Abbildung 33). Es konnte kein Befallsmuster der verschiedenen Parzellen festgestellt werden.

Der Schädlingsbefall war bei den schwarzen Bohnenblattläusen sowie bei den Thripsen sehr punktuell auf einzelne Pflanzen beschränkt. Gegen den Blattlausbefall der Stangenbohnen wurde am 29. Mai 2018 mittels Rückenspritze 8 Liter Brühmenge Natural 2% von Andermatt Biocontrol gespritzt.

Neben Schädlingen hatten mechanische Beschädigungen durch Wittereinflüsse wie Hagel oder Starkregen einen grossen Einfluss auf den Versuch. Es wird vermutet, dass die festgestellten Blattveränderungen (Rillen, Löcher) durch Hagel/Regen in jungen Wachstumsstadien entstanden sind (siehe Abbildung 34).

4.4 Wirtschaftlichkeit

Wie in Kapitel 2.2 am Beispiel der Mischkultur Eiweisserbsen oder Ackerbohnen mit Getreide, ist auch im vorliegenden Versuch der Aufwand zur Unkrautregulierung in den Intercroppingvarianten deutlich kleiner als in den Monokulturvarianten. Auffällig ist, dass in der eng gepflanzten Intercroppingvariante (Intercropping 2) das Unkraut auf Grund des fehlenden Lichtes kaum zu keimen vermochte, was den Unkrautbekämpfungsaufwand auf ein Minimum reduziert hat (siehe Abbildung 35).



Abbildung 35: Vergleich Bodenbedeckung Variante Intercropping 2 (eng) links und Variante Intercropping 1 (weit) rechts. Aufnahmedatum 4. Juni 2018, 33 Tage nach Pflanzung (eigenes Bild, 2018)

Die Intercroppingvariante 1 (weite Pflanzung) sowie die Bohnen in Monokultur wiesen ein hohes Unkrautwachstum auf. Deutlich am aufwändigsten war die Unkrautbekämpfung in der Monokultur Mais. In der Kulturvorbereitung (Pflanzung, Aufstellen Gerüste usw.) und bei der Ernte waren die beiden Monokulturen weniger aufwändig als die Intercroppingvarianten. Die Aufwände wurden in Tabelle 6 mit Hilfe des empfohlenen Stundenlohnes der Lohnrichtlinien für die Schweizer Landwirtschaft berechnet (Agrimpuls & Schweizer Bauernverband, 2018). Daraus wird ersichtlich, dass das Setting Intercropping 1 mit einem Ertrag von CHF 122,65 vor dem Intercropping 2 (CHF 85,95) sowie der Mais Monokultur (CHF 81,00) liegt. Das Setting Bohnen Monokultur generiert ein Defizit von CHF 30,35.

Tabelle 6: Wirtschaftlichkeitsberechnung pro Setting (eigene Darstellung, 2018)

	Inter-cropping 1	Inter-cropping 2	Mais Monokultur	Bohnen Monokultur
Ernte pro Setting in kg Bohnen (gerundet)	11,4 kg	6,5 kg	0 kg	8,9 kg
Verkaufspreis in CHF in KW 26 2018 pro kg Stangenbohnen („Gemüse Marktinfo BIO KW 26“, 2018)	7,80 CHF			
Reinertrag Bohnen pro Setting	88,90 CHF	50,70 CHF	0 CHF	69,40 CHF
Ernte pro Setting in Kolben Mais Klasse A	72 Stk.	60 Stk.	74 Stk.	0 Stk.
Durchschn. Verkaufspreis ab Hof pro Kolben Mais (Biosuisse, 2017)	1,50 – 3,00 CHF			
Reinertrag Mais pro Setting	108 – 216 CHF	90 – 180 CHF	111 - 222 CHF	0 CHF
Durchschnittlicher Reinertrag Mais pro Setting	162 CHF	135 CHF	166,50 CHF	0 CHF
Reinertrag total pro Setting	250,90 CHF	185,70 CHF	166,50 CHF	69,40 CHF
Aufwand Unkrautbekämpfung	3h	1h	4h	3h
Aufwand Kulturvorbereitung (Pflanzen, Aufstellen Gerüste usw.)	3h	3h	1h	2h
Aufwand Ernte	3h	3h	1h	2h
Finanzieller Lohnaufwand Kulturvorbereitung, Unkrautbekämpfung, Ernte (Agrimpuls & Schweizer Bauernverband, 2018)	9h x 14,25 = 128,25 CHF	7h x 14,25 = 99,75 CHF	6h x 14,25 = 85,50 CHF	7h x 14,25 = 99,75 CHF
Ertrag nach Abzug Aufwände ohne Saatgutaufwand	122,65 CHF	85,95 CHF	81 CHF	- 30,35 CHF

5 Diskussion

Die Literaturrecherche hat ergeben, dass der Mischkulturanbau auch heute durchaus lukrativ sein kann. Die obengenannten Vorteile der optimalen Platz-, Nährstoff- und Wasserausnutzung, des reduzierten Unkrautdruckes sowie des höheren Ertrages sprechen deutlich für den Anbau von Mischkulturen (Dierauer u. a., 2017). Für einen erfolgreichen Mischkulturanbau sind die Sorten- und Standortwahl essentiell. Auch können in der Schweiz zusätzliche Beiträge geltend gemacht werden, was hilft, den Mehraufwand beim Säen und Ernten wirtschaftlich zu decken (Dierauer u. a., 2017).

Eine Leitfrage dieser Arbeit war die Hypothese, dass der Biomasseertrag in kg/ha in den Intercroppingvarianten höher ist als in den Monokulturen. Der praktische Anbauversuch auf dem Gelände der Zürcher Fachhochschule für Angewandte Wissenschaften in Wädenswil hat gezeigt, dass die Hypothese nicht bestätigt werden konnte.

Das Setting Mais Monokultur produzierte mit einem Mittelwert von 63'963 kg/ha am meisten Biomasse vor dem Intercropping 2 mit 58'125 kg/ha und Intercropping 1 mit 42'888 kg/ha (Abbildung 25). Die Stangenbohnen in Monokultur produzierten eine Biomasse von 33'895 kg/ha. Gründe für die unterschiedlichen Biomasseerträge der beiden Intercroppingvarianten könnten die verschiedenen Anbauabstände sowie die damit einhergehenden unterschiedlichen Nährstoff- und Lichtverfügbarkeiten sein. Es muss ebenfalls beachtet werden, dass das Gewicht der Maiskolben einen grossen Einfluss auf das Gewicht der totalen Biomasse in kg/ha hat. In der Langzeitstudie von Carrel & Keller (2017a) wurde belegt, dass die getrockneten Biomasseerträge (Trockensubstanzerträge) in Silomais und Stangenbohnen Mischkulturen höher sein können als jene in Mais Monokultur. Es gilt zu beachten, dass die Reihenabstände des Mais im Versuch von Carrel & Keller (2017a) mit 75cm deutlich weiter waren als im vorliegenden Versuchsaufbau (Reihenabstand Intercropping 1 = 60cm und Intercropping 2 = 40cm, siehe Abbildung 6). Ebenfalls wurden im Versuchsaufbau von Carrel & Keller (2017a) Silomais und kein Zuckermais angebaut. Carrel & Keller (2017a) weist zusätzlich darauf hin, dass die Trockensubstanzerträge je nach Witterung stark schwanken können. Es wäre denkbar, dass bei mehrmaliger Wiederholung des Versuches die kumulierten Trockensubstanzerträge in Mischkulturen mit Zuckermais und Stangenbohnen gleich gross oder grösser als der Trockensubstanzertrag der Monokultur Zuckermais sein können.

Die Hypothese, dass der Stickstoffgehalt in % in den Pflanzen in den Intercroppingvarianten höher ist als in den Monokulturen, konnte ebenfalls nicht belegt werden. Der Mittelwert des fixierten Stickstoffs in der Biomasse der Bohnen Monokultur betrug 1,767%, gefolgt von Intercropping 1 mit 1,260% und Intercropping 2 mit 1,196%. Die Monokultur Mais wies den geringsten Gehalt an fixiertem Stickstoff auf mit 1,021% (siehe Abbildung 28). Somit kann gesagt werden, dass die Leguminosen trotz des kombinierten Anbaus am meisten Stickstoff in der Biomasse fixieren konnten.

Auffällig ist, dass die Menge des fixierten Stickstoffs in den Intercroppingvarianten höher ist als in der Mais Monokultur. Es kann vermutet werden, dass die Maispflanzen im Intercropping durch den gemeinsamen Anbau mit den Stangenbohnen mehr Stickstoff in % fixieren konnten, als im Monokulturanbau.

Die Ergebnisse der Blattanalysen mittels Dualexgerät bestätigen diese Resultate nur teilweise. Der Flavonoidindex steigt gemäss Haas (2016) bei Stickstoffmangel an. In Abbildung 30 ist ersichtlich, dass die Flavonoidindexwerte für die verschiedenen Versuchssettings sehr ähnlich sind, wobei die Bohnen Monokultur den grössten Flavonoidindex und somit den grössten Stickstoffmangel anzeigt (Haas, 2016). Der tiefe NBI Index (Verhältnis Chlorophyllgehalt / Flavonoidgehalt) der Bohnen Monokultur in Abbildung 30 spricht ebenfalls dafür, dass das Stickstoffdefizit der Bohnen Monokultur am grössten ist (Haas, 2016).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Bohnen in Monokultur am meisten Stickstoff in der Biomasse des Sprosses in % fixieren konnten, jedoch die Dualexmessungen gezeigt haben, dass die Pflanzen trotzdem nicht genügend mit Stickstoff versorgt waren. Es hat sich gezeigt, dass die Pflanzen in den Intercroppingvarianten nicht am meisten Stickstoff in der Biomasse des Sprosses in % fixieren konnten, jedoch war der Stickstoffmangel gemäss Dualexmessungen nur mässig im Vergleich zu den Monokulturen.

Die Berechnungen zum wirtschaftlichen Gesamtwert des Anbaus in Monokultur und Mischkultur basieren grossteils auf Annahmen und sind daher nur teilweise übertragbar auf andere Versuche. Analog zu den Studien von Carrel & Keller (2017a) konnte auch im vorliegenden Versuch die Unkrautunterdrückende Wirkung des Mischanbaus gezeigt werden. Der geringere Unkrautbekämpfungsaufwand hat Auswirkungen auf den Gesamtertrag, welcher in Tabelle 6 ersichtlich ist. Nach Abzug der Aufwände wird deutlich, dass Intercropping 1 trotz hohem Arbeitsaufwand mit CHF 122,65 den grössten Ertrag pro Versuchssetting liefert. Die Erträge von Intercropping 2 und Mais Monokultur sind mit CHF 85,95 und CHF 81,00 sehr ähnlich, was vor allem auf den hohen Setz- und Ernteaufwand des Intercropping 2 zurückzuführen ist (siehe Tabelle 6).

Der finanzielle Reinertrag der Bohnen Monokultur ist auf Grund der geringen Erntemenge sowie des tiefen Verkaufspreises negativ. Der erhöhte Kulturvorbereitungs- und Unkrautbekämpfungsaufwand beeinflussen den finanziellen Ertrag zusätzlich negativ (Dierauer u. a., 2017). Einen möglichen Grund für die geringe Erntemenge könnten die negativen Einflüsse durch Pflanzenschadorganismen oder die mechanischen Beschädigungen der Jungpflanzen durch Wettereinflüsse sein.

Die Hypothese, dass der Anbau als Mischkultur einen höheren wirtschaftlichen Gesamtwert als der Anbau als Monokultur generiert, kann daher nur bedingt bestätigt werden. Wie oben genannt wäre es auch aus wirtschaftlicher Sicht möglich, dass bei einem Versuch über mehrere Jahre klarere positivere Ergebnisse für die Wirtschaftlichkeit von Mischkulturen im Vergleich zu Monokulturen gezeigt werden könnten.

Zusätzlich kann gesagt werden, dass durch die finanzielle Unterstützung durch Beiträge für Mischkulturanbau der zusätzliche Pflanz- und Ernteaufwand finanziell gedeckt werden könnte (Dierauer u. a., 2017).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass trotz des relativ kleinen Versuchsumfanges sowie der kurzen Versuchsdauer interessante Resultate gezeigt werden konnten. Der Mischanbau von Zuckermais und Stangenbohnen ist sowohl finanziell wie auch im Hinblick auf die Erntemenge durchaus interessant. Es wurde aufgezeigt, dass sich Intercropping 1 im Hinblick auf die Erntemengen der Stangenbohnen sowie des Mais bewährt hat. Im Vergleich zum Intercropping 2 hat sich der etwas weitere Pflanzabstand des Intercropping 1 im Hinblick auf den Ertrag in kg/ha bewährt.

Über den gesamten Versuch gesehen waren Pflanzenschadorganismen neben den Bohnenblattläusen nur ein sehr geringes Problem. Probleme bereitete vor allem das Wetter und die damit einhergehenden mechanischen Schädigungen der Jungpflanzen, welche teilweise noch im ausgewachsenen Stadium der Pflanzen sichtbar waren.

Im Hinblick auf ein erfolgreiches Intercropping wäre es wünschenswert gewesen, wenn die Bohnen etwas mehr an den Maispflanzen emporgerankt wären. Aufgrund der Sortenwahl sowie der heftigen Unwetter im Jungstadium der Pflanzen konnten sich die Bohnen nur schlecht am Mais hochranken. Aus diesem Grund war das Intercropping in diesem Fall nicht ganz optimal. Auf Grund der kurzen Versuchsdauer wurden die Pflanzen im Gewächshaus vorgezogen und direkt ins Feld gepflanzt, was einen zusätzlichen Einfluss auf das Pflanzenwachstum hatte.

Für weitere Forschungen wäre ein grösseres Versuchssetting mit mehr Wiederholungen erstrebenswert. Auch könnte der wirtschaftliche Aspekt des Mischkulturanbaus im Vergleich zum Monokulturanbau oder der Einfluss der Anzucht im Gewächshaus auf das Wuchsverhalten der Kulturen vertieft beleuchtet werden. Bei weiteren Intercroppingversuchen wäre eine längere Versuchszeit sinnvoll, um das Wuchsverhalten bei der Saat direkt im Feld beobachten zu können.

6 Quellen

Literaturverzeichnis

- Agriinfo.in. (2018). Types of Inter-Cropping. Abgerufen 28. Juli 2018, von <http://www.agriinfo.in/?page=topic&superid=1&topicid=663>
- Agrimpuls, & Schweizer Bauernverband. (2018). Lohnrichtlinie für familienfremde Arbeitnehmende in der Schweizer Landwirtschaft inklusive landwirtschaftliche Hauswirtschaft 2018. Agrimpuls, Brugg. Abgerufen von https://www.agrimpuls.ch/fileadmin/agrimpulsch/Arbeitsrecht/Merkblatt_und_Richtl%C3%B6hne_2018D_.pdf
- Anbauplanung im Gemüsegarten. (2018). Abgerufen 27. Juni 2018, von <https://www.mein-schoenergarten.de/gartenpraxis/nutzgaerten/anbauplanung-im-gemuesegarten-2656>
- Beck, M., Besselmann, K., Bietsch, M., Behrend, H., Belau, T., & Braun, A. (2017). *Ökologischer Gemüseanbau: Handbuch für Beratung und Praxis*. (R. Eghbal, Hrsg.) (3. überarbeitete Auflage 2017). Mainz: Bioland Verlags GmbH.
- Biosuisse. (2017). Richtpreise für den Verkauf ab Hof: Ausgabe 2017/2018. Abgerufen 28. Juli 2018, von https://www.bioaktuell.ch/fileadmin/documents/ba/Markt/Direktvermarktung/Richtpreise_Direktvermarktung_2017-2018_Gemuese__Kartoffeln.pdf
- Bosshard, B. (2018). Einfache Mischkultur für Hoch- und Gartenbeete | Bioterra | Biogarten. Abgerufen 22. Juni 2018, von <https://www.bioterra.ch/seite/einfache-mischkultur-fuer-hoch-und-gartenbeete>
- BWagrar. (2016). Mais und Bohnen gemeinsam in die Höhe. Abgerufen 25. Juli 2018, von <https://www.bwagrar.de/Aktuelles/Mais-und-Bohnen-gemeinsam-in-die-Hoehe,QUIEPTQ5OTcwOTgmTUIEPTUxNjQ0.html>
- Carrel, K., & Keller, F. (2017). *Mais-Bohnen-Mischkultur in der Bio-Variante* (Schlussbericht 2014-2016). Strickhof, Lindau.
- DAMAUN KS - Sativa Rheinau Biosaatgut. (o. J.). Abgerufen 26. März 2018, von <https://shop.sativa-rheinau.ch/gemuese/mais/damaun-ks.html>
- Dierauer, H., Clerc, M., Böhler, D., Klais, M., & Hegglin, D. (2017). Erfolgreicher Anbau von Körnerleguminosen in Mischkultur mit Getreide. Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Frick.
- Drei Schwestern / Milpa-System - Mais - Bohnen - Kürbis. (o. J.). Abgerufen 4. Januar 2018, von <https://www.terrabc.ch/de/hof/anbau/mischkultur/drei-schwestern-milpa-system/>

- Dynamax. (o. J.). Force-A Dualex Scientific portable sensor for leaf measurements. Abgerufen 27. Juni 2018, von <http://www.dynamax.com/products/optics-for-polyphenol/dualex-scientific-polyphenol-chlorophyll-meter>
- Ehlers, W. (2013). Wie viel Wasser braucht der Mais? *mais*. Abgerufen von https://www.maiskomitee.de/web/upload/pdf/service/Artikel_Ehlers_Wasser_mais_1-2013.pdf
- Examples of Intercropping. (o. J.). Abgerufen 28. Juli 2018, von https://www.researchgate.net/figure/Examples-of-intercropping_fig4_265217055
- Forschungsgruppe Bodenökologie. (2013). CHNO Messung mit TruSpec Marco Analyser. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Wädenswil.
- Gemüse Marktinfo BIO KW 26. (2018). Verband Schweizer Gemüseproduzenten.
- GIS-Browser. (o. J.). Abgerufen 13. August 2018, von <http://maps.zh.ch/>
- Haas, M. (2016). Auswirkung von Lichtakklimatisation und Saccharosedüngung auf Kohlenhydratgehalt und Vitalität von *Ficus benjamina* und *Chamaedorea elegans*. Humboldt-Universität, Berlin.
- Hammelehle, A., Oberson, A., Lüscher, A., Mäder, P., & Mayer, J. (2018, April). Above- and below-ground nitrogen distribution of a red clover-perennial ryegrass sward along a soil nutrient availability gradient established by organic and conventional cropping systems. *Agroscope Zürich*. Abgerufen von <http://link.springer.com/10.1007/s11104-018-3559-z>
- Meier. (2017). Die aktuelle Mischkulturen-Tabelle, 02.
- Mühle Rytz AG, Mühle Lehmann, A., & Dierauer, H. (2015). Körnerleguminosen in Mischkultur statt Sojaimporte. Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Frick.
- Neeser AG. (o. J.). Qualipot. Abgerufen 27. Juni 2018, von <https://neeser.swiss/contents/de/p273.html>
- Nitrat in Bodenproben RQflex. (2012). Merck Darmstadt.
- Pfisterer, R. (2016). *Mischkulturen im Gemüsebau*. Münsingen: Artha Samen.
- Retsch. (o. J.). Retsch Laborgeräte: Rotormühlen. Abgerufen 30. Juli 2018, von <https://www.retsch.de/de/produkte/zerkleinern/rotormuehlen/sr-300/funktion-merkmale/>
- Sauer, C., Lutz, M., Fischer, S., Albertoni, L., Jermini, M., & Koller, M. (2018, Mai 23). Gemüsebau Info 11/2018.
- Schrumm, A., & von Aster, E.-L. (2016). Mais: Wie eine Pflanze die Welt verändert. Abgerufen 25. Juli 2018, von <https://www.swr.de/swr2/programm/sendungen/wissen/mais-als-pflanze-der-goetter/-/id=660374/did=18057860/nid=660374/1slx20w/index.html>

Tsega, E. (1990). *Influence of Different Growth Factors on Dry Matter and Nutrient Uptake of Zea Mays in Sole and Mixed Cropping with Phaseolus Vulgaris Or Vicia Faba*. Georg-August Universität, Gottingen.

Wiesmann, F. (1935). *Untersuchungen über die Trocknung der Blätter und Stengel von Atropa Belladonna L. und Datura Stramonium L.* ETH Zurich. <https://doi.org/10.3929/ethz-a-000319605>

Zihlmann, U., Weisskopf, P., Bohren, C., & Dubois, D. (2002). Stickstoffdynamik im Boden beim Maisanbau. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Reckenholz Zürich.

Zollinger Samen. (o. J.). Zollinger - Die Schweizer Samenzüchter. Abgerufen 27. März 2018, von <https://www.zollinger.bio/>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vorteile Mischkulturanbau (Pfisterer, 2016)	2
Abbildung 2: Misanbau mit starkzehrenden Gemüsepflanzen für ein Anbaujahr (Bosshard, 2018)	3
Abbildung 3: Vergleich der Deckungsbeiträge der Erbse-Gerste-Mischkultur und der Reinkulturen (Dierauer u. a., 2017)	4
Abbildung 4: Vier Mischkulturtypen am Beispiel von Cassava in Mischkultur mit anderen Pflanzen („Examples of Intercropping“, o. J.).....	8
Abbildung 5: Genereller Überblick Versuchsdesign (eigene Grafik).....	10
Abbildung 6: Detaillierte Versuchsplanung (eigene Grafik, 2018)	11
Abbildung 7: Saat in 20er Multiplatten (eigenes Bild, 2018).....	12
Abbildung 8: Umzug der Stangenbohnen in den Folientunnel 1 (eigenes Bild, 2018)	13
Abbildung 9: Fräsen des Versuchsfeldes (eigenes Bild, 2018)	14
Abbildung 10: Frisch gesetzte Versuchsparzelle (eigenes Bild, 2018)	14
Abbildung 11: Die Stangenbohnen in Monokultur wurden drei Wochen nach Pflanzung mit Kletterhilfen versehen (eigenes Bild, 2018)	14
Abbildung 12: Das Dualex Messgerät im Einsatz (eigenes Bild, 2018)	15
Abbildung 13: Qualitätsklassen Stangenbohnen (links: 1. Klasse, mitte: Minderklasse, rechts: Ausschuss) (eigenes Bild, 2018)	17

Abbildung 14: Maiskolben der Klasse A (eigenes Bild, 2018)	18
Abbildung 15: Maiskolben der Klasse B (eigenes Bild, 2018)	18
Abbildung 16: Vorzerkleinern der Biomasse mit dem Häcksler (eigenes Bild, 2018)	18
Abbildung 17: Sieben der Mischproben durch 10mm Sieb und Beschriftung der einzelnen Mischproben (eigenes Bild, 2018)	19
Abbildung 18: Filtrierung des Gemisches zur Nmin Bestimmung (eigenes Bild, 2018)	20
Abbildung 19: Erste Zerkleinerung der trockenen Proben in der Schlagrotormühle (eigenes Bild, 2018).....	21
Abbildung 20: Gesamtes Erntegewicht der Bohnen in kg/ha aufgeteilt nach Erntezeitpunkt und Klassen wobei BM = Bohnen Monokultur, I1 = Intercropping 1 und I2= Intercropping 2 (eigene Darstellung, 2018)	22
Abbildung 21: Grafische Darstellung ANOVA der Ernte 1 wobei BM = Bohnen Monokultur, I1 = Intercropping 1 und I2 = Intercropping 2 (eigene Darstellung, 2018)	23
Abbildung 22: Grafische Darstellung ANOVA der Ernte 2 wobei BM = Bohnen Monokultur, I1 = Intercropping 1 und I2 = Intercropping 2 (eigene Darstellung, 2018)	24
Abbildung 23:Vergleich Erntegewicht des Mais der Endbonitur total in kg/ha wobei I1 = Intercropping 1, I2 = Intercropping 2 und MM = Mais Monokultur (eigene Darstellung, 2018)	25
Abbildung 24: Grafische Darstellung ANOVA der Maisernte in kg/ha an der Endbonitur über alle Klassen wobei I1 = Intercropping 1, I2 = Intercropping 2 und MM = Mais Monokultur (eigene Darstellung, 2018)	26
Abbildung 25: Grafische Darstellung ANOVA des Biomasseertrags in kg/ha wobei BM = Bohnen Monokultur, I1 = Intercropping 1, I2 = Intercropping 2 und MM = Mais Monokultur (eigene Darstellung, 2018)	27
Abbildung 26: Durchschnittlicher Nitratgehalt pro Messung nach Versuchssettings in kg Nitrat-N/ha in den obersten 30 cm Bodenschicht wobei BM = Bohnen Monokultur, I1 = Intercropping 1, I2 = Intercropping 2 und MM = Mais Monokultur (eigene Darstellung, 2018)	28
Abbildung 27: Graphische Darstellung Kruskal Wallis Test zum Nitratgehalt in kg Nitrat-N/ha in den obersten 30cm Boden über beide Messzeitpunkte wobei BM = Bohnen Monokultur, I1 = Intercropping 1, I2 = Intercropping 2 und MM = Mais Monokultur (eigene Darstellung, 2018)	29
Abbildung 28: Mittelwert des in der Biomasse des Sprosses fixierten Stickstoffs N in % pro Versuchssetting wobei BM = Bohnen Monokultur, I1 = Intercropping 1, I2 = Intercropping 2 und MM = Mais Monokultur (eigene Darstellung, 2018).....	30

Abbildung 29: Graphische Darstellung ANOVA des in der Biomasse des Sprosses fixierten Stickstoffs N in % pro Versuchssetting wobei BM = Bohnen Monokultur, I1 = Intercropping 1, I2 = Intercropping 2 und MM = Mais Monokultur (eigene Darstellung, 2018)	31
Abbildung 30: Vergleich der Mittelwerte Dualex Messungen pro Versuchssetting wobei BM = Bohnen Monokultur, I1 = Intercropping 1, I2 = Intercropping 2 und MM = Mais Monokultur (eigene Darstellung, 2018)	32
Abbildung 31: Grafische Darstellung der ANOVA des Chlorophyllindex analysiert über beide Messzeitpunkte wobei BM = Bohnen Monokultur, I1 = Intercropping 1, I2 = Intercropping 2 und MM = Mais Monokultur (eigene Darstellung, 2018)	33
Abbildung 32: Blattlausbefall an Stangenbohnenpflanze (eigenes Bild, 2018)	35
Abbildung 33: Thrips auf Mais (eigenes Bild, 2018)	35
Abbildung 34: Hagelschaden an Maispflanze (eigenes Bild, 2018)	35
Abbildung 35: Vergleich Bodenbedeckung Variante Intercropping 2 (eng) links und Variante Intercropping 1 (weit) rechts. Aufnahmedatum 4. Juni 2018, 33 Tage nach Pflanzung (eigenes Bild, 2018)	36

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Berechnung der Saatgutmengen (eigene Darstellung, 2018)	12
Tabelle 2: Düngeberechnung (eigene Darstellung, 2018)	13
Tabelle 3: Skala Wüchsigkeit Mais (eigene Darstellung, 2018)	16
Tabelle 4: Definition der Ernteklassen der Stangenbohnen (eigene Darstellung, 2018)	16
Tabelle 5: Definition der Ernteklassen des Zuckermais (eigene Darstellung, 2018)	17
Tabelle 6: Wirtschaftlichkeitsberechnung pro Setting (eigene Darstellung, 2018)	37

Inhaltsverzeichnis Anhang

Anhang 1: Aufgabenstellung	47
Anhang 2: Kulturjournal	52
Anhang 3: Statistische Auswertungen mit R (siehe separates Dokument)	52
Anhang 4: Gesammelte Daten (siehe Exceldokument)	52

Anhang

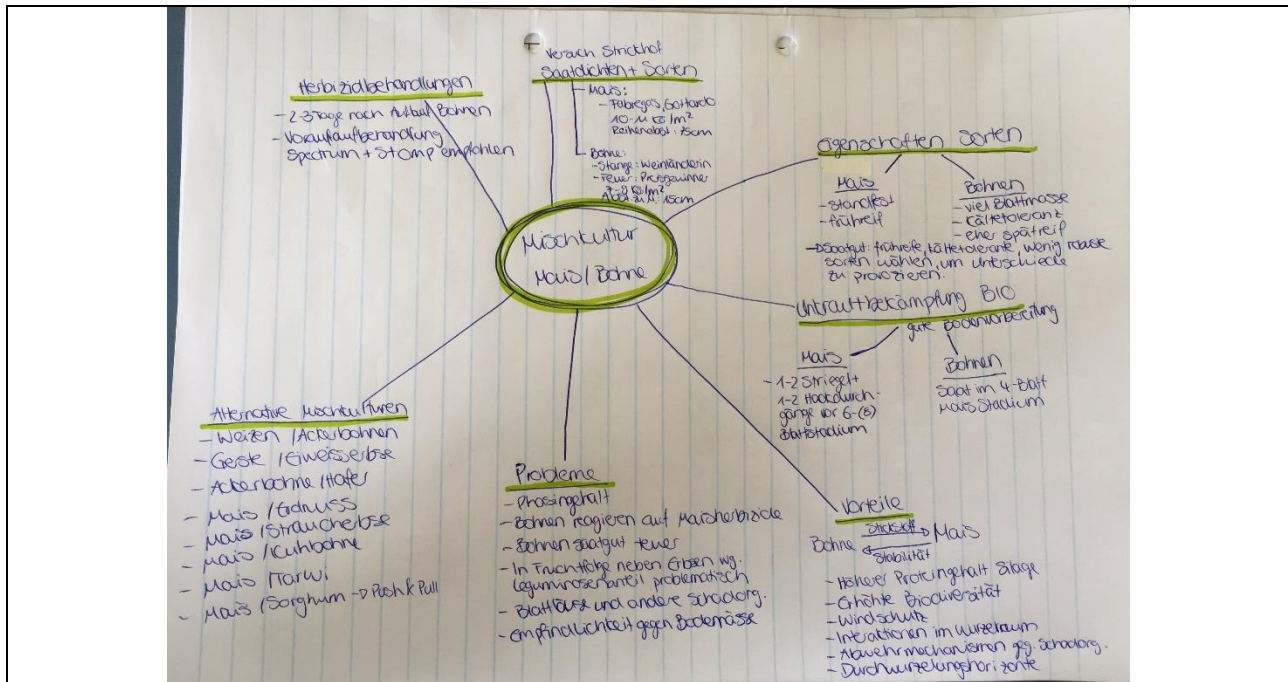
Anhang 1: Aufgabenstellung

Modul: Bachelorarbeit

Studienjahrgang		UI 15
Titel		Mischkultur Zuckermais / Stangenbohnen
7 Vertraulich		<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein
Fachgebiet		Biologische Landwirtschaft und Hortikultur
Namen	StudentIn	Nadia Löffel
	1. Korrekto- rIn	Alex Mathis Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften Wädenswil Grüntal, Postfach 8820 Wädenswil Tel: +41 58 934 59 16 mase@zhaw.ch
	2. Korrekto- rIn	Guido Kunz Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften Wädenswil Grüntal, Postfach 8820 Wädenswil Tel: +41 58 934 59 20 kugu@zhaw.ch

<p>Aufgabenstellung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ausgangslage • Zielsetzungen • Zusätzliche Auftrags-modalitäten 	<p>Ausgangslage</p> <p>Bereits zur Zeit der Inkas sind die "drei Schwestern" Mais, Bohne und Kürbis bekannte Mischkulturpartner. Versuche am Strickhof mit der Kombination von Bohnen und Mais als Futtermischung verliefen in einer dreijährigen Versuchsphase positiv, was den Mehrertrag bzw. Proteingehalt betrifft. Im biologischen Futterbau wird die Kombination von Mais und Bohnen als Mischung für die Silageproduktion neu aufgegriffen. Folgende Vorteile für den Anbau im biologischen Landbau werden erwartet:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Geringerer Unkrautdruck und entsprechend reduzierter Aufwand für die Unkrautregulierung 2. Stärkeres Wachstum und grössere Widerstandkraft gegen Schadorganismen 3. Ein höherer Gesamtertrag im Vergleich zum Anbau als Monokultur 4. Positive Wirkung auf den Nährstoffgehalt der geernteten Gemüsearten <p>Zielsetzung</p> <p>Im Rahmen der Bachelorarbeit soll das Gewinnpotential bei Zuckermais und Stangenbohnen ermittelt werden. Folgende Fragestellungen sollen in einem wissenschaftlichen Versuch beantwortet werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Als Ergebnis der Literaturstudie: Konzept eines wissenschaftlichen Anbauversuchs inkl. Auswertung mit Stangenbohnen und Zuckermais auf dem Gelände der ZHAW - Wie unterscheiden sich Mischkulturen von Zuckermais / Stangenbohnen im Vergleich zu Reinkulturen bezüglich Ertrag, Qualität und Auftreten von Pflanzenschadorganismen? - Was lässt sich zur Wirtschaftlichkeit dieses Verfahrens im Vergleich zum konventionellen Anbau sagen? <p>In einem Anbauversuch sollen max. zwei verschiedene Mischkulturverfahren (z.B. unterschiedliche Pflanzendichten, -Abstände oder Sorten) mit Stangenbohnen und Zuckermais geprüft werden. Die Ernteprodukte werden mittels Nährstoffanalysen untersucht, vom Boden eine Nmin und eine Norg-Bestimmung durchgeführt. Zusätzlich könnte der Flavonoid- und der Chlorophyllgehalt der Blätter sowie die Bodenfruchtbarkeit und die Zeit, in welcher der Boden offen liegt und damit ungünstigen Klimabedingungen ausgesetzt ist, beobachtet werden.</p> <p>Ergänzend zum wissenschaftlichen Versuch sollen folgende Fragestellungen in einer Literaturstudie beantwortet werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Was sind die aktuellen Möglichkeiten von Mischkulturen im Gemüseanbau auf professioneller Basis? - Gibt es wissenschaftliche Untersuchungen über die Wirtschaftlichkeit von Mischkulturen im Gemüsebau allgemein und bei Stangenbohnen/(Zucker-)Mais im Speziellen? - Auf welche Faktoren sind erfolgreiche Mischkulturen zurückzuführen und wie können diese beim Anbau von Bohnen und Mais berücksichtigt werden? Optimale Bestandsdichten und Pflanzenabstände von Stangenbohnen bzw. Zuckermais als Einzelkultur und als Mischkultur? - Anbau, Pflege- und Erntetechnik bzw. -organisation beider Gemüsearten als Einzel- und als Mischkultur?
---	--

	<p>Zusätzliche Auftragsmodalitäten</p> <p><u>Erwartete Resultate</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bachelorarbeit, gem. Weisungen ZHAW ▪ Bachelorkolloquium ▪ Publikation
	<p>Inhaltsverzeichnis</p> <p>Zusammenfassung (deutsch und englisch)</p> <p>Schlagwortverzeichnis</p> <p>Inhaltsverzeichnis</p> <p>Liste der Abkürzungen (bei Bedarf)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Einleitung 2. Aktuelle Möglichkeiten von Mischkulturen im Gemüsebau <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Wissenschaftliche Belege zur Wirtschaftlichkeit von Mischkulturen 2.2. Faktoren für erfolgreiche Mischkulturen 2.3. Kulturtechnisches Porträt (Zucker-)Mais in Monokultur 2.4. Anbautechniken von (Zucker-)Mais in Mischkultur 2.5. Portrait Stangenbohnen als Einzel- oder Mischkultur 2.6. Fazit der Literaturrecherche für den Anbauversuch einer Mischkultur von Stangenbohnen und Zuckermais 3. Material und Methoden <ol style="list-style-type: none"> 3.1. Versuchsaufbau 3.2. Messmethoden im Feld <ol style="list-style-type: none"> 3.2.1. Ertrag 3.2.2. Qualität 3.2.3. Auftreten von Pflanzenschadorganismen 3.2.4. Beurteilung der Wirtschaftlichkeit 3.3. Nährstoffanalysen 4. Resultate <ol style="list-style-type: none"> 4.1. Ertrag 4.2. Qualität 4.3. Auftreten von Pflanzenschadorganismen 4.4. Wirtschaftlichkeit 5. Diskussion 6. Quellen <ol style="list-style-type: none"> 6.1. Literaturverzeichnis 6.2. Abbildungsverzeichnis 6.3. Tabellenverzeichnis <p>Anhang</p>



Zeitplan	s. letzte Seite
Abgabetermin	Donnerstag, 23. August 2018, 12.00 Uhr
Abgabeform	Digital über Compliesis
Bemerkungen (z.B. Budgetplan)	<p>Personal*:</p> <p>Material:</p> <p>Finanzen: <input type="checkbox"/> Nein (es werden keine Kosten entstehen) <input checked="" type="checkbox"/> Ja (gemäss Ressourcenplan)</p> <p>Versuchsflächen*: Parzelle zwischen Weg zum Wald und Weg zu KoGä. Pro Versuchsfläche länge 3-5 Meter, 30cm Weg zwischen Parzellen und Randkultur in Beetbreite.</p>
Arbeitsort	ZHAW Wädenswil
8 Unterschrift KorrektorIn 1 Ort, Datum	9 Unterschrift KorrektorIn 2 Ort, Datum
10 Unterschrift StudentIn Ort, Datum	11

Plagiate verstoßen gegen die Urheberrechte, eine Verletzung dieser Rechte wird gemäss der Studien- und Prüfungsordnung für die Bachelorstudiengänge der Hochschule Wädenswil vom 01.09.2006 in § 38, 39 geregelt

Anhang 2: Kulturjournal

Datum	Bemerkungen
26.04.2018	Bohnen und Mais sind gut gekeimt.
01.05.2018	Alles ok, Jungpflanzen Mais gedüngt um Vorsprung zu erhöhen
16.05.2018	Gesunde Pflanzen, Bohnen und Mais etwa gleich hoch
17.05.2018	Ok, keine Blattläuse
23.05.2018	Gesunde Pflanzen, Bohnen etwas gelblich, Mais ok. Bohnen machen noch keine Seitentriebe. Keine Blattläuse
24.05.2018	Keine Blattläuse, sonst wie 23.05.2018
29.05.2018	Blattläuse auf Bohnen, Mais ok. Bohnen haben immer noch keine Seitentriebe.
30.05.2018	Genereller Eindruck ok. Bohnen haben noch keine Seitentriebe. Gefundene Schädlinge: Kartoffelblattlaus, Schwarze Blattlaus, Thripse, Friedfliegen.
04.06.2018	Einzelne Bohnen haben noch Läuse (Vor allem Waldseite, Bohne Monokultur). Mais sieht gut aus, einzelne Tripse sichtbar.
06.06.2018	Leichter Hagelschaden durch Gewitter am Abend vom 4.4.2018. Einzelne Stangenbohnen sind noch immer von Läusen befallen. Ansonsten Zustand gut
11.06.2018	Kletterranken für Bohnen fallen immer wieder um (sehr viele Gewitter), Stangenbohnen haben Blattschäden durch Regen und Mais steht schief. Ansonsten keine Verfärbungen der Blätter oder übermässige Schädlinge gesehen.
15.06.2018	Einzelne Pflanzen gejätet, nur noch sehr wenige Läuse, keine Schäden für Pflanzen
16.06.2018	Zwischenbonitur, immer noch Hagelschäden an Pflanzen.
19.06.2018	Zustand gut
23.06.2018	Zustand gut. Wüchsiges Wetter
25.06.2018	Zustand gut. Mais blüht, einzelne Bohnen haben schön angesetzt.
29.06.2018	Zustand gut
02.07.2018	Ernte der Bohnen. Zustand Pflanzen gut. Einzelne Läusepopulationen vorhanden
06.07.2018	Einzelne Maispflanzen durch Gewitter umgeknickt, sonst sehr gut.
11.07.2018	Zustand gut, Reife Mais schreitet voran
13.07.2018	Einzelne Bohnenpflanzen zeigen Nährstoffmangel → Aufgehellte Blätter
14.07.2018	Ernte Stangenbohnen
17.07.2018	Mangelerscheinungen Stangenbohnen, ansonsten ok. Zuckermais reift langsam komplett ab.

Anhang 3: Statistische Auswertungen mit R (siehe separates Dokument)

Anhang 4: Gesammelte Daten (siehe Exceldokument)