



Operationelle Gruppe: Soja on top

Abschlussbericht: Anbau von Soja ohne Flächenkonkurrenz durch Misanbau in Weizen und Silomais

Dr. Konstantin Becker, Justus Liebig Universität Giessen
Meike Oltmanns, Forschungsring e.V.

Datum: 11.03.2022



Europäischer Landwirtschaftsfonds für
die Entwicklung des ländlichen Raums:
Hier investiert Europa
in die ländlichen Gebiete.



Hessen nimmt an der
Europäischen Innovations-
partnerschaft (EIP) teil.



Impressum

Hauptverantwortlicher der OG

Justus Liebig Universität Giessen
Dr. Konstantin Becker
Karl-Glöckner Straße 21 C
35394 Gießen
0641 99 37732
Konstantin.becker@agrار.uni-giessen.de

Für die Förderung zuständige ELER-Verwaltungsbehörde:

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz
- ELER-Verwaltungsbehörde -
Referat VII 6
Mainzer Straße 80
65189 Wiesbaden
E-Mail: eler@umwelt.hessen.de
Internet: www.eler.hessen.de

Bildnachweise:

Meike Oltmanns

Inhalt

1	Vorhabenplanung.....	1
1.1	Erläuterung der Situation zu Vorhabenbeginn.....	1
1.2	Aufgabenstellung und Zielformulierung des Vorhabens.....	1
1.3	Arbeitsplan	2
2	Verlauf des Vorhabens	5
3	Ergebnisse und Zielerreichung	9
3.1	Haupt- und Nebenergebnisse des Vorhabens.....	9
3.1.1	Ergebnisse aus dem Exaktversuch Gladbacherhof 2018 bis 2021	9
3.1.2	Erträge Weizen und Soja 2018	9
3.1.3	Erträge Weizen und Soja 2019	11
3.1.4	Erträge Weizen und Soja 2020	14
3.1.5	Erträge Weizen, Gerste und Mischungspartner Soja, Kichererbse, Hirse 2021.....	16
3.1.6	Qualitäten Winterweizen und Soja bei bei Mischkultur	17
3.1.7	Lichtsituation beim Mischanbau von Weizen und Soja	19
3.1.8	Anbau von Weizen und Soja auf den Praxisbetrieben	20
3.1.9	Fazit Mischkultur Weizen und Sojabohne	22
3.1.10	Erträge Silomais und Soja 2018 bis 2021.....	23
3.1.11	Fazit Mischkultur Mais und Sojabohne	27
3.2	Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen.....	27
3.3	Erreichung der Ziele des Vorhabens.....	28
4	Ergebnisverwertung, Kommunikation und Verstetigung.....	28
4.1	Nutzen der Ergebnisse für die Praxis.....	28
4.2	(Geplante) Verwertung/Verbreitung und Nutzung der Ergebnisse	28
4.3	Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit	30
5	Zusammenarbeit in der Operationellen Gruppe (OG)	30
5.1	Gestaltung der Zusammenarbeit.....	30
5.2	Mehrwert des Formats einer OG	31
5.3	Weitere Zusammenarbeit	32
6	Verwendung der Zuwendung.....	32
7	Schlussfolgerungen und Ausblick	32
8	Literaturverzeichnis.....	33

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Verteilung der Partnerbetriebe in Hessen	4
Abbildung 2: Weizen mit unterschiedlichen Reihenabständen zur Sojasaat.....	6
Abbildung 3: Sommerweizen Saludo & Sojasorte Obelix, 50 cm Reihenabstand, Gladbacherhof 19.06.2019.....	6
Abbildung 4: Sommerweizen Saludo & Sojasorte Obelix, 75 cm Reihenabstand, Gladbacherhof 19.06.2019.....	6
Abbildung 5: Mais und Soja 2019.....	7
Abbildung 6: Mais und Soja; Gladbacherhof Praxisversuch 12.08.2021.....	8
Abbildung 7: Mais Reinsaat, stärker verunkrautet; Gladbacherhof Praxisversuch 12.08.2021	8
Abbildung 8: Bodenfeuchte in bewässert und unbewässert in unterschiedlichen Varianten zu Beginn und Ende des Beregnungszeitraums, 0-60 cm Bodentiefe	13
Abbildung 9: Rohproteinkonzentrationen verschiedener Winterweizensorten und Anbauverfahren, Gladbacherhof 2018.....	18
Abbildung 10: Einfluss der Reihenweite im Relay Cropping Winterweizen/Soja auf den Rohproteingehalt von Soja.....	18
Abbildung 11: Relative Lichtsituation in den unterschiedlichen Varianten gegenüber den Sojavarianten in Reinsaat im Durchschnitt über die gemeinsame Vegetationszeit (Saat Soja bis Ernte Weizen), Gladbacherhof 2019.....	19
Abbildung 12: Hacken und Säen in einem Arbeitsgang. Die Hackschare beseitigen das Unkraut zwischen den Weizenreihen, durch den Saatkanal wird das Sojasaatgut exakt auf die gewünschte Tiefe abgelegt.....	20
Abbildung 13: Das FlexxiSelect™ Relay Intercropping Harvest System™, ermöglichte einen tiefen Schnitt des Weizenhalmes, ohne die Sojabohne zu beschädigen.....	21
Abbildung 14: Ertrag von Silomais in Reinsaat und Ertrag von Mais in Mischkultur mit Soja und Stangenbohne, Gladbacherhof 2018.....	24
Abbildung 15: Ertrag von Silomais in Reinsaat und Ertrag von Mais in Mischkultur mit Soja und Stangenbohne, Gladbacherhof 2019.....	24
Abbildung 16: Ertrag von Silomais in Reinsaat und Ertrag von Mais in Mischkultur mit Soja bei verschiedener Saattechnik, Rauischholzhausen 2019	25
Abbildung 17: Ertrag von Silomais in Reinsaat und Ertrag von Mais in Mischkultur mit Soja (Ausfall durch Wildschaden), Gilserberg 2019	25
Abbildung 18: Ertrag von Silomais in Reinsaat und Ertrag von Mais in Mischkultur mit Soja, Gladbacherhof 2020.....	26
Abbildung 19: Ertrag von Silomais in Reinsaat und Ertrag von Mais in Mischkultur mit Soja, Gladbacherhof 2021.....	26
Abbildung 20: Rohproteinkonzentration von Mais in Reinsaat und der Mischkultur Mais+Soja, Gladbacherhof.....	27
Tabelle 1: Arbeitspakete und Arbeitsbeiträge der einzelnen Mitglieder der OG	3
Tabelle 2: Innovationsbetriebe	4
Tabelle 3: Zeitlicher Ablauf des Projektes	5
Tabelle 4: Saatstärken und –termine von Weizen (Winter- und Sommerweizen) und Soja bei verschiedenen Anbauverfahren in den Jahren 2018 bis 2021, Exaktversuch Gladbacherhof.....	9
Tabelle 5: Kornerträge des Weizens (86 % TS) und der Sojabohnen (91 % TS) in Reinkultur und Mischkultur 2018.....	10

Tabelle 6: Kornerträge des Weizens (86 % TS) und der Sojabohnen (91 % TS) in Reinkultur und Mischkultur 2019.....	12
Tabelle 7: Kornerträge des Winterweizens und der Sojabohnen in Reinkultur und Mischkultur 2020	14
Tabelle 8: Kornerträge des Wechselweizens und der Sojabohnen in Reinkultur und Mischkultur 2020	15
Tabelle 9: Kornerträge der Hauptkulturen und der Anbaupartner 2021 (86 % TS, Soja 91 % TS).....	16
Tabelle 10: Auflistung der wichtigsten Positionen (Gesamtausgaben, förderfähige Ausgaben und Zuwendung).....	32

Zusammenfassung / Abstract

Ziel war es, ein Anbausystem für Soja in Hessen zu entwickeln, das die Anbausicherheit für Soja erhöht und dabei keine Flächenkonkurrenz zu gängigen Marktkulturen erzeugt. Gleichzeitig sollte die Biodiversität auf den Anbauflächen gesteigert und die Bodenbedeckung verlängert werden.

Getestet wurde das Relay Cropping System, bei diesem System wird eine zweite Kultur in eine bereits etablierte Kultur gesät. Die Versuche konzentrierten sich auf den Mischanbau von Soja („on top“) in Weizen und Silomais. Der Weizen wird dafür im Anbauverfahren „Weite Reihe“ kultiviert. Die Sojabohnen können dadurch Ende April in den wachsenden Weizenbestand eingesät werden. Nach der Weizenernte können sich die Sojapflanzen noch ca. acht Wochen weiterentwickeln, bevor sie mit einem zweiten Mähdrusch abgeerntet werden. Soja in Mischkultur mit Mais unterscheidet sich im Aussaatzeitpunkt, aber nicht im Erntezeitpunkt.

Die Untersuchungen zum gemeinsamen Anbau von Weizen und Soja in Hessen zeigten, dass das Relay Cropping System „Soja on top“ nicht für die hiesige Praxis zu empfehlen ist.

Die Versuche mit Soja und Mais zeigten dagegen, dass es möglich ist, diese beiden Kulturen in Mischung anzubauen, ohne den Maisertrag negativ zu beeinflussen. In einigen Fällen konnte ein Mehrertrag vom Mais beobachtet werden, wenn Soja als Gemengepartner angebaut wurde. Der Proteingehalt im Erntegut verbesserte sich entsprechend dem geernteten Anteil von Soja im Gemenge.

The aim was to develop a cultivation system for soybeans in Hesse that increases the cultivation security for soybeans and at the same time does not create competition for land with common market crops. At the same time, biodiversity on the cultivated land should be increased and soil cover extended.

The relay cropping system was tested, in this system, a second crop is sown into an already established crop. The trials focused on the mixed cultivation of soya ("on top") in wheat and silage maize. For this purpose, the wheat is grown in the "wide row" cultivation method. The soybeans can therefore be sown into the growing wheat crop at the end of April. After the wheat harvest, the soybeans can continue to develop for about eight weeks before they are harvested. Soybeans in mixed cropping with maize differs in sowing time, but not in harvesting time.

The investigations into the combined cultivation of wheat and soybeans in Hesse showed that the relay cropping system "soya on top" cannot be recommended for the local practice. The trials with soybeans and maize, on the other hand, showed that it is possible to grow these two crops in a mixture without negatively affecting the maize yield. In some cases, an increase in maize yield was observed when soybeans was grown as a mixture partner. The protein content in the harvested crop improved according to the harvested proportion of soya in the mixture.

1 Vorhabenplanung

1.1 Erläuterung der Situation zu Vorhabenbeginn

Ein regionaler Anbau von Soja erfolgt in Deutschland auf nur vergleichsweise geringer Fläche. In Hessen betrug 2016 der Anbau ca. 500 ha, darunter lediglich rund 25 ha auf ökologisch bewirtschafteten Flächen (WIRZ & KASPERCZYK 2016). Als Zielgröße für den hessischen Sojabedarf wird von entsprechenden Stellen eine Fläche von 5000 ha angegeben, was eine Verzehnfachung des Anbauumfanges in Hessen bedeuten würde (FAZ vom 18.06.2015). Für eine Ausweitung des regionalen Sojaanbaues spricht auch ein Anpassungsbedarf der Landwirtschaft an den in den letzten Jahren zu beobachtenden Anstieg der mittleren Jahrestemperaturen mit angepassten Kulturarten.

Gegen eine Ausweitung des regionalen Sojaanbaus und den damit verbundenen Möglichkeiten der regionalen Wertschöpfung spricht in erster Linie das reelle Risiko bei einem Sojaanbau, wenig oder gar nichts zu ernten. Vogelfraß an den Keimblättern, die geringe Konkurrenzkraft gegen Unkraut insbesondere während der Jugendentwicklung, eine mangelnde Wasserversorgung nach der Blüte und die späte Abreife im Herbst sind die Hauptprobleme, die beim Anbau von Soja auftreten können (PAFFRATH et al. 2002, und FISCHL et al. 2011). Aus diesen Gründen setzen heimische Landwirte lieber auf altbewährte „sichere“ Kulturen wie Getreide oder gängige Körnerleguminosen, z.B. Ackerbohnen oder Erbsen.

Zum anderen würde aufgrund knapper Fläche eine spürbare Ausweitung der Sojaanbaufläche eine entsprechende Reduktion des Anbauumfangs anderer Kulturen bedeuten, was im Endeffekt zu negativen Auswirkungen in anderen Produktionsbereichen führen würde.

Um eine Wertschöpfungskette mit regionaler Soja in Hessen aufbauen zu können, war und ist es dringend notwendig, den Anbauumfang von Soja in Hessen auszubauen (Ergebnis aus dem 4. Workshop des EIP Vorhabens HEFU 2017-04-25, TRIESCHMANN 2017). Aus diesem Grunde schloss sich die Operationelle Gruppe „Soja on top“ zusammen, die sich zum Ziel gesetzt hatte, ein System zur Produktion von Sojaprotein zu entwickeln ohne eine Flächenkonkurrenz zu gängigen Marktkulturen zu erzeugen. Erreicht werden sollte dies durch eine effiziente Ausnutzung der Wachstumsressourcen (HAUGGAARD-NIELSEN et al., 2001a) und eine weitreichende Nutzung des Vegetationszeitraums durch das innovative Anbausystem.

Die Grundlage für Marktfruchtbetriebe sollte der Anbau von Winterweizen sein, welcher mit einem erweiterten Reihenabstand angebaut wird, der eine Einsaat von Sojabohnen (Nutzung des Kornes der Sojabohne für die menschliche Ernährung und zu Fütterungszwecken) in einen bestehenden Weizenbestand Ende April / Anfang Mai ermöglicht (Relay Cropping System). Von der Aussaat des Winterweizens bis zur Ernte der Sojabohne wird eine Fläche von Oktober bis September des Folgejahres nahezu über ein ganzes Jahr genutzt.

Futterbaubetriebe sollten Soja in Ihren Anbau integrieren, indem sie Soja nach dem letzten Pflegegang zwischen Silomaisreihen säen und damit die Proteinkomponente in der Fütterung stärken. Die Ernte der Sojabohnenpflanzen sollte in diesem Verfahren zusammen mit dem Mais als Ganzpflanze erfolgen.

1.2 Aufgabenstellung und Zielformulierung des Vorhabens

Ziel des Projektes war, ein System für den regionalen Sojaanbau zu entwickeln ohne einen zusätzlichen Flächenbedarf bei einer gleichzeitigen Erhöhung der Biodiversität.

Als wichtigste Punkte sollten im Rahmen des Projektes bearbeitet werden:

- Aussagen zu geeigneten Reihenweiten
- Aussagen zu geeigneten Sortentypen der Gemengepartner
- Fragen zu landtechnischen Notwendigkeiten und Modifikationen an bestehender Technik

Überprüft werden sollten dabei die folgenden Hypothesen:

- Die Qualität von Winterweizenkorn wird im Relay Cropping System mit Soja im Vergleich zum betriebsüblichen Weizenanbau nicht negativ beeinflusst.
- Der Rohproteingehalt der Sojabohnen wird im Relay Cropping System mit Winterweizen nicht negativ beeinflusst.
- Der Ertrag von Winterweizen und Soja im Relay Cropping System wird nur in geringem Maße beeinflusst.
- Gesamtertrag und Wertschöpfung des Systems Relay Cropping von Weizen und Soja übertreffen Gesamtertrag und Wertschöpfung in der jeweiligen Reinkultur (relative yield total $RYT > 1$).
- Der relative Totalertrag in Mischkultursystemen von Mais und Soja liegt über dem Ertrag der Reinsaaten ($RYT > 1$).
- Die Qualität des Häckselgutes hinsichtlich Proteingehalt wird durch Mischkulturen von Mais und Soja gegenüber den Reinsaaten der Kulturen gesteigert.

1.3 Arbeitsplan

Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die Arbeitspakete sowie die Arbeitsbeiträge der einzelnen Mitglieder der OG-Soja on top.

Als Grundlage für die Durchführung der Versuche dienten die beteiligten Praxisstandorte (Tabelle 2, Abbildung 1) sowie der Lehr- und Versuchsbetrieb Gladbacherhof der JLU-Gießen, auf dessen Flächen ein Exaktversuch durchgeführt wurde. Bonituren, Messungen und Ertragserhebungen wurden durch die JLU-Gießen durchgeführt, die Analytik des Erntegutes durch den Forschungsring Darmstadt.

Tabelle 1: Arbeitspakete und Arbeitsbeiträge der einzelnen Mitglieder der OG

Aufgabe	Partner
Koordination der OG	JLU Gießen
AP 1 / Wissenschaftliche Begleitung	
Planung und operatives Controlling Exaktversuch Gladbacherhof	JLU Gießen
Techn. Durchführung Exaktversuch Gladbacherhof	JLU Gießen
Planung und operatives Controlling Praxisversuche	JLU Gießen
Techn. Durchführung der Praxisversuche	Landwirtschaftliche Betriebe
Probennahme und -aufbereitung in Exaktversuch und Praxisversuchen	JLU Gießen
Bonituren und Erfassung Ertragsparameter in Exaktversuch und Praxisversuchen	JLU Gießen
Laboranalytik Qualitätsparameter Weizen, Soja, Mais in allen Versuchen	Forschungsring e.V.
Auswertung Anbau- und Ertragsparameter	JLU Gießen
Auswertung Qualitätsparameter	Forschungsring e.V.
AP 2 / Praxis	
Umsetzung Praxisversuche einschl. Erprobung technischer Lösungen / ökol. Bedingungen	Landwirtschaftliche Betriebe
Umsetzung Praxisversuche einschl. Erprobung technischer Lösungen / konv. Bedingungen	Landwirtschaftliche Betriebe
Formulierung von Anpassungs- und Entwicklungsbedarf in der Landtechnik	Landwirtschaftliche Betriebe
AP 3 / Sorten	
Sortenscreening, -beurteilung, -empfehlungen Weizen	Forschung & Züchtung Dottenfelderhof
Sortenscreening, -beurteilung, -empfehlungen Soja	Taifung
AP 4 / Kommunikation	
Erstellung und Pflege Projekthomepage	Forschungsring e.V.
Organisation und Durchführung von insges. 9 Arbeitstreffen der OG	Forschungsring e.V.
Organisation und Durchführung von insges. 3 Praxisveranstaltungen	Forschungsring e.V.
Koordination der Erstellung von Publikationen für Praxismedien	Forschungsring e.V.
Koordination der wiss. Publikation der Ergebnisse am Projektende	Forschungsring e.V.

Tabelle 2: Innovationsbetriebe

Rolle im Projekt	Name	Maßnahme
Marktfruchtbetrieb ökologisch	Christoph Förster, Domäne Marienborn	Weizen und Soja
Marktfruchtbetrieb ökologisch	Götz Wollinsky, Pappelhof	Weizen und Soja
Marktfruchtbetrieb ökologisch	Thorsten Gath, Hirschburger Hof	Weizen und Soja
Gemischtbetrieb ökologisch	Versuchsbetrieb Gladbacherhof	Weizen und Soja, Mais und Soja
Futterbaubetrieb ökologisch	Karl-Heinrich und Lucas Kohl, Gilserberg	Mais und Soja
Gemischbetrieb konventionell	Versuchsbetrieb Rauschholzhausen	Weizen und Soja, Mais und Soja

Die sechs Innovationsbetriebe, die Projektpartner im EIP-AGRI Projekt Soja on top waren, lagen alle in Hessen und wirtschafteten ökologisch oder konventionell.

Die nachfolgende Abbildung 1 gibt einen Überblick über die räumliche Verteilung der einzelnen Innovationsbetriebe in Hessen.



Abbildung 1: Verteilung der Partnerbetriebe in Hessen

2 Verlauf des Vorhabens

Das Projekt begann Ende 2017 mit der Aussaat von Winterweizen auf den landwirtschaftlichen Betrieben der Praxispartner und auf der Versuchsstation Gladbacherhof. Der zeitliche Ablauf des Projektes ist in der folgenden Tabelle abgebildet (Tab. 3).

Tabelle 3: Zeitlicher Ablauf des Projektes

DATUM	Abschluss
Dez. 17	Projektanfang
Aug. 18	Weizenernte 6 Sorten Winterweizen
Sep. 18	Sojaernte, Ernte Mais/Soja
Aug. 19	Weizenernte 3 Sorten Winterweizen, eine Sorte Sommerweizen
Sep. 19	Sojaernte, Ernte Mais/Soja
Aug. 20	Weizenernte Sommerweizen
Sep. 20	Sojaernte, Ernte Mais/Soja
Aug. 21	Weizenernte Sommerweizen
Sep. 21	Sojaernte, Ernte Mais/Soja
Dez. 21	Abschlussbericht, Videoerstellung, Projektende

Erstes Versuchsjahr Ernte 2018

Auf der Versuchsstation Gladbacherhof wurden entsprechend dem Vorhabenplan sechs verschiedene Weizensorten mit unterschiedlichen Reihenabständen gesät. Die Soja wurde im folgendem Frühjahr 2018 im Relay Cropping Verfahren in die Weizenbestände eingebracht (Abb. 2). Ebenso im Frühjahr 2018 wurde der Silomais ausgesät mit der anschließenden Einsaat der Sojabohnen.

Zweites Versuchsjahr Ernte 2019

Aufgrund der Erfahrungen aus dem von großer Hitze und Trockenheit geprägten Erntejahr 2018 wurde abweichend von der ursprünglichen Planung das Versuchsdesign für das Erntejahr 2019 angepasst.

In dem Exaktversuch auf dem Gladbacherhof wurden die drei besseren Winterweizensorten aus 2018 angebaut. Der Weizen wurde in diesem Versuchsjahr zusätzlich in einem Reihenabstand von 75 cm in Doppelreihen gesät. Außerdem wurde ein Wechselweizen, der erst im Frühjahr 2019 ausgesät wurde, mit in die Versuche aufgenommen (Abb. 3 und 4) sowie einzelne Varianten für eine Bewässerung angelegt.



Abbildung 2: Weizen mit unterschiedlichen Reihenabständen zur Sojasaat.



Abbildung 3: Sommerweizen Saludo & Sojasorte Obelix, 50 cm Reihenabstand, Gladbacherhof 19.06.2019



Abbildung 4: Sommerweizen Saludo & Sojasorte Obelix, 75 cm Reihenabstand, Gladbacherhof 19.06.2019

Die Mischkultur von Mais und Soja wurde, basierend auf den vorjährigen Erfahrungen, mit nur noch einer Variante praktiziert. Die Sojasaat erfolgte direkt, bzw. kurz nach der Saat des Maises als Einzel- oder Doppelreihe zwischen die auf 75 cm Reihenweite ausgesäten Maisreihen (Abb. 5).



Abbildung 5: Mais und Soja 2019

Drittes Versuchsjahr Ernte 2020

Im dritten Versuchsjahr 2019/2020 entwickelten sich die Versuche zu „Soja on top“ mehr zu der Sommerform von Weizen hin. Es wurden sechs Relay Cropping Systeme mit Winterweizen angebaut und acht Relay Cropping Systeme mit Sommerweizen. Die Bewässerungsvarianten wurden dabei ausgeweitet, so dass jedes Relay Cropping System auch bewässert wurde. Eine neuartige Erntetechnik, mit der die Sojapflanzen bei der Weizenernte geschützt werden können, wurde erstmals eingesetzt.

Die Mischkultur Mais/Soja wurde entsprechend dem Vorjahr durchgeführt.

Viertes Versuchsjahr Ernte 2021

In dem Projekt waren zunächst nur drei Ernten vorgesehen. Eine Verlängerung um ein Jahr wurde beantragt, da von Seiten der OG geplant war, das Relay Cropping System „Soja on top“ auf den für 2021 geplanten Ökofeldtagen einem breiten Publikum vorzustellen und diese zu diskutieren. Pandemiebedingt fanden diese Feldtage nicht statt. Alternativ wurde aus diesem Jahr ein Video angefertigt, um das System zu verbildlichen (siehe www.soja-on-top.de). Die für die Ernte 2021 angelegten Versuche waren für die Feldtage als Demonstrationsparzellen angelegt. Dabei sollte das Innovationsvorhaben Soja on top aufgrund der Ergebnisse aus den Vorjahren mit Sommerweizen als Mischungspartner dargestellt werden. Um weitere Optionen abbilden und einen Ausblick in die Zukunft geben zu können, wurde als Tastversuch besonders in Hinsicht auf Trockenperioden anstelle des Mischungspartners Weizen alternativ Sommergerste verwendet und anstelle des Mischungspartners Soja, Kichererbse bzw. Hirse.

Auch das Gemenge Mais/Soja wurde als Demonstrationsparzelle vorbereitet (Abb. 6 und 7).



Abbildung 6: Mais und Soja; Gladbacherhof Praxisversuch 12.08.2021



Abbildung 7: Mais Reinsaat, stärker verunkrautet; Gladbacherhof Praxisversuch 12.08.2021

Auf den Praxisbetrieben wurden zur Ernte 2018, 2019 und 2020 mit der Betriebstechnik Langparzellenversuche mit insgesamt 5 Varianten angelegt (Weizen und Soja).

Es wurden jeweils zwei unterschiedliche Weizensorten angebaut, der Reihenabstand betrug einheitlich 50 cm und es wird nur eine Sorte Soja ausgesät. Als Kontrollvarianten dienen die Weizenreinsaat (2x) und Sojareinsaat. Die Sortenwahl geschah im ersten Jahr nach Empfehlungen durch die LBS und die Fa. Taifun, in den Folgejahren wurden die besten Kombinationen aus dem Exaktversuch des Gladbacher-

hofes auf die Praxisschläge übertragen. Die Prüfmerkmalserfassung auf den Praxisschlägen entsprach der Prüfmerkmalserfassung in dem Exaktversuch.

3 Ergebnisse und Zielerreichung

3.1 Haupt- und Nebenergebnisse des Vorhabens

3.1.1 Ergebnisse aus dem Exaktversuch Gladbacherhof 2018 bis 2021

Eine Übersicht über Saattermine, Reihenweiten, Saatterdichten und Erntetermine von Weizen und Soja in den Jahren 2018 bis 2021 ist in Tabelle 4 gezeigt.

Tabelle 4: Saattermine und –termine von Weizen (Winter- und Sommerweizen) und Soja bei verschiedenen Anbauverfahren in den Jahren 2018 bis 2021, Exaktversuch Gladbacherhof

		Saattermine	50cm		75cm	Erntetermine
			Reinsaat Korn/m ²	Weizenreihe Korn/m ²	Weizenreihe Korn/m ²	
2018	Winterweizen	26.10.2017	350	210	140	16.07.2018
	Soja	26.04.2018	65	50	35	26.09.2018
2019	Winterweizen	Herbst 2018	400	300	225	22.06.2019
	WW DR*	Herbst 2018	X	X	225	22.06.2019
	Sommerweizen	02.04.2019	400	300	225	05.07.2019
	Soja	24.04.2019	65	50	35	24.09.2019
2020	Winterweizen	28.10.2019	400	300	225	21.07.2020
	WW DR	28.10.2019	X	340	260	21.07.2020
	Sommerweizen	27.03.2020	400	300	225	07.08.2020
	Soja	29.04.2020	65	50	35	14.09.2020
	Soja DR	29.04.2020	X	100	65	14.09.2020
2021	Sommerweizen	31.03.2021	400	X	X	12.08.2021
	SW DR	31.03.2021	X	340	X	12.08.2021
	Soja	10.05.2021	65	X	X	21.09.2021
	Soja DR	10.05.2021	X	100	X	21.09.2021
	Hirse	10.05.2021	250	X	X	13.09.2021
	Hirse DR	10.05.2021	X	325	X	13.09.2021
	Kichererbse	10.05.2021	300	X	X	21.09.2021
	Kichererbse DR	10.05.2021	X	450	X	21.09.2021

* DR Abkürzung für Doppelreihe

3.1.2 Erträge Weizen und Soja 2018

Tabelle 5 zeigt die Kornerträge des Weizens und der Sojabohnen in Reinkultur und Mischkultur sowie die Relativerträge der einzelnen Komponenten in Bezug auf die Reinsaaten und die daraus resultierenden RYT-Werte (Relative-Yield-Total) der Gemenge.

Tabelle 5: Kornerträge des Weizens (86 % TS) und der Sojabohnen (91 % TS) in Reinkultur und Mischkultur 2018

Sorte Winterweizen, Sorte Soja	Weizen Ertrag			Soja Ertrag			Relative- Yield- Total
	dt/ha	SD	Relativ- ertrag %	dt/ha	SD	Relativ- ertrag %	
Kontrolle: Reinsaaten Weizen (15 cm Reihenweite)							
Thomaro	35,2	± 1,18	100				
Philaro	29,2	± 1,36	100				
1015	37,3	± 5,79	100				
533	38,0	± 1,85	100				
Aristaro	35,1	± 3,30	100				
Bernstein	30,0	± 1,85	100				
Kontrolle: Reinsaaten Soja (37,5 cm Reihenabstand)							
Obelix				28,3	± 3,98	100	
Taifun 03				21,9	± 1,84	100	
50 cm Relay Cropping Weizen + Soja							
Thomaro + Obelix	17,8	± 4,20	50,5	2,5	± 2,35	9,0	0,6
Thomaro + Taifun 03	18,9	± 2,11	53,7	2,1	± 0,62	9,8	0,6
Philaro + Obelix	18,3	± 2,95	62,9	0,4	± 0,28	1,5	0,6
Philaro + Taifun 03	20,0	± 1,04	68,7	0,8	± 0,29	3,4	0,7
1015 + Obelix	28,1	± 2,80	75,3	0,3	± 0,26	1,2	0,8
1015 + Taifun 03	29,3	± 5,52	78,6	0,4	± 0,23	1,7	0,8
533 + Obelix	27,1	± 1,52	71,4	0,5	± 0,21	1,6	0,7
533 + Taifun 03	29,9	± 4,08	78,9	0,9	± 0,31	4,2	0,8
Aristaro + Obelix	26,2	± 3,34	74,8	1,1	± 0,78	4,0	0,8
Aristaro + Taifun 03	28,5	± 2,84	81,3	1,5	± 0,38	6,7	0,9
Bernstein + Obelix	17,7	± 1,80	58,8	1,2	± 0,43	4,3	0,6
Bernstein + Taifun 03	16,4	± 3,58	54,6	2,7	± 1,55	12,2	0,7
75 cm Relay Cropping Weizen + Soja							
Thomaro + Obelix	15,2	± 2,32	43,1	4,7	± 1,39	16,5	0,6
Thomaro + Taifun 03	13,5	± 2,29	38,2	5,0	± 1,33	22,6	0,6
Philaro + Obelix	14,8	± 4,73	50,7	3,0	± 2,83	10,5	0,6
Philaro + Taifun 03	15,1	± 1,12	51,8	2,4	± 0,82	11,1	0,6
1015 + Obelix	19,8	± 4,34	53,2	3,0	± 1,97	10,6	0,6
1015 + Taifun 03	21,5	± 5,00	57,8	2,3	± 0,43	10,6	0,7
533 + Obelix	22,9	± 0,38	60,3	1,4	± 0,55	5,0	0,7
533 + Taifun 03	20,6	± 1,31	54,1	2,4	± 0,96	10,8	0,7
Aristaro + Obelix	16,4	± 3,91	46,8	4,3	± 2,09	15,1	0,6
Aristaro + Taifun 03	23,2	± 3,85	66,2	2,8	± 3,55	12,8	0,8
Bernstein + Obelix	11,2	± 3,58	37,3	5,8	± 2,17	20,6	0,6
Bernstein + Taifun 03	12,2	± 3,88	40,6	3,8	± 2,17	17,5	0,6

Geprüft wurden fünf verschiedene Winterweizensorten bzw. Winterweizenstämme aus dem Sortiment der Züchtung Dottenfelderhof Thomaro, Philaro, 1015, 533 und Aristaro, sowie die Sorte Bernstein aus der Züchtung von Syngenta. Die Reihenweiten betragen bei Reinsaat 15 cm, bei der Mischkultur mit Soja 50 cm und 75 cm. Bei der Soja wurden die Sorten Obelix und Taifun 03 angebaut, der Reihenabstand in Reinsaat betrug 37,5 cm, bei Mischkultur mit Weizen 50 cm bzw. 75 cm.

Die Weizenerträge lagen bei den unterschiedlichen Sorten zwischen 3 und 4 t * ha⁻¹ auf einem relativ niedrigen Niveau. Bei der Soja erreichte die Sorte Obelix in Reinsaat einen Ertrag von 28,3 dt * ha⁻¹ und die Sorte Taifun 03 einen Ertrag von 21,9 dt * ha⁻¹.

Die Weizenerträge in Mischkultur waren im Vergleich zu den Reinsaaten deutlicher reduziert als erwartet. Die geringste negative Beeinflussung war bei der Sorte Aristaro bei einer Reihenweite von 50 cm in Kombination mit der Sojasorte Taifun 03 festzustellen, betrug aber immer noch rund 20 %. Bei der Reihenweite von 75 cm waren die Ertragsreduktionen noch deutlicher, sodass teilweise deutlich weniger als die Hälfte im Vergleich zur Reinsaat geerntet wurde.

Die Sojaerträge in Mischkultur lagen ebenso deutlich unter den Sojaerträgen in Reinkultur, auch der hohe Reihenabstand bei Weizen von 75 cm reichte nicht aus, um einen für die Soja ausreichenden Wachstumsraum herzustellen.

Der Gesamtertrag und die Wertschöpfung des Systems Relay Cropping von Weizen und Soja blieb in allen Varianten unter dem Gesamtertrag und Wertschöpfung in der jeweiligen Reinkultur (relative yield total RYT>1). Der beste RYT-Wert von 0,9 wurde bei der Kombination Aristaro 50 cm Reihenweite plus Sojabohne Taifun 03 gefunden. Damit zeigte sich, dass zumindest unter den Anbaubedingungen 2017/2018 das System Soja on top in keinem der praktizierten Fälle aus pflanzenbaulicher und betriebswirtschaftlicher Sicht für die Praxis empfohlen werden konnte. Als ein möglicher Grund für das Misslingen wurde die große Trockenheit in 2018 sowie verschiedene Unwetter gesehen, sodass innerhalb der OG beschlossen wurde, ein zweites Versuchsjahr mit etwas verändertem Versuchsdesign anzuschließen.

3.1.3 Erträge Weizen und Soja 2019

Zur Ernte 2019 wurden die drei Winterweizen 1015, 533 und Aristaro geprüft, sowie der Wechselweizen Saludo. Mit dem Wechselweizen sollte überprüft werden, ob sich die kürzere Vegetationszeit positiv auf die Kombination mit den Sojasorten Obelix und Taifun 3 auswirkt. Die Reihenweiten des Weizens in Mischkultur betrug wieder 50 cm und 75 cm, zusätzlich wurde der Weizen in Doppelreihe 75 cm angebaut. Die Sorte Aristaro, die im Vorjahr die besten Ergebnisse in Kombination mit Soja erbrachte, wurde zusätzlich noch bewässert.

Nach der Ernte des Weizens konnten keine entscheidenden Unterschiede beim Gehalt an Bodenwasser zwischen den Varianten gefunden werden. Insgesamt waren die Bodenbedingungen sehr trocken und auch die bewässerten Varianten unterschieden sich hier nicht deutlich. Die Bodenvorräte an Wasser waren aufgebraucht und konnten für die Ertragsbildung für die Soja nach der Weizenernte nicht mehr zur Verfügung stehen. Notwendig erschien daher für das Folgejahr 2020 die Installation einer durchgehenden Tröpfchenbewässerung, die in dem Exaktversuch installiert werden sollte. Es wurde deutlich, dass für Nichtberegnungsstandorte fehlende Niederschläge besonders für ein Relay Cropping System mit Weizen und Soja ein großes Problem darstellen.

Tabelle 6 zeigt die Kornerträge des Weizens und der Sojabohnen in Reinkultur und Mischkultur sowie die Relativerträge der einzelnen Komponenten in Bezug auf die Reinsaaten und die daraus resultierenden RYT-Werte (Relative-Yield-Total) der Gemenge.

Tabelle 6: Kornerträge des Weizens (86 % TS) und der Sojabohnen (91 % TS) in Reinkultur und Mischkultur 2019

2019	Weizen Ertrag			Soja Ertrag			
Sorten	dt/ha	SD	Relativ- ertrag %	dt/ha	Relativ- ertrag %	RYT	RYT bew./nicht bew.
Kontrolle: Reinsaaten Weizen 15 cm Reihenweite							
1015	38,1	± 2,27	100				
533	39,1	± 9,39	100				
Aristaro	41,1	± 1,40	100				
Aristaro bewässert	43,6	± 2,25	100				
Kontrolle: Reinsaaten Soja 37,5 cm Reihenabstand							
Obelix				37,7	100		
Obelix bewässert				40,2	100		
Taifun 03				33,9	100		
50 cm Relay Cropping Weizen + Soja							
1015 + Obelix	27,8	± 1,95	73,1	0,3	0,9	0,74	
1015 + Taifun 03	27,3	± 3,75	71,6	1,0	2,8	0,74	
533 + Obelix	29,6	± 2,95	75,7	0,5	1,4	0,77	
533 + Taifun 03	31,8	± 4,34	81,3	1,1	3,3	0,85	
Aristaro + Obelix	30,6	± 11,23	74,4	0,9	2,4	0,77	
Aristaro + Taifun 03	31,1	± 11,57	75,6	1,3	3,9	0,80	
Aristaro + Obelix bewässert	35,7	± 11,61	82,1	1,7	4,2	0,86	0,91
1015 + Obelix	19,8	± 2,11	52,1	1,3	3,5	0,56	
75 cm Relay Cropping Weizen + Soja							
1015 + Taifun 03	17,6	± 2,73	46,3	1,4	4,2	0,50	
533 + Obelix	21,6	± 1,60	55,2	1,7	4,6	0,60	
533 + Taifun 03	20,1	± 2,63	51,4	2,6	7,6	0,59	
Aristaro + Obelix	23,2	± 6,46	56,4	1,7	4,6	0,61	
Aristaro + Taifun 03	19,8	± 6,99	48,2	1,4	4,0	0,52	
Aristaro + Obelix bewässert	23,2	± 7,73	53,3	3,8	9,5	0,63	0,67
75 cm Relay Cropping Weizendoppelreihen + Soja							
1015 + Obelix	26,1	± 1,52	68,5	1,0	2,6	0,71	
1015 + Taifun 03	25,9	± 3,49	67,9	0,7	2,0	0,70	
533 + Obelix	28,3	± 3,10	72,6	1,4	3,6	0,76	
533 + Taifun 03	25,8	± 3,06	65,9	0,8	2,4	0,68	
Aristaro + Obelix	29,0	± 8,80	70,5	0,9	2,5	0,73	
Aristaro + Taifun 03	26,8	± 8,07	65,2	1,5	4,5	0,70	
Aristaro + Obelix bewässert	27,8	± 9,46	63,8	2,3	5,7	0,69	0,74
Relay Cropping Wechselweizen unterschiedliche Reihenweite + Soja							
Saludo 15cm Kontrolle	23,2	± 1,29	100				
Saludo 50cm + Obelix	16,2	± 3,50	69,9	3,2	8,5	0,78	
Saludo 75cm + Obelix	12,2	± 8,51	52,5	3,0	8,1	0,61	
Saludo 75cm DR + Obelix	15,5	± 5,57	66,6	2,3	6,1	0,73	

Das Jahr 2019 war insgesamt von noch höherer Trockenheit als das Vorjahr gekennzeichnet, sodass die erzielten niedrigen Erträge wieder in Zusammenhang mit einer Begrenzung des Wachstumsfaktors Wasser diskutiert wurden. Mit den vorgesehenen Möglichkeiten einer Bewässerung bei Aristaro konnte nicht ausreichend Wasser gegeben werden (vgl. auch Abb. 8), sodass die Ergebnisse hier nur geringe Ertragsverbesserungen zeigten.

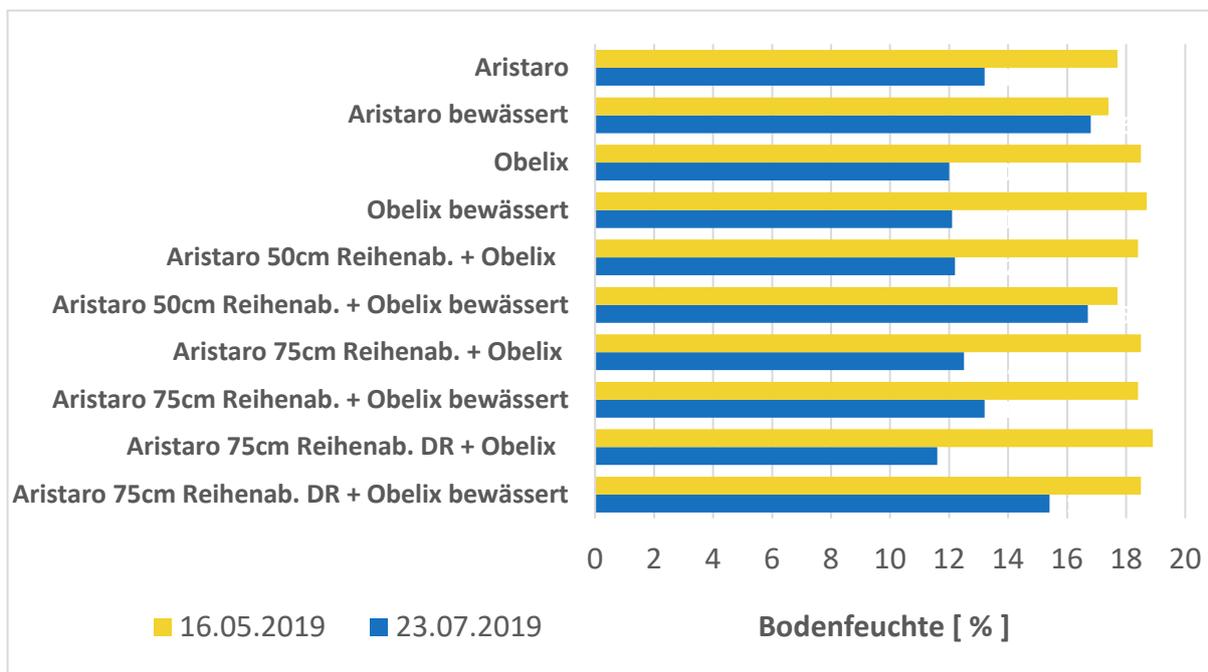


Abbildung 8: Bodenfeuchte in bewässert und unbewässert in unterschiedlichen Varianten zu Beginn und Ende des Beregnungszeitraums, 0-60 cm Bodentiefe

Insgesamt lagen die Erträge in Reinkultur über den Erträgen des Vorjahres, der Winterweizen erbrachte rund 40 dt *ha⁻¹, der Ertrag der Soja ohne Bewässerung bis zu 37,7 dt *ha⁻¹.

Der Wechselweizen Saludo fiel demgegenüber stark ab und erbrachte einen Ertrag von 23,2 dt *ha⁻¹ in Reinsaat. In der Kombination mit Soja und den damit verbundenen veränderten Reihenweiten nahm der Weizenertrag wie im Vorjahr gegenüber der Kontrolle stark ab. Ertragsminderungen von 20 % bis über 50% waren die Folge.

Die Soja in Mischkultur mit Weizen litt in diesem Jahr besonders und es wurden maximal in Kombination mit dem Wechselweizen 3 dt * ha⁻¹ erreicht.

In keinem der untersuchten Fälle wurde ein RYT-Wert nahe 1 erreicht, der beste Wert ohne Bewässerung mit 0,85 fand sich bei der Kombination des Winterweizens 533 mit der Reihenweite 50 cm und der Soja Taifun 03. Selbst wenn der Gesamtertrag der Mischung mit Bewässerung gegenüber den Reinerträgen von Weizen und Soja ohne Bewässerung herangezogen wurde, ergab sich bei der Kombination Aristaro 50 cm + Obelix nur ein RYT-Wert von 0,91.

Alles in Allem waren also auch die Ergebnisse in 2019 ernüchternd und nicht annähernd wirtschaftlich darstellbar. Gegenüber den Reinsaaten niedrige Erträge in Kombination mit dem höheren Aufwand und Kosten bei Mischkultur (doppelte Saat) konnten keine wirtschaftlichen Vorteile erbringen. Die OG beschloss dennoch in der nächsten Saison weiterzumachen, da auf eine bessere Witterung gehofft wurde und zudem eine neue Technik zur Verfügung stand, mit der auch ein niedriger Weizen so geerntet werden kann, dass die Soja nicht zu Schaden kommt. Dazu wurde das System Flexiselect angeschafft, welches beim Erntevorgang die Sojapflanzen herunterdrückt. Damit konnten weniger

konkurrenzstarke Weizensorten verwendet werden, was zusammen mit einer verbesserten Bewässerungstechnik (Tröpfchenbewässerung) und weiteren Anpassungen im Anbaudesign Erfolg bringen sollte (Tabelle 7 und Tabelle 8).

3.1.4 Erträge Weizen und Soja 2020

Die Kornerträge der Weizensorten und der Sojabohne in Reinkultur und Mischkultur sowie die Relativerträge der einzelnen Komponenten in Bezug auf die Reinsaat und die daraus resultierenden RYT-Werte (Relative-Yield-Total) der Gemenge sind in Tabelle 7 und in Tabelle 8 dargestellt.

Zur Ernte 2020 wurden nur noch die Winterweizensorte Aristaro und die Wechselweizensorte Saludo angebaut sowie bei der Soja die Sorte Obelix.

Zur Kontrolle wurden die Weizenreinsaat mit einem Reihenabstand von 15 cm gedrillt und die Soja Obelix mit einem Reihenabstand von 37,5 cm. Da der Winterweizen und der Wechselweizen voneinander räumlich getrennt angebaut wurden, wurde dementsprechend die Soja an beiden Orten in Reinsaat angebaut, um eine jeweils aussagefähige Kontrollvariante zur Verfügung zu haben. Der Winterweizen Aristaro wurde für die Kombination mit Obelix mit den Reihenabständen 50 cm und 75 cm in Doppelreihe ausgesät. In die Reihenweite 75 cm Doppelreihe wurde eine Einzelreihe Soja oder eine Doppelreihe Soja eingebracht. Alle Varianten wurden bewässert bzw. nicht bewässert.

Der Wechselweizen Saludo wurde bei Mischkultur in 50 cm Reihenweite in Einzelreihen und Doppelreihen ausgesät. Ebenso wurde die Soja Obelix in Einzel- und Doppelreihen ausgebracht. Auch hier wurden alle Varianten bewässert bzw. nicht bewässert.

Tabelle 7: Kornerträge des Winterweizens und der Sojabohnen in Reinkultur und Mischkultur 2020

2020	Weizen Ertrag			Soja Ertrag			RYT	RYT bew./nicht bew.
	dt/ ha	SD	Relativ- ertrag %	dt/ha	SD	Relativ- ertrag %		
Kontrolle: Reinsaat Weizen 15 cm Reihenweite								
Aristaro	81,1	± 7,41	100					
Aristaro bewässert	94,9	± 7,38	100					
Kontrolle: Reinsaat Soja 37,5 cm Reihenabstand								
Obelix			100	28,2	± 4,27			
Obelix bewässert			100	36,2	± 1,09			
50 cm Relay Cropping System Weizen + Soja								
Aristaro + Obelix	71,5	± 3,03	88,2	-----				
Aristaro + Obelix bewässert	70,4	± 7,75	74,2	8,4	± 0,82	23,1	0,97	1,17
75 cm Relay Cropping System Weizendoppelreihen + Soja								
Aristaro + Obelix	63,8	± 6,12	78,7	-----				
Aristaro + Obelix bewässert	65,1	± 2,31	68,5	8,1	± 1,01	22,3	0,91	1,09
75 cm Relay Cropping System Weizendoppelreihen + Sojadoppelreihe								
Aristaro + Obelix	63,2	± 3,40	78,0	-----				
Aristaro + Obelix bewässert	68,9	± 4,90	72,6	10,2	± 2,88	28,2	1,01	1,21

Tabelle 8: Kornerträge des Wechselweizens und der Sojabohnen in Reinkultur und Mischkultur 2020

2020	Wechselweizen Ertrag			Soja Ertrag			RYT	
	dt/ ha	SD	Relativ- ertrag %	dt/ha	SD	Relativ- ertrag %	RYT	R YT bew./nicht bew.
Kontrolle: Reinsaaten Wechselweizen 15 cm Reihenweite								
Saludo	43,1	± 1,64	100					
Saludo bewässert	48,1	± 8,56	100					
Kontrolle: Reinsaaten Soja 37,5 cm Reihenabstand								
Obelix			100	37,8	± 7,33			
Obelix bewässert			100	44,3	± 3,30			
50 cm Relay Cropping System Wechselweizen + Soja								
Saludo + Obelix	33,8	± 2,93	78,3	3,3	± 2,45	8,6	0,87	
Saludo + Obelix bewässert	37,8	± 2,77	78,5	12,8	± 2,12	29,0	1,08	1,22
50 cm Relay Cropping System Wechselweizendoppelreihen + Soja								
Saludo + Obelix	41,6	± 4,54	96,6	1,9	± 0,74	4,9	1,02	
Saludo + Obelix bewässert	39,9	± 5,04	82,8	10,2	± 0,50	23,1	1,06	1,20
50 cm Relay Cropping System Wechselweizen + Sojadoppelreihen								
Saludo + Obelix	37,2	± 2,67	86,3	4,2	± 4,26	11,0	0,97	
Saludo + Obelix bewässert	36,6	± 4,25	76,1	12,8	± 2,25	28,9	1,05	1,19
50 cm Relay Cropping System Wechselweizendoppelreihen + Sojadoppelreihe								
Saludo + Obelix	39,5	± 3,99	91,7	1,2	± 0,62	3,2	0,95	
Saludo + Obelix bewässert	39,6	± 3,72	82,2	11,3	± 1,90	25,5	1,08	1,22

Die Winterweizenerträge der Sorte Aristaro lagen im Jahr 2020 in Reinsaat bei 81,1 dt*ha⁻¹ (ohne Bewässerung) bzw. bei 94,9 dt *ha⁻¹ (mit Bewässerung), was unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus als sehr hoch einzustufen ist. Die Ergebnisse in den Mischkulturen zeigen, dass besonders der Sojaertrag in Winterweizen mit einer Reduktion von 80 % gegenüber der Reinsaat zurückgegangen ist. Auch bei der Reihenweite des Mischungspartners Weizen von 75 cm war es mit Bewässerung nur maximal möglich, einen Sojaertrag von 10,2 dt * ha⁻¹ zu erreichen. Der RYT-Wert lag in dieser Variante bei 1,01, bzw. 1,21, wenn die bewässerte Variante gegenüber einer üblichen, nicht-bewässerten Reinsaat gerechnet wird. Für die Praxis hat dieses erstmal positive Ergebnis aber wenig Bedeutung, da die höheren Kosten (Saat und Ernte, Bewässerung) bei Mischkultur gegenüber einer jeweiligen Reinsaat diesen kleinen Vorteil mehr als überwiegen.

Demgegenüber zeigte sich bei der Verwendung des weniger ertragreichen und konkurrenzstarken Wechselweizens Saludo ein etwas deutlicherer positiver Trend. Allerdings waren auch hier die Sojaerträge zu gering (maximal 12,8 dt * ha⁻¹ bei Doppelreihe Soja und Bewässerung), als dass die vermehrten Kosten für Saat und Ernte durch den Gesamtmehrertrag von rund 20% gegenüber den Reinsaaten ausgleichen konnte.

Die Ergebnisse aus den drei Versuchsjahren 2018, 2019 und 2020 zeigten, dass die angewandten Verfahren nicht zum Erfolg geführt haben. Dennoch zeichnete sich ab, dass in Systemen, in denen der Mischungspartner Getreide eine relativ niedrige Konkurrenzskraft aufweist, am ehesten ein positiver Effekt der Mischkultur gegenüber den Reinsaaten zu finden ist. Dieser Weg sollte weiterverfolgt werden und es war geplant, in einem weiteren Versuch zur Ernte 2021 dieses abzubilden. Die OG plante erweiterte Versuche mit besonderer Berücksichtigung von Trockenheitstoleranz mit

Sommerweizen und Sommergerste, sowie als Mischungspartner Soja, Kichererbse und Hirse, welche im Relay Cropping Verfahren angebaut werden sollten.

Diese Versuche sollten angelegt werden um sie auf den Ökofeldtagen 2021 zu präsentieren. Aufgrund der immer noch aktuellen Pandemie konnte diese Veranstaltung nicht stattfinden.

3.1.5 Erträge Weizen, Gerste und Mischungspartner Soja, Kichererbse, Hirse 2021

Tabelle 9 zeigt die Kornerträge des Jahres 2021 von Sommerweizen, Rispenhirse, Sommergerste, Soja und Kichererbse in Reinsaat und in verschiedenen Mischungen. Keine der Varianten wurde zusätzlich zu den natürlichen Niederschlagsereignissen bewässert.

Die Kichererbse zeichnet sich normalerweise durch eine hohe Toleranz gegen Trockenheit aus. Im Jahr 2020 wurden erste Demonstrationsversuche mit Kichererbse durchgeführt, unter den trockenen und heißen Bedingungen 2020 wurde ein Kornertrag ausgebildet. Da auch für das Jahr 2021 wieder Trockenheit befürchtet wurde, sollte geprüft werden, ob die Kichererbse bei Trockenstress die Sojabohne ersetzen könnte.

Das Jahr 2021 war aber eher feucht und kühl, sodass die Kichererbse keine Körner ausbildete und kein Kornertrag erhoben werden konnte.

Die Kombination von Sommerweizen und Körnerhirse zeigte, dass die Hirse bei einem gemeinsamen Anbau mit Weizen in ihrem Wachstum stark gehemmt war und keinen Ertrag ausgebildet hatte, während die Hirse in Reinsaat einen Kornertrag von 35,9 dt * ha⁻¹ bilden konnte, sodass auch diese Kombination nicht weiterverfolgt werden muss.

Tabelle 9: Kornerträge der Hauptkulturen und der Anbaupartner 2021 (86 % TS, Soja 91 % TS)

2021	Hauptkultur Ertrag			Anbaupartner Ertrag			RYT
	dt/ ha	SD	Relativ- ertrag %	dt/ha	SD	Relativ- ertrag %	
Kontrollen: Reinsaaten Sommerweizen und Soja							
Sonett 15cm	17,0	± 4,35	100				
Obelix 37,5cm				47,9	± 2,72	100	
50 cm Relay Cropping System Sommerweizendoppelreihen + Soja							
Sonett + Obelix	15,5	± 10,70	91,3	29,4	± 2,49	61,4	1,53
Kontrolle Rispenhirse Reinsaat Reihenabstand 37,5 cm							
Kornberger Mittelfrüh				35,9	± 6,86	100	
50 cm Relay Cropping System Sommerweizendoppelreihen + Rispenhirse							
Sonett + Kornberger Mittelefrüh	16,6	± 1,69	97,5	0,0	0,0	0,0	
Kontrolle Kichererbse Reinsaat Reihenabstand 37,5 cm							
Lambada				0,0	0,0	0,0	
50 cm Relay Cropping System Sommerweizendoppelreihen + Rispenhirse							
Sonett + Lambada	20,7	± 8,44	121,5	0,0	0,0	0,0	
Kontrollen: Reinsaat Sommergerste							
Leandra	16,0	± 12,40	100				
50 cm Relay Cropping System Sommergerstedoppelreihen + Soja							
Leandra + Obelix	29,3	± 15,83	182,5	28,9	± 5,68	60,4	2,43

Die kühle und feuchte Witterung im Jahr 2021 waren anscheinend auch ungünstig für das Wachstum des Sommerweizens. Es wurde ein Kornertrag bei Reinsaat von 17 dt * ha⁻¹ erzielt, was als unterdurchschnittlich anzusprechen ist. Der Sojaertrag in Reinsaat lag bei guten 47,9 dt * ha⁻¹.

Bei der Kombination von Sommerweizen und Soja wurde ein Weizenertrag von 15,5 dt * ha⁻¹ (91,3 % Relativertrag zur Reinsaat) und ein Sojaertrag von 29,4 dt * ha⁻¹ (61,4 % Relativertrag zur Reinsaat) erreicht. Der zusätzliche Sojaertrag führte zu einem RYT-Wert von 1,53, was zeigt, dass in dieser Kombination ein Vorteil des Gemenges gegenüber der Weizenreinsaat erzielt werden konnte.

Noch deutlicher zeigte sich ein Vorteil bei der Kombination von Sommergerste und Soja. Die Sommergerste profitierte im Vergleich zur Reinsaat (16 dt * ha⁻¹) von dem Mischanbau mit Soja mit einer Ertragssteigerung von 82,5 %. Der Sojaertrag in dieser Kombination lag bei 28,9 dt * ha⁻¹, was zu einem RYT-Wert von 2,43 geführt hat.

Die Ergebnisse aus dem Jahr 2021 zeigen, dass es bei entsprechender Witterung und bei geringer Konkurrenzkraft des Mischungspartners Getreide es durchaus möglich sein kann, mit einer zusätzlichen Nutzung der Fläche durch Sojaanbau ein positives Gesamtergebnis zu erzielen. Dennoch bleibt es fraglich, ob diese Ergebnisse für die Praxis nutzbar gemacht werden können.

3.1.6 Qualitäten Winterweizen und Soja bei bei Mischkultur

Die Qualitätsuntersuchungen am Winterweizenkorn 2018 haben gezeigt, dass die Rohproteinkonzentrationen bei einer Erhöhung der Reihenabstände von 15 cm (Normalsaat) auf 50 cm bzw. 75 cm ansteigen (Abb. 9). Der Anstieg der Rohproteinkonzentration war in diesem Jahr korreliert mit einer Ertragsabnahme (vgl. Tab. 5). Die Variante Aristaro+Obelix 75 cm Reihenweite hat den höchsten Rohproteinertrag gebracht (13,7%), dafür aber nur 45 % der Ertragsleistung von Aristaro in Normalsaat. Da in den Folgejahren die Ertragsleistungen weiterhin zu niedrig ausfielen um eine wirtschaftliche Alternative zu Reinsaat darstellen zu können, wird von einer weiteren Darstellung von Qualitätsuntersuchungen abgesehen.

Ebenso zeigten die Qualitätsuntersuchungen an Soja (Abb. 10), dass bei Mischkultur die Qualitäten von Soja deutlich gestiegen sind und dass auch die Qualität der Sojasorte Obelix in einen Bereich angehoben werden konnte, um für eine Verwendung für Tofu geeignet zu sein.

Allerdings bestand bei der Soja das Problem der niedrigen Erträge in der Mischkultur. Die Verbesserungen der Qualitäten konnten nicht die Nachteile der Ertragsreduktionen ausgleichen (vgl. Tab. 5).

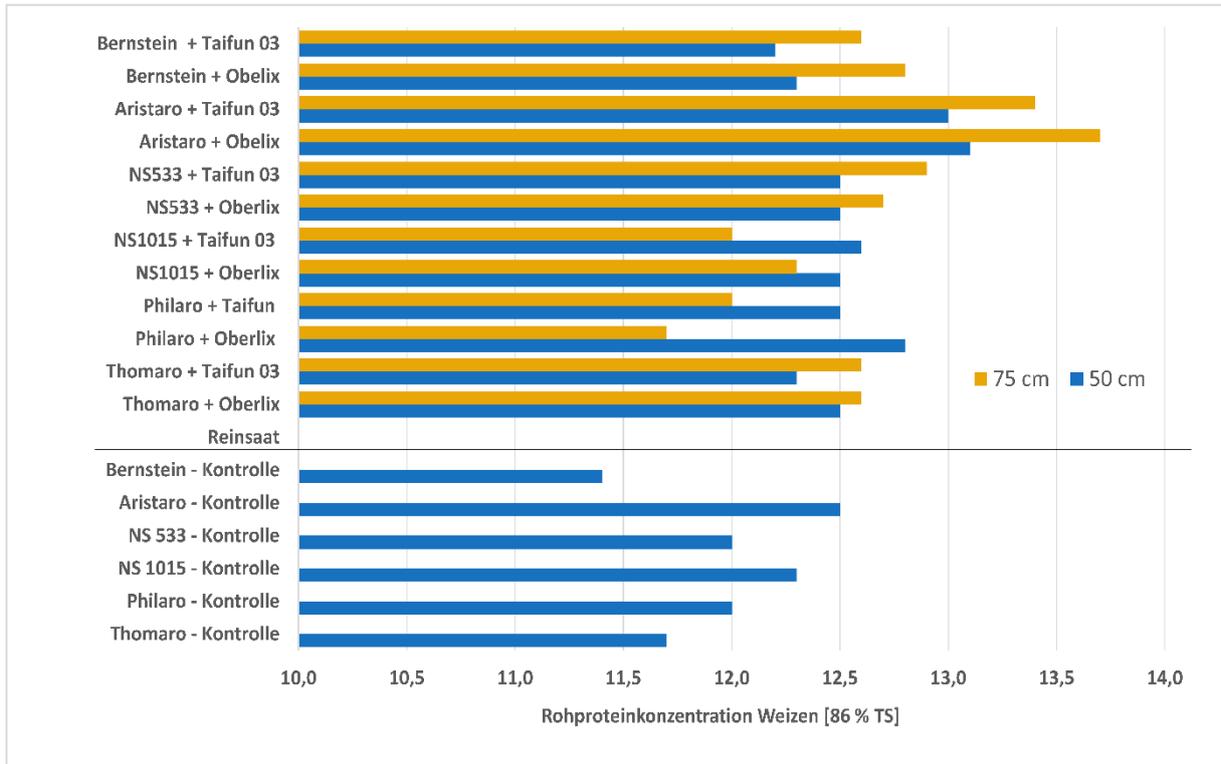


Abbildung 9: Rohproteinkonzentrationen verschiedener Winterweizensorten und Anbauverfahren, Gladbacherhof 2018

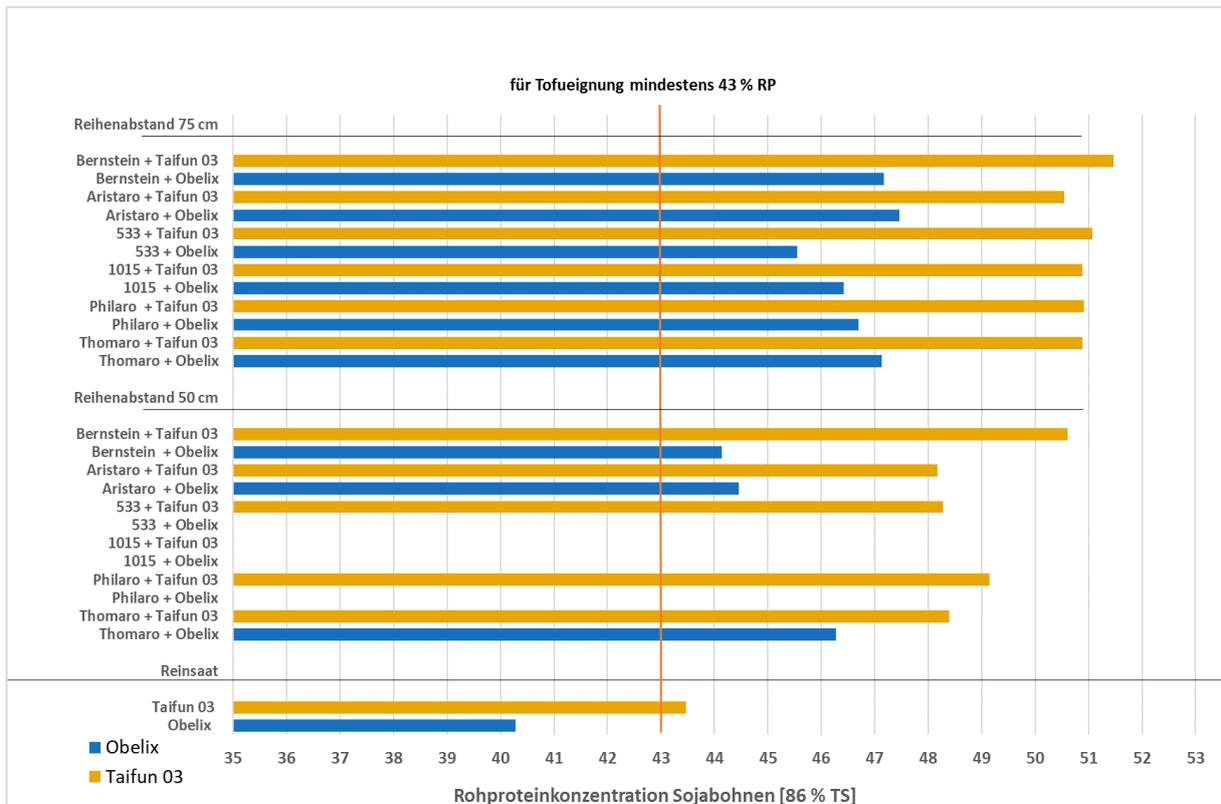


Abbildung 10: Einfluss der Reihenweite im Relay Cropping Winterweizen/Soja auf den Rohproteingehalt von Soja

3.1.7 Lichtsituation beim Misanbau von Weizen und Soja

Bei einem Misanbau verschiedener Kulturen auf einer Fläche besteht eine Konkurrenzsituation zwischen den verschiedenen Arten. Im Rahmen des Projektes wurde die Lichtsituation für die Sojapflanzen zwischen den Weizenreihen festgehalten, sowie das Bodenwasser während der Vegetation gemessen.

Abbildung 11 zeigt die Lichtintensität, die den Sojapflanzen 2019 in dem Zeitraum ab der Saat der Soja bis zur Ernte des Weizens zur Verfügung stand, im Vergleich zu den Sojapflanzen, die in Reinkultur angebaut wurden. Dazu wurden wöchentlich Messungen durchgeführt und daraus ein Durchschnitt gebildet. Es wurde deutlich, dass bei einem Anbau von Winterweizen mit einem Reihenabstand von 50 cm der Soja weniger als 50 % des fotosynthetisch aktiven Lichteinfalls zur Verfügung stand gegenüber dem Lichteinfall, welcher der Soja in Reinkultur zur Verfügung stand.

Wurde der Reihenabstand des Winterweizens auf 75 cm erhöht, erhöhte sich die Lichtintensität für die Soja auf bis zu 70 % Anteil gegenüber der Sojareinsaat. Waren die 75 cm Reihenweiten des Winterweizens als Doppelreihen ausgebracht, verminderte sich der Lichteinfall für die Soja wiederum.

Demgegenüber hatte der Sommerweizen Saludo eine geringere Konkurrenzkraft um Licht gegenüber der Soja. Weitgehend unabhängig von den Reihenabständen des Sommerweizens stand der Soja während der gemeinsamen Wachstumszeit rund 70 % der Lichtmenge zur Verfügung, die bei Sojareinsaat angekommen war. Insgesamt zeichnet sich so die bessere Eignung von Sommerweizen für das Mischkultursystem mit Soja ab.

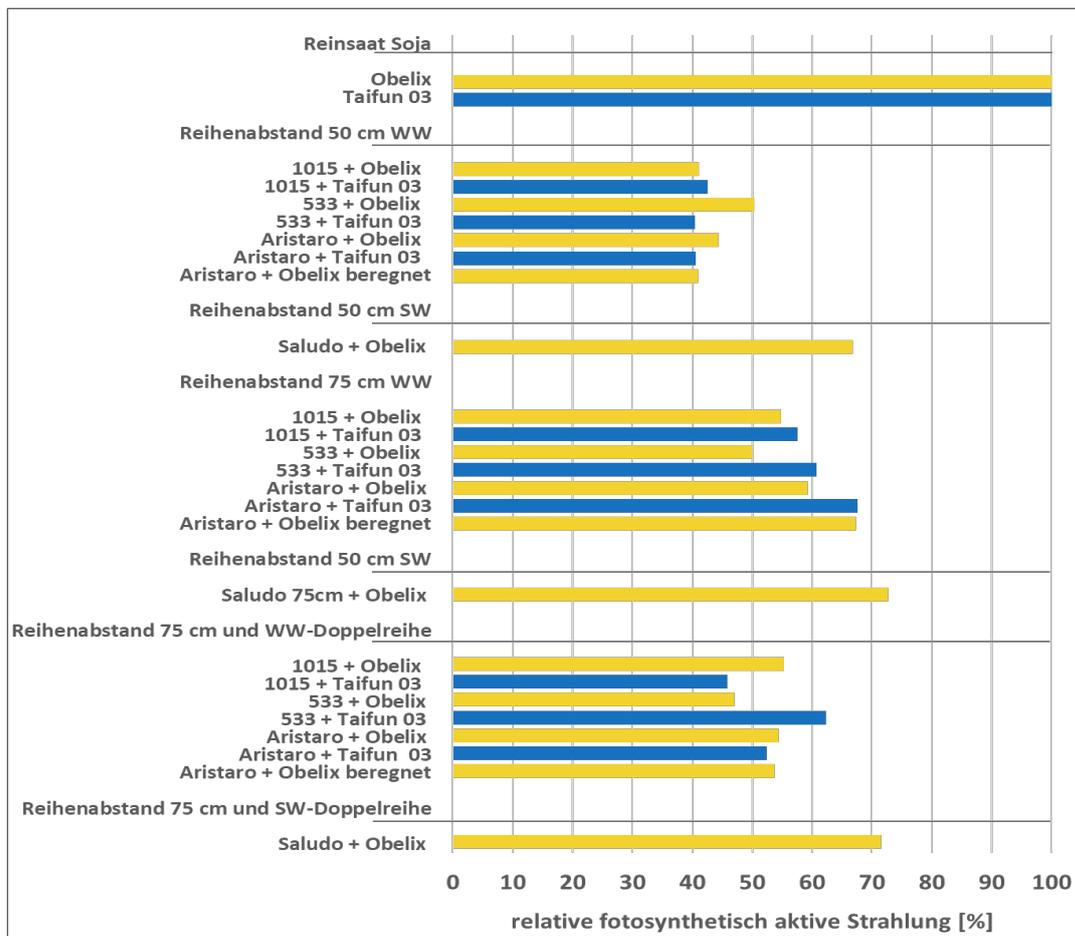


Abbildung 11: Relative Lichtsituation in den unterschiedlichen Varianten gegenüber den Sojavarianten in Reinsaat im Durchschnitt über die gemeinsame Vegetationszeit (Saat Soja bis Ernte Weizen), Gladbacherhof 2019

3.1.8 Anbau von Weizen und Soja auf den Praxisbetrieben

Auf den Praxisbetrieben konnte in keinem der Jahre zusätzlich zu dem Weizenantrag ein Sojabestand etabliert werden, der als erntewürdig eingestuft werden konnte. Die Gründe hierfür waren vielfältiger Natur. Von Seiten der Ansprüche an die Technik wurde festgestellt, dass für eine ausreichende Ablagetiefe des Sojasaatgutes hohe Anforderungen an die Saattechnik gestellt werden muss. Da der Boden zwischen den Weizenreihen nicht immer locker genug ist, war es notwendig Sämaschinen mit Scheiben- oder Meißelscharen einzusetzen, die auch bei einem festeren Boden eine Saatgutablage von mehreren Zentimetern Tiefe ermöglichen (Abb. 12). Damit konnte der Feldaufgang wesentlich verbessert werden, was eine Voraussetzung für einen erfolgreichen Anbau darstellte.



Abbildung 12: Hacken und Säen in einem Arbeitsgang. Die Hackschare beseitigen das Unkraut zwischen den Weizenreihen, durch den Saatkanal wird das Sojasaatgut exakt auf die gewünschte Tiefe abgelegt.

Große Probleme gab es mit Wildverbiss der Sojapflanzen. Insbesondere Feldhasen weideten regelrecht die Sojareihen zwischen den Weizenreihen ab. Sahen die Bestände zunächst vielversprechend aus, wurden die in die Gesamtweizenbestände flächenmäßig begrenzten Sojasaaten im Verlauf der Vegetationsperiode immer weniger. Schutzmaßnahmen waren nicht ausreichend erfolgreich um den Anbau von Soja in Mischkultur auszudehnen, das Risiko für die Betriebe war zu hoch.

Dagegen bot der Weizen einen Schutz gegen ein Picken an den Sojakeimblättern durch Tauben. Gegenüber Sojabeständen in Reinsaaten wurden deutliche Unterschiede beobachtet. Die Tauben landeten nicht in den Zwischenräumen des Weizens und richteten so auch keinen Schaden an der Soja an.

Als weitere Ursache für das Misslingen des Verfahrens wurde die unerwartet hohe Trockenheit in den Jahren 2018, 2019 und 2020 gesehen. Durch die geringen Niederschläge und die hohe Verdunstung von Bodenwasser verstärkt, konnte die Soja vor allem auf heterogenen Flächen nicht gleichmäßig auflaufen. Zudem hatte der Weizen auf den Praxisstandorten zu viel Wasser verbraucht und damit ein Wachstum der Soja nach der Weizenernte begrenzt.

Eine positive Entwicklung war die Anwendung des Systems Flexxiselect, welches zur Ernteerleichterung eingesetzt wurde (Abb. 13). Diese innovative Technik drückt während des Erntevorgangs des Weizens die Sojabohnenpflanzen in den Reihenzwischenräumen nach unten weg.



Abbildung 13: Das Flexxiselect™ Relay Intercropping Harvest System™, ermöglichte einen tiefen Schnitt des Weizenhalmes, ohne die Sojabohne zu beschädigen.

Es wurde dadurch möglich, den Weizen auch dann zu ernten, wenn die Sojapflanzen eine kritische Wuchshöhe erreicht hatten. Dies wurde als eine gute Voraussetzung gesehen für Systeme, bei denen zwei Kulturen an unterschiedlichen Ernteterminen auf der gleichen Fläche geerntet werden sollen. Aufgrund der niedrigen Sojaerträge in Mischkultur wird das Verfahren aktuell von der Praxis nicht weiterverfolgt. Die Technik steht aber für zukünftige Entwicklungen zur Verfügung.

3.1.9 Fazit Mischkultur Weizen und Sojabohne

Die Ergebnisse aus den Untersuchungen zu „Soja on top“ auf vier hessischen Praxisbetrieben und auf der Versuchsstation Gladbacherhof zeigten, dass entgegen der positiven Hinweise aus der Literatur und Praxisberichten aus den USA (<https://www.youtube.com/watch?v=IljJ9E3lsaw>), die Erwartungen an die Leistungen eines gemeinsamen Anbaus von Weizen und Soja auf der gleichen Fläche nicht erfüllt wurden.

Nach LITHOURGIDIS et al. (2011) sowie VANDERMEER (1989) ergeben sich Ertragsvorteile bei Mischkulturen gegenüber Reinsaaten, wenn die interspezifische Konkurrenz (zwischen Individuen verschiedener Arten) geringer ist als die Intraspezifische Konkurrenz (zwischen mehreren Individuen einer Art). BEDOUSSAC et al. (2015) fanden höhere und stabilere Erträge bei Mischungen von Getreide und Körnerleguminosen als bei Reinsaat, höhere Getreide-Rohproteingehalte, höhere und stabilere Einkommen, sowie eine bessere Nutzung der abiotischen Ressourcen Licht, mineralischer Stickstoff und Luftstickstoff. Besonders geeignet ist den Autoren zufolge das Gemenge für Systeme, bei dem einer der Gemeindepartner ein hohes Anbaurisiko birgt. Neben der Erwartung von Synergien wird ein eventueller Ertragsausfall durch den anderen Gemeindepartner abgemildert. Auch bei einem reduzierten Einsatz externer Betriebsmittel und einer damit verbundenen verringerten Nährstoffverfügbarkeit bietet der Mischbau Vorteile. Von höheren Erträgen durch die komplementäre Nutzung von Ressourcen, z.B. Licht, Stickstoff und Phosphor wird von verschiedenen Autoren berichtet (MORRIS & GARRITY 1993; LI et al. 2019; LI et al. 2001; ZHANG 2007).

Der Anbau von Winterweizen und Sojabohne in Mischkultur bedeutet mit der Aussaat des Winterweizens im Oktober und der Ernte der Soja im folgenden September nahezu eine Nutzung einer Fläche über 12 Monate. Dabei liegt der höchste Nährstoff- und Wasserbedarfs von Weizen zur Ertragsbildung vor dem Bedarf der Sojabohne, sodass ein gemeinsamer Anbau im Relay Cropping System naheliegt.

Relay Cropping mit einem zeitlich versetzten Anbau von Winterweizen und Sojabohne ist ein System, welches in den USA, China und Südamerika praktiziert und untersucht wurde (LI et al. 2013, CAVIGLIA et al 2011, YAN et al 2007, BROWN 1983, BROWN 1982). Die Forschungsergebnisse dieser Autoren zeigten, dass in diesem System ein hohes Potential steckt, insbesondere hinsichtlich der Anbausicherheit und der Wirtschaftlichkeit bei gleichzeitiger Erhöhung der Biodiversität.

Im Gegensatz dazu wurde unter den Bedingungen der hessischen Versuchsstandorte und der Anbaujahre 2018 bis 2020 festgestellt, dass der Ertrag von Winterweizen und Soja in Mischkultur (Relay Cropping) in hohem Maße negativ beeinflusst wurde. Der Gesamtertrag und die mögliche Wertschöpfung des Systems Relay Cropping von Winterweizen und Soja erreichten nicht den Gesamtertrag und Wertschöpfung in der jeweiligen Reinkultur (relative yield total RYT<1). Neben einer zu starken Konkurrenz um Wachstumsfaktoren zwischen den Mischungspartnern ist unter Praxisbedingungen besonders der Verbiss durch Hasen und Rehe ein sehr schwieriges Problem.

Besonders litten die Erträge der Sojabohne und das in einem Maße, dass unter Praxisbedingungen eine Ernte in keinem der Jahre und auf keinem der Standorte als sinnvoll darzustellen war.

Die Versuche zum Mischanbau von Weizen und Soja wurden 2018 mit verschiedenen Winterweizensorten gestartet, darunter auch langstrohige, um bei der Ernte des Weizens einen Wachstumsunterschied vorzufinden. Durch den Einsatz des Flexxiselect-Systems wurde es auch möglich, Weizen mit geringerer Wuchshöhe und damit geringerer Konkurrenzkraft zu verwenden. Dennoch blieben insbesondere die Sojaerträge hinter den Erwartungen zurück, sodass auch bei einem Reihenabstand des Weizens von 75 cm kein erntewürdiger Sojabestand erzielt werden konnte.

Wurde anstelle von Winterweizen Sommerweizen verwendet, konnten höhere Gesamterträge bei Mischkultur gegenüber den Reinsaaten erreicht werden. Hierüber liegen aber bisher nur Ergebnisse aus Parzellenversuchen vor, Erfahrungen aus der Praxis hierzu stehen bisher noch aus. Es zeigte sich dennoch, dass ein Potential besteht, bei einem mäßigen Getreideertrag zusätzlich Soja in Mischkultur anzubauen und damit den Gesamtertrag zu verbessern. Gute Voraussetzungen für ein Gelingen könnte ein eher ertragsschwacher Standort bei gleichzeitig guter Wasserversorgung sein. Hier wären weitere Untersuchungen notwendig.

Zum jetzigen Zeitpunkt ist das Relay Cropping Verfahren „Soja on top“ nicht für die Praxis zu empfehlen.

Praktikabel und innerhalb der OG vielfach diskutiert ist dagegen vermutlich eine Abwandlung des praktizierten Relay Cropping Systems: ein streifenweiser Anbau von Weizen und Soja, das sogenannte strip-cropping. Hier wird auf Mährescherbreite Weizen und Soja auf derselben Fläche in Streifen nebeneinander angebaut. Mit diesem System könnte eine hohe Wertschöpfung bei gleichzeitiger Erhöhung der Biodiversität erreicht werden.

3.1.10 Erträge Silomais und Soja 2018 bis 2021

Die Versuche mit Mais und Soja in Mischkultur fanden ausschließlich unter Praxisbedingungen auf den Standorten Gilserberg, Rauschholzhausen sowie auf dem Gladbacherhof statt. Die Versuchsbereiche waren in die Praxisschläge integriert und hatten einen ungefähren Umfang von jeweils 0,3 Hektar. Es wurden drei unterschiedliche Mischkulturverfahren mit Soja und Mais angebaut:

Als Kontrolle diente jeweils der betriebsüblich angebaute Mais mit einem Reihenabstand von 75 cm. Die Sojabohne wurde entweder zeitversetzt nach erfolgter erster mechanischer Unkrautregulierung zwischen die Maisreihen gesät, so dass der Abstand zwischen Mais und Soja 37,5 cm betrug (Relay Cropping, additives Gemenge 100:110), in alternierenden Reihen mit einem Reihenabstand von 75 cm zeitgleich ausgebracht (50:50, in der Reihe jeweils 100 %) oder als gemischte Saat zusammen mit dem Mais in dem üblichen Reihenabstand von 75 cm ausgebracht, so dass in jeder Reihe Mais und Soja miteinander wuchsen (substitutives Gemenge 50:50). An manchen Orten wurde auch mit Stangenbohne experimentiert, die ebenfalls in gemischter Saat ausgebracht wurde.

Das Jahr 2018 war neben hoher Trockenheit geprägt von einzelnen, sehr heftigen Unwettern, dadurch erlitten die Versuche auf jedem der drei Praxisstandorte großen Schaden. Zudem wurde auf den Standorten Gilserberg und Rauschholzhausen der Gemengepartner Soja dermaßen von Hasen verbissen, dass für 2018 nur die Daten des Gladbacherhofs für eine Ergebnisdarstellung herangezogen werden konnten (Abb. 14).

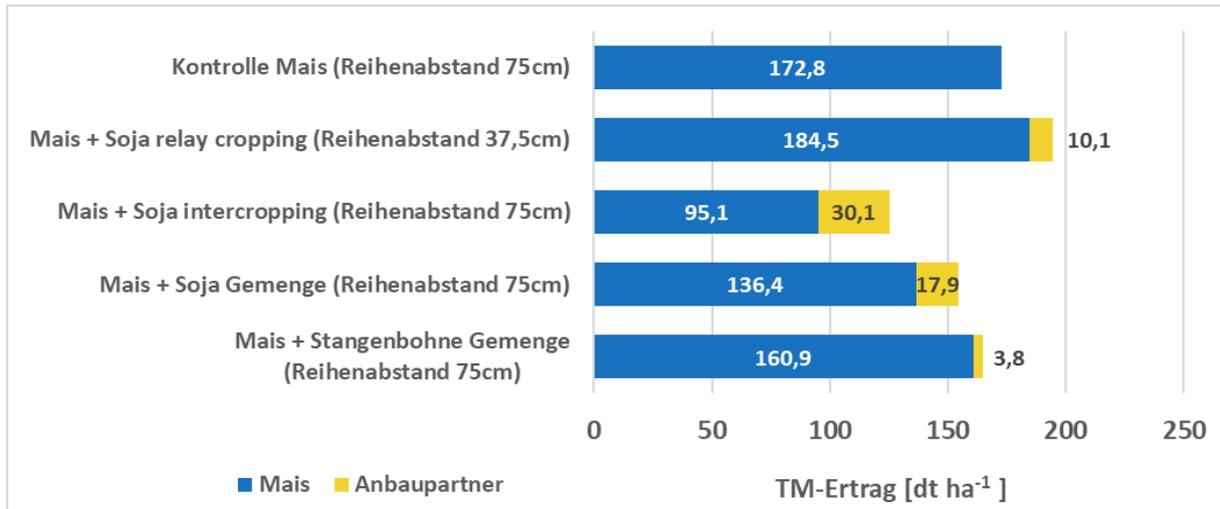


Abbildung 14: Ertrag von Silomais in Reinsaat und Ertrag von Mais in Mischkultur mit Soja und Stangenbohne, Gladbacherhof 2018

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass eine Reduktion der Maispflanzen durch Intercropping oder einen Gemengeanbau in den 75 cm Reihen mit einem Ertragsverlust des Gemengepartners Mais einherging, der nicht durch den Ertrag der Soja ausgeglichen werden konnte. Das galt auch für den Fall, dass als Gemengepartner Stangenbohne in die Maisreihen eingemischt war. Wurde dagegen Soja zwischen die 75 cm Maisreihen gesät, schien dieses einen positiven Einfluss auf den Maisertrag zu haben. Der Trockenmasseertrag des Maises fiel um ca. 12 dt * ha⁻¹ höher gegenüber dem Trockenmasseertrag von Mais in Reinkultur aus. Zusätzlich wurde ein Soja-Ganzpflanzenertrag von 10,1 dt * ha⁻¹ gebildet.

Aufgrund dieser Ergebnisse wurde in den Anbaujahren 2019 und 2020 Mais- und Sojagemenge nur noch in der Form ausgesät, dass die Soja zwischen die 75 cm Maisreihen ausgebracht wurde (Relay cropping). Um die Entwicklungsbedingungen der Sojabohne zu verbessern, wurde die Soja, anders als im Vorjahr, möglichst zeitnah nach der Maissaat ausgebracht, entweder am gleichen Tag oder einen Tag später. Die Ergebnisse auf dem Gladbacherhof zeigten auch 2019 wieder einen Maismehrertrag, wenn Soja als Gemengepartner zwischen den Reihen wuchs. Gegenüber der Kontrolle Mais 75 cm Reihenabstand wurden 20 dt * ha⁻¹ mehr Trockensubstanz Mais gebildet, zusätzlich wurden noch 21,2 dt * ha⁻¹ Sojaertrag (TS) gemessen (Abb. 15).

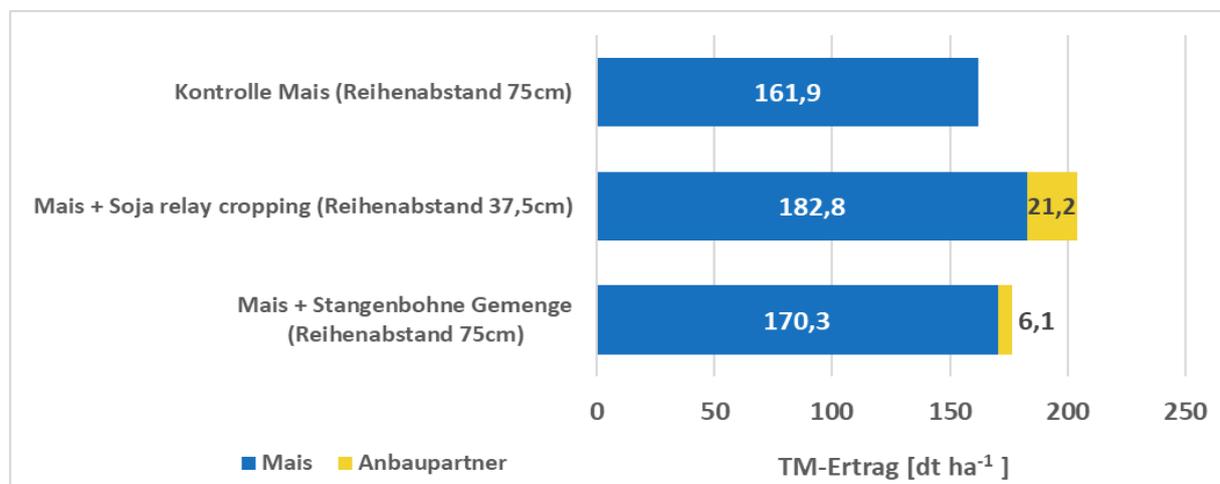


Abbildung 15: Ertrag von Silomais in Reinsaat und Ertrag von Mais in Mischkultur mit Soja und Stangenbohne, Gladbacherhof 2019

Auch der Maisertrag In Rauschholzhausen fiel 2019 höher aus, wenn zwischen den Reihen Soja ausgesät war (129 dt * ha⁻¹ TS gegenüber 120 dt * ha⁻¹ TS, Abb. 16). Der Pflanzenertrag der Soja lag bei 17 dt * ha⁻¹ TS. Zusätzlich wurde auf dem Standort versucht, die Soja in normaler Drillsaat auszubringen und anschließend in das frische Saatbett der Soja den Mais in 75 cm Reihenweite zu legen. Auch diese Verfahren brachte einen Maismehrertrag und einen zusätzlichen Sojaertrag von 25,1 dt * ha⁻¹ TS.

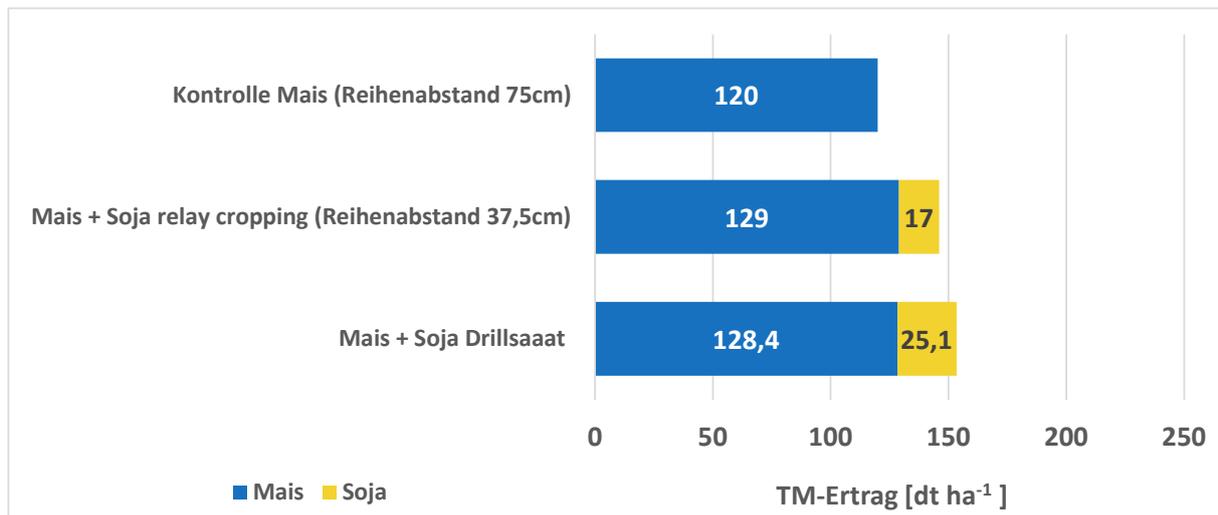


Abbildung 16: Ertrag von Silomais in Reinsaat und Ertrag von Mais in Mischkultur mit Soja bei verschiedener Saattechnik, Rauschholzhausen 2019

Dagegen fiel der Sojaertrag auf dem Weidehof (Gilserberg) wieder den Hasen zum Opfer, sodass für diesen Standort auch in diesem Jahr keine Aussage über Mischkultur Mais und Soja getroffen werden konnte (Abb. 17).

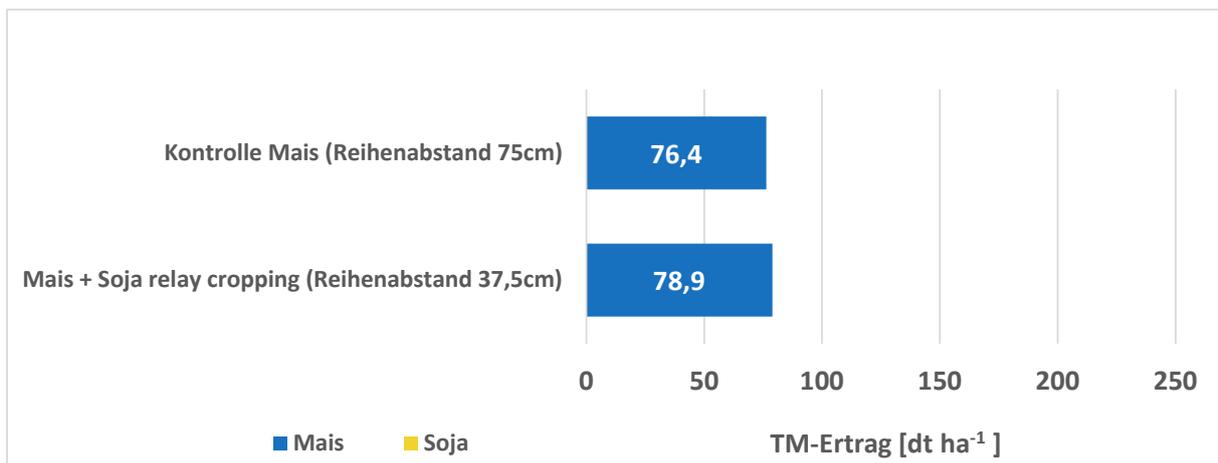


Abbildung 17: Ertrag von Silomais in Reinsaat und Ertrag von Mais in Mischkultur mit Soja (Ausfall durch Wildschaden), Gilserberg 2019

Im Anbaujahr 2020 nahm das Problem mit dem Wildschaden durch Feldhasen weiter zu, so dass wieder nur Daten über einen Mischbau von Mais und Soja vom Gladbacherhof vorlagen (Abb. 18). Die Versuchsfläche war großräumig eingezäunt, was auf den anderen Praxisstandorten (ständige Zaunkontrollle etc.) nicht wirksam realisiert werden konnte.

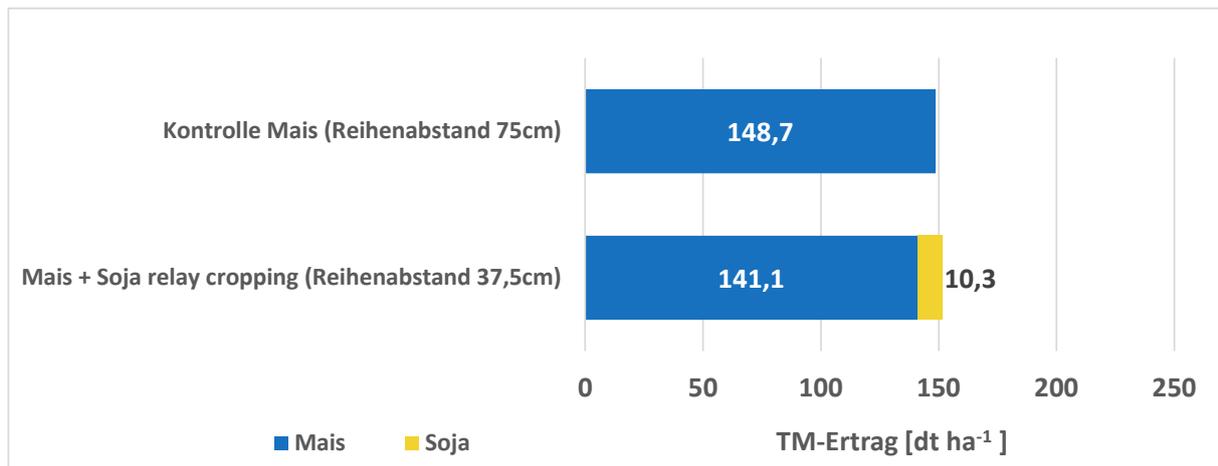


Abbildung 18: Ertrag von Silomais in Reinsaat und Ertrag von Mais in Mischkultur mit Soja, Gladbacherhof 2020

In diesem Jahr wurde bei Mais in Reinsaat 148,7 dt * ha⁻¹ TS geerntet, im Gemenge mit Soja lag der Maisertrag mit 141,1 dt* ha⁻¹ TS demgegenüber etwas niedriger. Der Sojaertrag von 10,3 dt * ha⁻¹ konnte diesen Minderertrag zwar ausgleichen, dennoch konnte eine positive Beeinflussung des Maises durch den Gemengepartner Soja in 2020 nicht festgestellt werden.

In ähnlicher Weise verhielt es sich im Anbaujahr 2021 (Abb. 19). Der Maisertrag in Reinsaat betrug 170,6 dt * ha⁻¹ bei Reinsaat und 156,9 dt * ha⁻¹ bei Mischkultur mit Soja. Der Sojaertrag bei Mischkultur betrug 26,1 dt * ha⁻¹ und konnte damit den Minderertrag beim Mais ausgleichen.

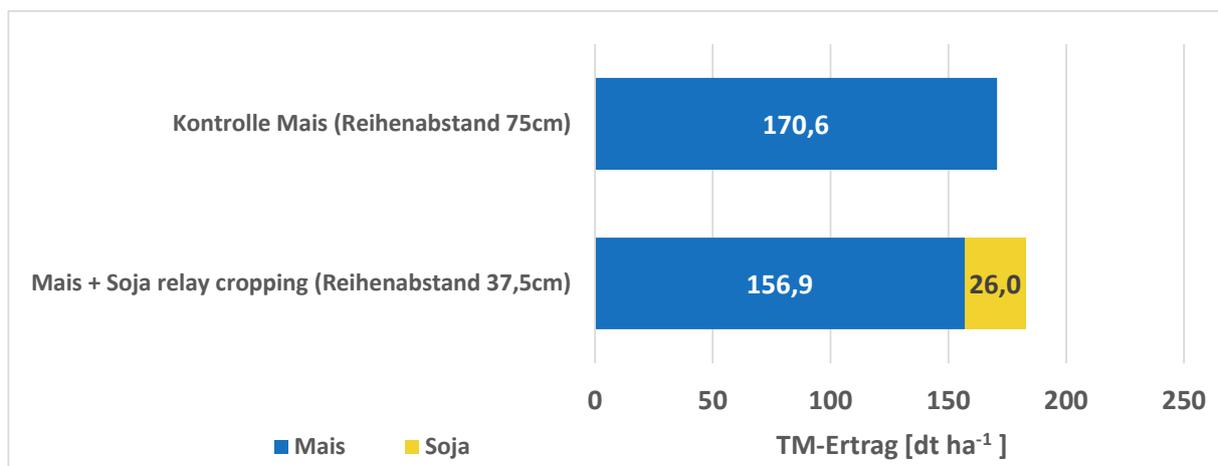


Abbildung 19: Ertrag von Silomais in Reinsaat und Ertrag von Mais in Mischkultur mit Soja, Gladbacherhof 2021

Die Konzentration an Rohprotein lag erwartungsgemäß bei den Mischkulturvarianten mit Soja und Mais über denen der Mais-Reinsaaten (Abb. 20).

2019 stieg der Rohproteingehalt von 7 % bei Reinsaat auf 7,9 % bei Mischkultur, 2020 von 7,2 % auf 8,1 % und 2021 von 4,4 % auf 5,9 %.

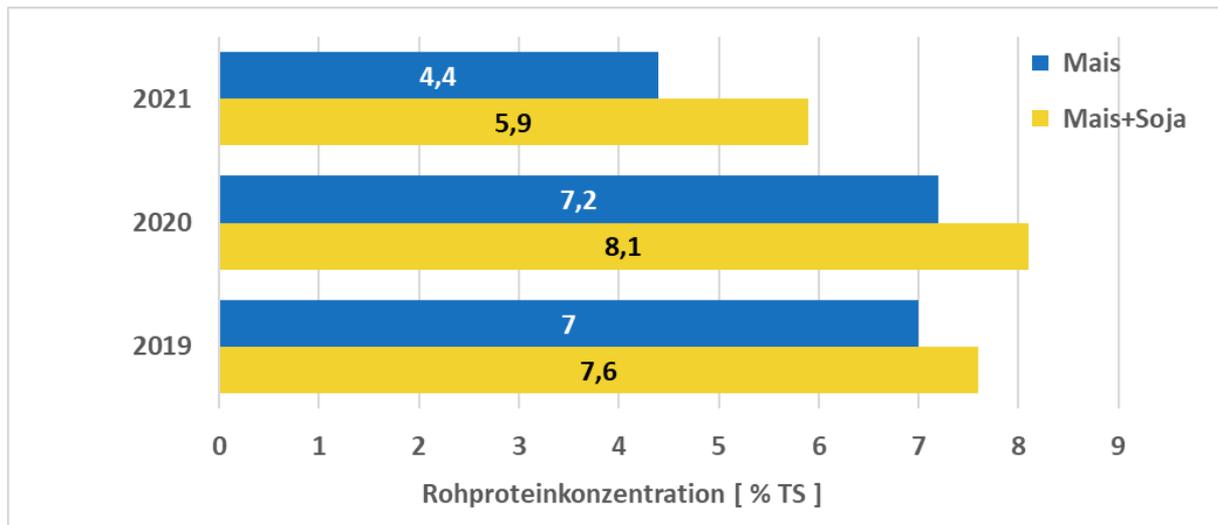


Abbildung 20: Rohproteinkonzentration von Mais in Reinsaat und der Mischkultur Mais+Soja, Gladbacherhof

3.1.11 Fazit Mischkultur Mais und Sojabohne

Die Versuche mit Soja und Mais auf den hessischen Partnerbetrieben zeigten, dass es möglich ist, diese beiden Kulturen in Mischung anzubauen, ohne den Maisertrag negativ zu beeinflussen. Das entspricht den Angaben anderer Autoren (Yan et al. 2007 sowie Xiang et al. 2010). In einigen Fällen konnte sogar ein Mehrertrag von Mais beobachtet werden, wenn Soja als Gemengepartner angebaut wurde. Mais und Soja scheinen sich demnach positiv beeinflussen zu können. Der Proteingehalt im Erntegut verbesserte sich entsprechend dem geernteten Anteil von Soja im Gemenge. Züchtungen von Soja mit einer hohen Biomassebildung könnten diesem Verfahren weitere Vorteile bieten. Sollen der Mais und die Soja in Mischkultur mit einer Hackmaschine mechanisch gepflegt werden, sind Anpassungen an den Reihenabstand von 37,5 cm notwendig.

3.2 Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen

Die erzielten Ergebnisse konnten nur zum Teil einen Beitrag zu den förderpolitischen Zielen leisten.

Der Anbau von Weizen und Soja im Relay Cropping System scheint unter den hessischen Bedingungen der Jahre 2018 bis 2021 keine Möglichkeit zu sein, sich an den Klimawandel und dessen Folgen anpassen zu können. Ganz im Gegenteil der Erwartungen ließen sich mit den Reinsaaten ansprechende Erträge generieren.

Der Misanbau von Mais und Soja könnte dagegen für zukünftige Klimaszenarien Vorteile bringen. Hierzu sind aber noch weitere Untersuchungen notwendig.

Bei der Mischkultur Weizen mit Soja wurde kein wirtschaftlich konkurrenzfähiger Ertrag generiert. Somit fand auch keine Entwicklung effektiver, umweltgerechter und/oder ökologischer Anbau- und Nutzungsverfahren statt und die Produktivität der Pflanzenproduktion wurde nicht verbessert.

Die positiven Ergebnisse bei Mais zeigten aber, dass dieses Verfahren Potential hat, die Flächen effektiver zu nutzen und die Biodiversität durch die zwei Kulturen zu erhöhen.

3.3 Erreichung der Ziele des Vorhabens

Die Ziele des Vorhabens waren, den Sojaanbau in Deutschland und die regionale Wertschöpfung durch die Entwicklung und Erprobung eines Verfahrens zum Anbau von Speise- und Futtersoja ohne Flächenkonkurrenz zu anderen Kulturen durch Mischanbau mit Weizen bzw. Mais zu fördern und den in diesem Zusammenhang stehenden Entwicklungsbedarf in der Landtechnik zu formulieren.

Es wurde gezeigt, dass unter den Bedingungen in Hessen in den Jahren 2018 bis 2021 ein Mischanbau von Weizen und Soja nicht zu empfehlen ist und dass keine Eignung vorliegt, damit den Sojaanbau auszuweiten. Eine Ausweitung eines Anbaus von Soja zur Körnernutzung steht damit weiter in Konkurrenz zu anderen wichtigen und bewährten Kulturen. Ein spezieller Entwicklungsbedarf seitens der Landtechnik wurde aufgrund der Ergebnisse nicht ausformuliert.

Durch einen Mischanbau von Mais und Soja konnte gezeigt werden, dass dadurch der Proteingehalt im Grundfutter (Maissilage) erhöht werden kann, ohne einen zusätzlichen Flächenbedarf. Hier gibt es vor allem einen Bedarf an angepasste mechanische Pflorgetechnik.

4 Ergebnisverwertung, Kommunikation und Verstetigung

4.1 Nutzen der Ergebnisse für die Praxis

Die Vernetzung von ökologisch wirtschaftenden Betrieben, untereinander und mit Beratungs- und Forschungseinrichtungen sowie Saatzuchtfirmen und Sojaabnehmern wurde verbessert.

Die Versuchsergebnisse aus dem Projekt sind bei den Mischungspartnern Weizen und Soja leider keine positiven Ergebnisse für die Praxis. Entgegen den Erwartungen der OG Mitglieder und auch entgegen mancher Darstellung des Verfahrens im Internet (Akteure aus USA, Kanada etc., vgl. <https://www.youtube.com/watch?v=IljJ9E3lsaw>), hat das Verfahren Relay Cropping mit Weizen und Sojabohne unter den Bedingungen in Hessen von 2018 bis 2021 keine Empfehlung für eine Praxisanwendung zeigen können. Die OG Soja on top hat während der Jahre 2018 bis 2021 mit vielen pflanzenbaulichen Anpassungen versucht, das Verfahren an die hessischen Bedingungen anzupassen, leider ohne durchschlagenden Erfolg.

Die Praxis kann mit diesen Ergebnissen andere Wege für Innovationen einschlagen, bspw. mit einem streifenweisen Mischanbausystem (strip-cropping). Auch durch einen Ersatz des Gemengepartners Winterweizen mit einer weniger konkurrenzstarken Getreideart könnte der Mischanbau mit Soja im Relay Cropping System weiterhin für die Praxis interessant sein.

Für viehhaltenden Betriebe stellt die Kombination von Mais und Soja eine Möglichkeit dar, den eigenerzeugten Proteinanteil in der Grundfütterration zu erhöhen.

4.2 (Geplante) Verwertung/Verbreitung und Nutzung der Ergebnisse

Die Ergebnisse sollen in erster Linie dazu genutzt werden, die Probleme darzustellen, die mit einem Mischanbau von Weizen und Soja einhergehen und an die Praxis zu kommunizieren.

Künftig wird an die Landwirtschaft höhere Anforderungen an Biodiversität gestellt werden und die Ergebnisse aus dem vorliegenden Projekt können dazu genutzt werden, geeignete Systeme mit einer erhöhten Biodiversität zu entwickeln.

Zur Illustration wird ein Videofilm erstellt, der über das Projekt berichtet. Hier werden sowohl die negativen Aspekte als auch die positiven Aspekte erwähnt. Des Weiteren gelangten die Ergebnisse auf

den durchgeführten Feldtagen direkt zum Landwirt und zu interessierten Wissenschaftlern. Es hat sich bestätigt, wie wichtig die Einbindung der Praxis in die Forschung ist.

Die Ergebnisse sind auf verschiedene Weise kommuniziert und verbreitet worden. Die Kommunikation des Vorhabens und des aktuellen Standes der Arbeiten erfolgte über die Projekthomepage. Feldtage dienten zum Austausch mit externen Interessierten. Besonders das Format der Feldtage wurde von den Praktikern genutzt um sich über das Relay Cropping auszutauschen und zu diskutieren.

Es war geplant jährlich mindestens eine Praxisveranstaltung (Feldtag) an den Standorten der teilnehmenden Betriebe durchzuführen zur direkten Vermittlung von Zwischen- und Endergebnissen. Dies konnte aufgrund der Pandemie nicht eingehalten werden, des Weiteren mussten geplante Feldtage auf den Praxisbetrieben in den Jahren 2018 und 2019 wegen der Trockenheit oder Fraßschäden abgesagt werden.

- Feldtag: Auf dem Lehr- und Versuchsbetrieb Gladbacher Hof der JLU Gießen am 04.07.2018
- Feldtag: Auf dem Lehr- und Versuchsbetrieb Gladbacher Hof der JLU Gießen am 19.06.2019
- Feldtag: Becker, K. (2019): EIP-Projektvorstellung Soja on top auf dem Feldtag: Öko-Soja und andere Möglichkeiten des Eiweißpflanzenanbaus der Ökomodellregion Lahn-Dill-Gießen gemeinsam mit dem Lehr- und Versuchsbetrieb Gladbacher Hof der JLU Gießen am 30.08.2019.
- Feldtag: Becker, K. (2019): EIP-Projektvorstellung Soja on top auf den 2. Öko-Feldtagen auf der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen am 04.07.2019.
- Poster auf der Agritechnica 2019

Vernetzung EIP

EIP-AGRI Workshop Cropping for the future 4-5 June 2019 – Almere, the Netherlands

Vortrag im Rahmen des thematischen EIP-Workshop am 6. und 7. November in Mainz

Vortrag auf Workshop für Operationelle Gruppen "Eiweißpflanzen" am 20./21. Februar auf Hofgut Eichigt in Sachsen

Vernetzungsworkshop „Tue Gutes und sprich darüber – und was kommt danach?!“ in Marburg teilgenommen.

Wissenschaftliche Abschlussarbeiten

Fabian Best 2019: Weizen und Soja in Mischkultur – Lichtsituation und Ertragsbildung. Masterarbeit im Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II – Professur für Ökologischen Landbau der Universität Gießen.

Jonathan Failing 2018: Die Ertragsleistung von Soja und Weizen im Mischkulturanbau. Bachelorarbeit im Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II – Professur für Ökologischen Landbau der Universität Gießen.

Niklas Christoph Schwab 2021: Eignung von Sommerweizen und Sommergerste für den Anbau mit Soja unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus. Bachelorarbeit im Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II – Professur für Ökologischen Landbau der Universität Gießen.

Lilly Madeisky 2019: Bodenfeuchte im Soja-Weizen-Mischfruchtanbau. Bachelorarbeit im Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II Professur für Ökologischen Landbau mit dem Schwerpunkt nachhaltige Bodennutzung der Universität Gießen.

Lukas von der Ruhr 2020: Relay cropping mit Weizen und Soja. Bachelorarbeit im Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II Professur für Ökologischen Landbau mit dem Schwerpunkt nachhaltige Bodennutzung der Universität Gießen.

Pressemitteilungen

Fabian Best 2018: Hochwertiges Eiweiß vom eigenen Acker. Hessenbauer S. 38, 29/2018.

Newsletter Öko-Feldtage Dezember 2020 : Soja im Gemenge.

Berichte im Jahresbericht 2018, 2019 und 2020 vom Forschungsring e.V. (Printauflage 2000 Exemplare).

Geplante Veröffentlichungen

Es ist geplant, die Ergebnisse unter Orgprint und in den Naturland Nachrichten zu verbreiten.

4.3 Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit

Mischkulturen mit Getreide und Soja im Relay Cropping Verfahren haben sich, im Gegensatz zu Berichten aus anderen Regionen der Erde, nicht für die hessischen Standorte bewährt. Eine direkte wirtschaftliche Anschlussfähigkeit wird daher für diesen Teil der Untersuchungen nicht gesehen. Dennoch besteht die Möglichkeit durch den streifenweisen Anbau von Soja und Weizen (Mährescherbreite) auf einer Fläche eine Erhöhung der Biodiversität zu erzielen, die unter zukünftigen Bedingungen eine gewisse Bedeutung erlangen kann. Ebenso besteht eine Anschlussfähigkeit für Systeme, in denen Arten mit geringer Konkurrenzkraft untersucht werden. Durch die im Projekt verwendete Technik wird vor allem eine Ernte von verschiedenen Feldfrüchten zu verschiedenen Zeiten auf derselben Fläche erleichtert.

Ein gemeinsamer Anbau von Mais und Soja zur Gewinnung von Ganzpflanzensilage kann dagegen ein Beitrag zur verbesserten Proteinversorgung in der Tierernährung aus regionalem Anbau darstellen, insofern auch Strategien zur Wildabwehr entwickelt werden. Dieser Ansatz kann eine wirtschaftliche Anschlussfähigkeit für die Rinderhaltung bedeuten. Hier besteht auch eine wissenschaftliche Anschlussfähigkeit, indem das System weiter untersucht und gegebenenfalls weiter optimiert wird, um die Vorteile des Mischkultursystems für die Fütterung weiter auszubauen.

5 Zusammenarbeit in der Operationellen Gruppe (OG)

5.1 Gestaltung der Zusammenarbeit

Die OG setzt sich aus landwirtschaftlichen Unternehmen, Beratungseinrichtungen und Forschungs- und Versuchseinrichtungen zusammen:

Landwirtschaftliche Unternehmen der Urproduktion:

Rolle im Projekt	Name	Maßnahme
Marktfruchtbetrieb ökologisch	Christoph Förster, Domäne Marienborn	Weizen und Soja
Marktfruchtbetrieb ökologisch	Götz Wollinsky, Pappelhof	Weizen und Soja
Marktfruchtbetrieb ökologisch	Thorsten Gath, Hirschburger Hof	Weizen und Soja
Gemischtbetrieb ökologisch	Versuchsbetrieb Gladbacherhof	Weizen und Soja, Mais und Soja
Futterbaubetrieb ökologisch	Karl-Heinrich und Lucas Kohl, Gilserberg	Mais und Soja
Gemischbetrieb konventionell	Versuchsbetrieb Rauschholzhausen	Weizen und Soja, Mais und Soja

Beratung: Forschung & Züchtung Dottenfelderhof (FZD), Fa. Taifun-Tofu GmbH

Forschungs- und Versuchseinrichtungen: Justus Liebig Universität Gießen und Forschungsring e.V.

Koordination: Justus Liebig Universität Gießen

Dank der guten Zusammenarbeit innerhalb der OG gestaltete sich der Ablauf äußerst angenehm. Die Kommunikation innerhalb der OG fand auf unterschiedlichen Wegen statt. In einem Kick-off Treffen wurde der Rahmen des Projektes vorgestellt und die Aufgaben der einzelnen Akteure festgelegt.

Auf Feldtagen, zu denen auch immer die Interessierte Öffentlichkeit eingeladen wurde, informierten die Partnerbetriebe andere Landwirte über ihre Innovationen. Begleitet wurden die Feldtage immer von Vorträgen über den Hintergrund des Projektes und Ergebnisse.

Insgesamt war das Projekt auch eine große Herausforderung für die Zusammenarbeit, da erwartete Erfolge zum großen Teil ausfielen. Besonders die bis dahin, zumindest in diesem Maße, nicht bekannte Hitze und Trockenheit machte viel Absprachen notwendig, was in einer steten Abwandlung des Versuchsdesigns mündete.

Zusätzlich wurde die Zusammenarbeit durch die Corona-Pandemie erschwert, OG Treffen mussten verschoben oder im Freien durchgeführt werden. Besonders schwierig war eine Mitarbeit der Fa. Flexxifinger, die, da sie aus Kanada kam, nicht in geplanter Art und Weise physisch an Feldtagen und OG-Treffen teilnehmen konnte. So wurden einzelne Veranstaltungen auch in Hybridform durchgeführt.

Zuletzt machte die Pandemie einen Strich durch die geplante Abschlussveranstaltung des Projektes auf den Ökofeldtagen Gladbacherhof 2021. Die angelegten Demonstrationsparzellen, mit deren Hilfe die erzielten Ergebnisse vor einem breiten Publikum diskutiert werden sollten, wurden für die Erstellung eines Videofilmes genutzt. Die OG hofft, auch auf diese Weise Landwirte und Beratung erreichen zu können.

5.2 Mehrwert des Formats einer OG

Die Zusammenarbeit von Praxis, Beratung und Forschung in diesem Projekt auf Augenhöhe, war für alle Projektpartner spannend und lehrreich. Die Landwirte als Innovatoren hatten einen sehr hohen Stellenwert in der OG. Durch die Treffen innerhalb der OG entstand ein intensiver Erfahrungsaustausch und eine Wissensverbreitung zwischen den einzelnen Akteuren.

5.3 Weitere Zusammenarbeit

Eine über das Projekt hinausgehende Zusammenarbeit in dieser Konstellation ist nicht vorgesehen. Es ist davon auszugehen, dass sich einige Partner für die Beantwortung weiterer Fragen die im Verlaufe des Projektes entstanden sind in Zukunft wieder zusammenfinden werden.

6 Verwendung der Zuwendung

In der Tabelle 10 sind die Zuwendungen, gegliedert nach den einzelnen Arbeitspaketen, aufgelistet.

Tabelle 10: Auflistung der wichtigsten Positionen (Gesamtausgaben, förderfähige Ausgaben und Zuwendung)

Bewilligte Zuwendung laut Bewilligung vom 12.12.2017	276.705,00 Euro
Beantragte Zuwendung über Teilverwendungsnachweise 1-8	222.491,94 Euro
davon laufende Ausgaben für die Zusammenarbeit	58.897,31 Euro
davon Arbeitspaket 1	111.500,88 Euro
davon Arbeitspaket 2	27.182,62 Euro
davon Arbeitspaket 3	24.911,13 Euro
Nicht förderfähige Ausgaben (Mehrwertsteuer, andere Abzüge)	667,15 Euro
Eigenanteil (durch Hauptverantwortlichen)	21.933,07 Euro
Gesamtausgaben, brutto	245.092,16 Euro

Stand: Einreichung des letzten, 8. Teilverwendungsnachweises

7 Schlussfolgerungen und Ausblick

Trotz der Tatsache, dass der Misanbau von Weizen und Soja keine guten Ergebnisse hervorbrachte, kann festgehalten werden, dass das Projekt dennoch gut gelaufen ist. Das Ergebnis, dass unter den geprüften Bedingungen das Relay Cropping System für Weizen und Soja nicht für die Praxis zu empfehlen ist, ist auch ein wichtiges Ergebnis. In der hessischen Region wie auch in anderen europäischen Regionen, war das Verfahren bis dahin noch nicht bekannt und nicht erprobt. Im Vorfeld war dieses „Misslingen“ nicht abzusehen und es war somit nicht möglich, die Untersuchungen grundsätzlich anders anzugehen.

Die EIP-Förderung zur Generierung von Innovationen wird von der OG Soja on top als sehr geeignet gesehen, um neue Ideen zu überprüfen und damit einen Fortschritt im Pflanzenbau erreichen zu können. Dabei ist es wichtig, ergebnisoffene Untersuchungen durchführen zu können und auch „Misserfolge“ als positives Ergebnis zu sehen. Innovationen bergen auch immer ein Risiko, welches auch erst einmal herausgearbeitet werden muss.

8 Literaturverzeichnis

- Bedoussac, L.; Journet, E.-P.; Hauggaard-Nielsen, H.; Naudin, C.; Corre-Hellou, G.; Jensen, E.S.; Prieur, L.; Justes, E. (2015): Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain legume intercrops in organic farming. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 35, 911–935. doi:10.1007/s13593-014-0277-7.
- Brown, C. M. 1983. Relay intercropping of soybeans in winter wheat, p. 76-79. In 35th Custom Operators Training School Manual. Illinois Coop. Ext. Serv. and Illinois Natural History Survey, Urbana, Illinois.
- Brown, C. M. 1982. Relay intercropping planting soybeans in growing wheat has little risk, good pay off. *Crops and Soils* 32; 7-8.
- FAZ 18.06.2015: Priska Hinz will Soja-Anbau in Hessen verzehnfachen.
- Fischl, Martin; Kranzler, Andreas und Hanz, Katharina (Hrsg.) (2011) Biofrühjahrsanbau 2011 - Informationen zu Sorten, Saatgut, Krankheiten und Kulturführung. Ländliches Fortbildungsinstitut Österreich, A-Wien.
- Hauggaard-Nielsen, H. and Jensen, E.S. (2001) Evaluating Pea and Barley Cultivars for Complimentary in Intercropping Different Levels Soil N Availability. *Field Crops Research*, 72, 185-196.
- Li, L.; Zhang, L-Z; Zhang, F-Z. (2013): Crop mixtures and the mechanisms of overyielding. In: Levin SA, ed. *Encyclopedia of biodiversity*, 2nd edn, vol. 2. Waltham, MA, USA: Academic Press, 382–395.
- Li, L.; JD Zhang, XG Bao (2019): Benefits of legumes / non legumes intercropping: improved symbiotic N₂ fixation, nutrient use efficiency and soil fertility; oral session, Poznan 2019.
- Lithourgidis, A.S.; Dordas, C.A.; Damalas, C.A.; Vlachostergios, D.N. (2011): Annual intercrops: an alternative pathway for sustainable agriculture. *Australian Journal of Crop Science* 5: 396–410.
- Morris, R. A. & Garrity, D. P. (1993): Resource capture and utilization in intercropping: water. *Field Crops Research*, 34(3-4), 303-317.
- Paffrath, Andreas; Henneberger, Matthias und Mayer, Jochen (2002) [Organic soybean cultivation in colder climatic regions of Germany?]. *SÖL-Berater-Rundbrief*(2/2002):21-23.
- Trieschmann, Martin (2017): mündliche Mitteilung.
- Vandermeer, J.H. (1989): *The ecology of intercropping*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Wirz, Axel, Nadja Kasperczyk (2016): Zwischenbericht zum Eip Vorhaben HeFu-Soja, Arbeitspaket 1 Marktanalyse, FiBI Frankfurt.
- Xiang, Da-bing, Guo.K, Lei Ting, YU Xiao, Luo Qing-ming, Yang Wen-yu (2010): Effects of phosphorus and potassium on stem characteristics and lodging resistance of relay cropping soybean. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*.
- Yan Yan-hong, Yang Wen-yu, Li Xing-zuo, Deng Wei-min (2007): Effect of different varieties and sowing dates on the yield of relay-cropping soybean in the Mound District. *Soybean science* 2007-04.