

Soja-Anbau in der Praxis

Ackerbau & Ökonomie
ökologisch & konventionell



Harald Schmidt
Lucas Langanky



Lukas Wolf
Robert Schätzl

Harald Schmidt

Lucas Langanky

Lukas Wolf

Robert Schätzl

Soja-Anbau in der Praxis

Ackerbau & Ökonomie

ökologisch & konventionell

Ergebnisse aus den Projekten

Modellhaftes Demonstrationsnetzwerk zur Ausweitung und Verbesserung des Anbaus und der Verwertung von Sojabohnen in Deutschland

und

Erweiterung und ackerbauliche Auswertung der Praxiserhebungen und -untersuchungen im Rahmen der modellhaften Demonstrationsnetzwerke Soja, Lupine, Erbse und Bohne der Eiweißpflanzenstrategie

Gefördert durch:



Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen der BMEL Eiweißpflanzenstrategie

Impressum

Autoren:

Dr. Harald Schmidt, Stiftung Ökologie & Landbau

Himmelsburger Straße 95

53474 Bad Neuenahr-Ahrweiler

Tel. 02641 912205, schmidt@soel.de

Lucas Langanky, Stiftung Ökologie & Landbau

Lukas Wolf, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Dr. Robert Schätzl, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Druck: in puncto:asmuth druck + medien gmbh

Medienzentrum Ossendorf • Richard-Byrd-Straße 39 • 50829 Köln

Erscheinungsjahr: 2019

Nachdruck oder Vervielfältigung – auch auszugsweise – nur mit Zustimmung der Autoren

Gedruckte Version im Buchhandel erhältlich:

Verlag Dr. Köster

Friedrichstr. 95

10117 Berlin

www.verlag-koester.de

ISBN 978-3-89574-979-7

Vorwort

Der Anbau der Sojabohne in Deutschland hat in den letzten Jahren rasant zugenommen und übertraf 2018 erstmals die Anbaufläche der Körnerleguminose Süßlupine. Die heimische Sojabohne spielt als wertvolles Futtermittel, aber auch direkt für die menschliche Ernährung eine wachsende Rolle in der Nahrungsmittelproduktion.

Die Ausdehnung des Anbaus von Soja und anderen Leguminosen hat verschiedene positive Effekte. Auf der einen Seite können dadurch die Importe von Eiweißfuttermitteln gesenkt werden. Dies kann ein Beitrag der deutschen Landwirtschaft zum Klimaschutz sein, jedoch gilt dies nur in Kombination mit einer Reduzierung der Intensität und des Umfangs der Tierhaltung. Auf der anderen Seite bedeutet schon der Leguminosenanbau an sich einen Schritt hin zu nachhaltigeren Agrarsystemen, da die Stickstofffixierung in den Knöllchen eine Stickstoffdüngung unnötig macht.

Weiterhin kann die sinnvoll in die Fruchtfolgen integrierte Sojabohne das Kulturartenspektrum erweitern und damit helfen, die Anbau Risiken stärker zu streuen. Vor allem in Zeiten größerer Wetterextreme sind vielfältigere Fruchtfolgen eine wichtige Maßnahme für stabile Anbausysteme.

Neben politischen Weichenstellungen sind detaillierte Kenntnisse zu ackerbaulichen und ökonomischen Zusammenhängen wichtige Voraussetzungen für eine erfolgreiche Ausweitung des Sojaanbaus. Die im Folgenden beschriebenen Ergebnisse aus mehrjährigen Praxisuntersuchungen bieten Daten für den Vergleich mit konkreten Anbausituationen. Sie zeigen die wesentlichen Stellschrauben, die derzeit in der Praxis die größten Effekte für eine Optimierung des Anbaus aufweisen. Für die Planung oder die nachträgliche Auswertung ermöglicht die gewählte grafische Darstellungsform das schnelle Erkennen von wesentlichen Erfolgsfaktoren für einen annehmbaren Sojaertrag und Proteingehalt, einen niedrigen Unkrautdruck sowie ein zufriedenstellendes ökonomisches Ergebnis.

Wir hoffen, mit dieser Broschüre die weitere positive Entwicklung des Sojaanbaus in der Praxis zu unterstützen.

August 2019, das Autorenteam

Inhalt

1 Ackerbauliche Ergebnisse	1
1.1 Einleitung	1
Untersuchung.....	1
Darstellung der Ergebnisse	2
1.2 Ertrag.....	4
Übersicht: Wesentliche Faktoren des Ertrags	5
Weitere Faktoren des Ertrags	6
Details zu Ertrag und wesentlichen Faktoren	7
Ertrag.....	7
Wasserversorgung	8
Temperatur	10
Sortenpotential Ertrag und Protein	12
Sklerotinia	14
Ungeprüfte mögliche Faktoren des Ertrags.....	15
Parameter ohne großen Ertragseinfluss	17
Boden und Nährstoffe.....	17
Bewirtschaftung	18
Krankheiten und Schädlinge	20
1.3 Unkraut	21
Übersicht konventionell: Wesentliche Faktoren des Unkrautdeckungsgrads	23
Weitere Faktoren des Unkrautdeckungsgrads - konventionell.....	24
Übersicht ökologisch: Wesentliche Faktoren des Unkrautdeckungsgrads	25
Weitere Faktoren des Unkrautdeckungsgrads - ökologisch	26
Details zu Unkraut und wesentlichen Faktoren.....	26
Unkrautdeckungsgrad.....	26
Bestandesdichte, -homogenität und -höhe	27
Herbizideinsatz.....	31
Indirekte Unkrautregulierung	32
Direkte mechanische Unkrautregulierung.....	33
Boden und Nährstoffe.....	35
Witterung.....	35
Ungeprüfte mögliche Faktoren des Unkrautdeckungsgrads	36
Parameter ohne großen Einfluss auf das Unkraut.....	37
1.4 Proteingehalt.....	38
Übersicht – wesentliche Faktoren des Proteingehalts	39
Weitere Faktoren des Proteingehalts	40
Details zu Proteingehalt und wesentlichen Faktoren	41
Proteingehalt.....	41
Knöllchenbesatz	41
Sortenpotential Protein	42
Witterung.....	43
Bodenart, N _{min} und Bodenbearbeitung	45
Fruchtfolge	46

Ungeprüfte mögliche Faktoren des Proteingehalts	47
Parameter ohne großen Einfluss auf den Proteingehalt.....	48
Proteinерtrag	48
1.5 Zusammenfassung Ackerbau	50
Standortwahl	50
Boden	50
Klima.....	51
Langjährige Bewirtschaftung.....	52
Bewirtschaftung von Vorfrucht bis Sojasaat.....	53
Sortenwahl	54
Saat.....	54
Direkte Unkrautregulierung	56
Beregnung	57
Krankheiten und Schädlinge.....	57
Ernte	57
Ungeprüfte mögliche Faktoren	58
2 Ökonomische Ergebnisse	59
2.1 Einleitung.....	59
Material und Methoden.....	59
2.2 Deckungsbeitrag.....	61
Übersicht konventionell: Wesentliche Faktoren des Deckungsbeitrags	62
Übersicht ökologisch: Wesentliche Faktoren des Deckungsbeitrags	63
Details zu den Faktoren des Deckungsbeitrags	64
Ertrag.....	64
Erzeugerpreis.....	66
Stickstofffixierung.....	67
Saatgutkosten.....	68
Impfkosten	70
Dünger- und Nährstoffkosten	71
Pflanzenschutzmittelkosten	72
Variable Maschinenkosten.....	74
Trocknungskosten	80
Aufbereitungskosten	80
Deckungsbeitrag.....	82
2.3 Fazit Ökonomie.....	83
3 Praxisbeispiele	85
Ackerbau.....	85
Deckungsbeitrag.....	94
4 Anhang.....	98
4.1 Ackerbau Methodik.....	98
4.2 Auswertung Sortenversuche	101
4.3 Online-Informationen und Literaturhinweise.....	102
Autoren.....	104
Danksagung	106
Bildnachweis.....	107



1 Ackerbauliche Ergebnisse

Autoren: Harald Schmidt & Lucas Langanky

1.1 Einleitung

Für eine Vielzahl von Faktoren und Einflüssen auf den Erfolg des Sojaanbaus gibt es Ergebnisse aus wissenschaftlichen Exaktversuchen und Praxiserfahrungen, die in Anbauanleitungen oder Fachbüchern zusammengefasst sind. Warum also eine Untersuchung der ackerbaulichen Faktoren in der Praxis?

Die Ergebnisse der hier vorgestellten Praxisuntersuchung können zeigen, welche Einflüsse im praktischen Sojaanbau besonders stark und häufig ertragswirksam werden und

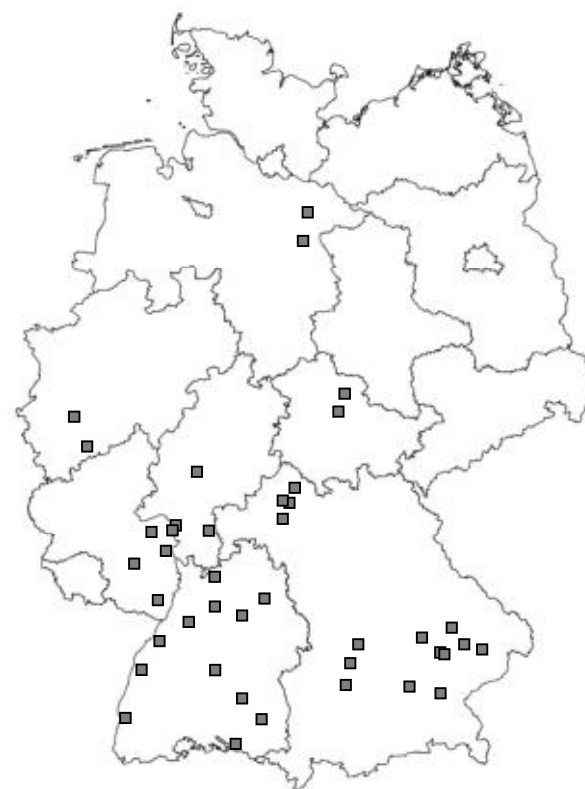
welche Faktoren eine eher untergeordnete Rolle spielen oder nur selten auftreten. Die grafische Darstellungsform der Ergebnisse ermöglicht:

- den Vergleich konkreter Anbausituationen mit der weiten Spannweite der geprüften Praxisbeispiele,
- die Ableitung von Optimierungsansätzen für Standortwahl und Bewirtschaftung.

Untersuchung

Im Rahmen des Soja-Netzwerks der Eiweißpflanzenstrategie der Bundesregierung wurden in einem Forschungsprojekt von 2015 bis 2017 bundesweit auf 41 Betrieben 59 ökologisch und 55 konventionell bewirtschaftete Sojaschläge untersucht (Details siehe Anhang S. 98). Wichtigstes Ziel war die Identifizierung und Gewichtung wesentlicher Einflussfaktoren auf den Ertrag, den Proteingehalt und den wichtigen Faktor Unkraut in der Praxis.

An zwei Messparzellen pro Schlag wurde der Boden und die Bestandesentwicklung untersucht. Von Proben des eingesetzten Saatguts erfolgte die Bestimmung von Keimfähigkeit und Triebkraft. Angaben zur Bewirtschaftung und zum Ertrag wurden von den ProjektberaterInnen des Netzwerks durch Befragungen auf den Betrieben erhoben. Nieder



Lage der von 2015 bis 2017 ackerbaulich untersuchten Betriebe

1 Ackerbauliche Ergebnisse / 1.1 Einleitung

schlags- und Temperaturdaten stammen von der nächstgelegenen Wetterstation. Mit Hilfe statistischer Verfahren und durch Einzelfallbetrachtungen wurden wesentliche

Einflussfaktoren auf Ertrag und Proteingehalt ermittelt. Details zur Methodik sind im Anhang (S. 98) aufgeführt.

Darstellung der Ergebnisse

In der vorliegenden Broschüre werden die ermittelten Einflussfaktoren für den **Sojaertrag**, den **Unkrautdeckungsgrad** im Sojabestand und den **Proteingehalt** der geernteten Sojabohnen auf den untersuchten Schlägen von 2015 bis 2017 dargestellt.

Dabei werden nicht nur die Faktoren sowie ihre Bedeutung und ihre Auswirkung auf die drei genannten Zielgrößen beschrieben, sondern auch deren Streubreite. Damit besteht die Möglichkeit, die Verhältnisse auf einem konkreten Schlag bzw. Betrieb einordnen und bewerten sowie deren Auswirkungen abschätzen zu können. Die vorgestellten Ergebnisse sind somit kein Ersatz für eine Anbauanleitung, sondern spiegeln die Faktoren wieder, bei denen in der Praxis ein deutlicher Effekt erkennbar war und somit erfolgsversprechende Optimierungsmöglichkeiten bestehen.

Die Abbildung auf der folgenden Seite zeigt die im weiteren Verlauf häufig gewählte Darstellungsform am Beispiel der Sojaerträge von den 114 Sojaschlägen.

Die Balkenfarben haben folgende Bedeutung: Gelb für Ertrag und Proteingehalt, grün für positiv und rot für negativ wirkende Faktoren, andere Parameter werden in blau dargestellt. Zusätzlich wird bei den Einflussfaktoren die Bedeutung des Einflusses, z. B. auf den Ertrag,

in Form von Punkten angegeben: ●●● hohe Bedeutung, ● weniger große Bedeutung.

Bei Faktoren, bei denen eine Auftrennung der Ergebnisse in konventionelle und ökologische Bewirtschaftung nicht sinnvoll ist, wurden diese in ihrer Gesamtheit dargestellt. So wirkte sich z. B. die Witterung unabhängig von der Bewirtschaftungsform auf den Ertrag aus.

Aus der beispielhaft dargestellten Ertragsgrafik können folgende Informationen abgelesen werden:

Niedrigster Ertrag: konv. 10 dt/ha, öko. 6 dt/ha

■ 25 % der Schläge: konv. 10 bis 24 dt/ha, öko. 6 bis 23 dt/ha

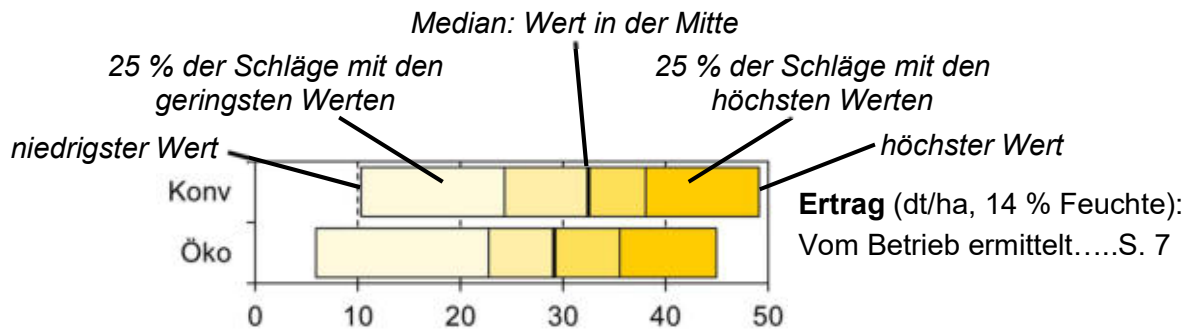
■ 25 % der Schläge: konv. 24 bis 33 dt/ha, öko. 23 bis 29 dt/ha

Median (mittlerer Schlag bei Sortierung nach Ertrag): konv. 33 dt/ha, öko. 29 dt/ha

■ 25 % der Schläge: konv. 33 bis 38 dt/ha, öko. 29 bis 36 dt/ha

■ 25 % der Schläge: konv. 38 bis 49 dt/ha, öko. 36 bis 45 dt/ha

Höchster Ertrag: konv. 49 dt/ha, öko. 45 dt/ha



Zusammenfassung: Die gesamte Spannweite an Erträgen liegt bei den Öko-Schlägen auf einem etwas niedrigeren Niveau als bei den konventionellen. Die Ertragsdifferenz der beiden mittleren Schläge (Median) lag bei 4 dt/ha. Details zum Ertrag sind auf Seite 7 zu finden.

In den folgenden Kapiteln werden neben den Übersichten über die wesentlichen Faktoren noch folgende Punkte behandelt:

- Faktoren, die nur bei wenigen Beständen eine Rolle spielten oder einen relativ geringen Effekt hatten,

- Faktoren, die bekanntermaßen eine wichtige Rolle spielen aber mit der Untersuchungsmethode nicht untersucht werden konnten (da z. B. auf allen Untersuchungsschlägen das Sojasaatgut geimpft wurde, konnte die große Bedeutung dieser Maßnahme hier nicht gezeigt werden),
- eine Auswahl von Parametern ohne großen Einfluss, die deshalb bei einer Anbauoptimierung nicht an erster Stelle stehen müssen.



1.2 Ertrag

Bei der Ermittlung der wesentlichen Sojaertragsfaktoren wurden die konventionell und ökologisch bewirtschafteten Schläge gemeinsam ausgewertet. Die Faktoren wirkten in beiden Systemen sehr ähnlich. Alle dargestellten Ertragszahlen beziehen sich auf die Praxis-Druscherträge (Einzelheiten zu den Handernterträgen von den Messparzellen finden sich auf Seite 7). Bei der statistischen

Auswertung wurden sieben Schläge, darunter sechs Totalausfälle (S. 6), ausgeschlossen. Berücksichtigt wurden somit 51 konventionelle und 56 ökologische Sojabestände.

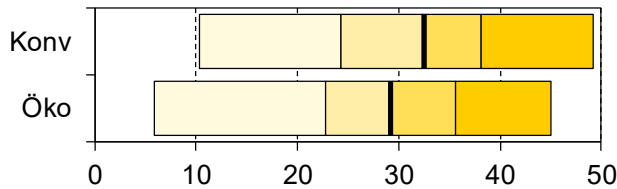
Mit den im Folgenden dargestellten sieben wichtigsten Ertragsfaktoren konnten 71 % der Ertragsunterschiede erklärt werden.



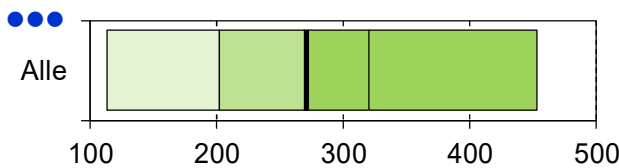
Übersicht: Wesentliche Faktoren des Ertrags

Die Faktoren sind nach Ihrer Bedeutung für den Ertrag sortiert, Details finden sich auf den

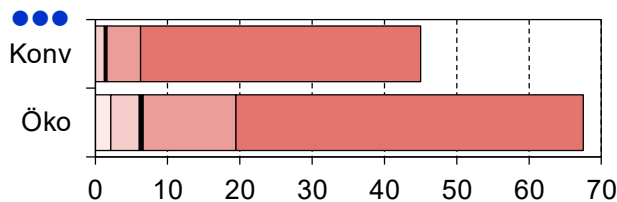
genannten Seiten. Zusammenhang mit dem Ertrag: grün positiv; rot negativ.



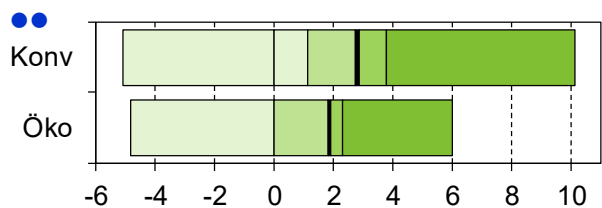
Ertrag [dt/ha, 14 % Feuchte], vom Betrieb ermittelt: ökologisch im Mittel (Ø) 2,4 dt/ha geringerer Ertrag, vor allem durch höheren Unkrautdruck S. 7



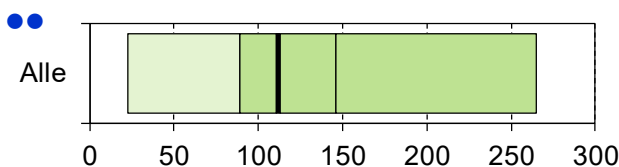
Niederschlag und Beregnung [l/m²], 2 Wochen nach Saat bis ca. 3 Wochen vor Ernte: Ø ca. +3,7 dt/ha pro 50 l/m² (Effekt nur bis 300 l/m²) S. 8



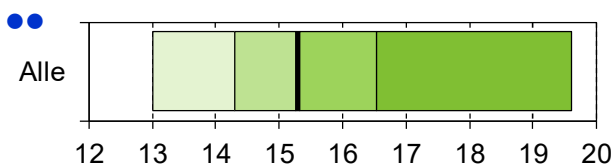
Unkrautdeckungsgrad [%], Ende Sojablüte: Ø ca. -3,3 dt/ha pro 10 % Deckungsgrad S. 21



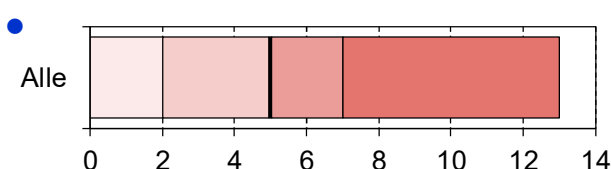
Sortenpotential Ertrag [dt/ha], Unterschied zur Sorte 'Merlin' (Median deutscher Sortenversuche 2015-2017: 34,1 dt/ha, 14 % Feuchte): Ø ca. +0,7 dt/ha pro 1 dt/ha S. 12



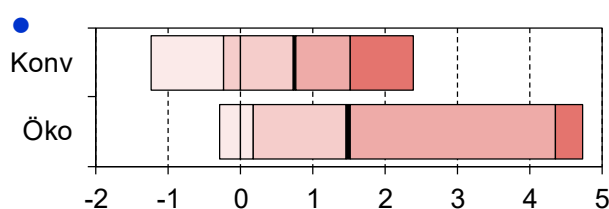
Bodenwasser [l/m²], pflanzenverfügbar in 0-90 cm, Frühjahr vor Saat [l/m²]: Ø ca. +1 dt/ha pro 10 l/m² (Effekt nur bis 100 l/m²) S. 9



Ø Temperatur [°C], Tageslufttemperatur Saat bis Blühbeginn: Ø ca. +1,1 dt/ha pro 1 °C S. 10



Anzahl Nächte mit Minimumtemperatur < 10 °C im Blühzeitraum: Ø ca. -0,4 dt/ha pro 1 Nacht S. 10



Sortenpotential Protein [% i. d. TS], Unterschied zur Sorte 'Obelix' (Median deutscher Sortenversuche 2015-2017: 40,7 % i. d. TS): Ø ca. -0,5 dt/ha pro +1 % S. 13

Weitere Faktoren des Ertrags

Einzelne Faktoren spielten nur bei wenigen Beständen eine Rolle oder hatten einen relativ geringen Effekt auf den Ertrag:

- **Starkregen** und/oder **Hagel** war für vier der sechs Totalausfälle (von 114 Beständen) verantwortlich sowie in einzelnen Fällen für geringere Erträge.
- **Taubenfraß**: ein Totalausfall. Fraßschäden durch Vögel und/oder Wild wurden auch auf weiteren Schlägen beobachtet, ein deutlicher Ertragseffekt war jedoch nicht nachweisbar.
- **Sklerotinia**-Befall führte bei einzelnen Beständen zu geringeren Erträgen (S. 14).
- Eine **niedrige Schneidwerkhöhe** des Mäh-dreschers erhöhte in einigen Fällen die Ertragsausbeute (S. 8).
- Bei heißer, trockener Witterung im Zeitraum der Abreife wurde bei einigen

Beständen vermehrtes **Hülsenplatzen** beobachtet. Eine Bestimmung des Ertrags-effekts war bei dieser Untersuchung nicht möglich.



Geplatze Sojhülsen bei heiß-trockener Witterung

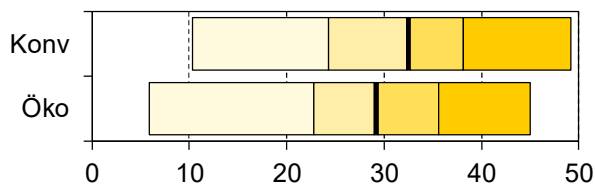


Extrem schlechter Feldaufgang nach Starkregen

Details zu Ertrag und wesentlichen Faktoren

Ertrag

Der auf den 107 Schlägen ermittelte Höchstertrag von 49 dt/ha weist auf die Größenordnung des in der Praxis erreichbaren Ertragspotentials der Sojabohne hin.



Ertrag [dt/ha, 14 % Feuchte], vom Betrieb ermittelt

Die Ertragsdifferenz von durchschnittlich 2,4 dt/ha zwischen konventionellem und ökologischem Anbau ist vor allem auf den im Mittel höheren Unkrautdruck auf den Öko-Schlägen zurückzuführen (S. 21).

Ertragskomponenten

Von den Ertragskomponenten Pflanzen pro m², Hülsen pro Pflanze, Körner pro Hülse und Tausendkorngewicht erwies sich bei den untersuchten Sojaerträgen die **Anzahl Hülsen pro Pflanze** als die Komponente mit dem größten Ertragseinfluss.

Im Vergleich zu den heimischen Körnerleguminosen kann die Sojabohne am besten geringe Bestandesdichten durch eine hohe Anzahl von Hülsen pro Pflanze ausgleichen (Foto). So wurden oft auch bei geringen Bestandesdichten hohe Erträge erreicht. Problematisch kann jedoch die höhere Verunkrautungsgefahr (S. 27) und der niedrigere Ansatz der untersten Hülsen bei geringen Bestandesdichten sein.

Die Anzahl Körner pro Hülse variierte kaum und zeigte keinen deutlichen Einfluss auf den Ertrag.

Hohe Tausendkorngewichte waren häufig mit hohen Erträgen verbunden. Das Tausendkorngewicht hängt stark von den Sorteneigenschaften ab, wird aber auch durch die Wachstumsbedingungen beeinflusst.



Überdurchschnittlicher Hülsenansatz von Ø 56 Hülsen pro Pflanze bei schlechtem Feldaufgang von 16 Pflanzen pro m²

Praxisertrag / Messparzellenertrag

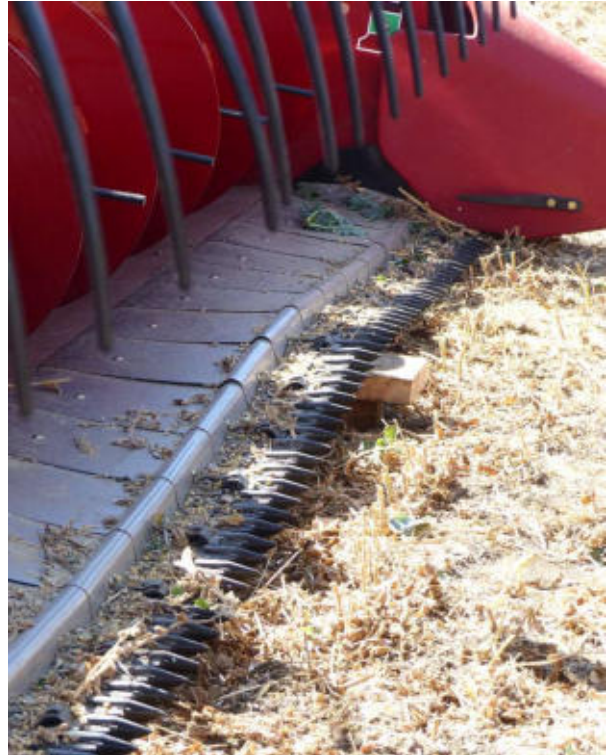
Neben dem vom Betrieb ermittelten Ertrag der Sojaschläge wurden vor dem Dreschen auf jedem Schlag zwei Messparzellen von 2,5 m² per Hand geerntet. Der so ermittelte Messparzellenertrag lag im Mittel 35 % höher als der vom Betrieb angegebene Ertrag. Maximal wurde ein Ertrag von 70 dt/ha gemessen. Die

1 Ackerbauliche Ergebnisse / 1.2 Ertrag

großen Unterschiede können mit folgende Ursachen haben:

- Die Messparzellen lagen nicht in Vorgehenden, auf Kuppen oder Senken, an Fahrspuren oder in anderweitig gestörten Bereichen des Schlages. Die Bodenbedingungen waren somit in der Regel besser als im Durchschnitt des Schlages.
- Die Handernte erfolgte im Mittel 10 Tage vor dem Drusch. Verluste durch geplatze Hülsen waren somit bei der Handernte geringer.
- Bei der Handernte wurden die Pflanzen direkt über dem Boden geschnitten. Es ist somit von geringeren Ernteverlusten auszugehen. Darauf weist auch der Zusammenhang von der **Schnitthöhe des Mähdeschers** und der Differenz von Drusch- und Messparzellenertrag hin. Im Mittel konnte ein Ertragsverlust **je cm Schnitthöhe** von **0,5 bis 1 dt/ha** errechnet werden. Die geringste Schnitthöhe wurde mit 2 cm, die höchste mit 13 cm

angegeben, das Mittel lag bei 6 cm. Die niedrigsten Schnitthöhen wurden mit Flex-Schneidwerken erreicht (Bild). Bei größerer Bestandeshöhe und einem hohen Ansatz der ersten Hülsen waren die Ernteverluste geringer.



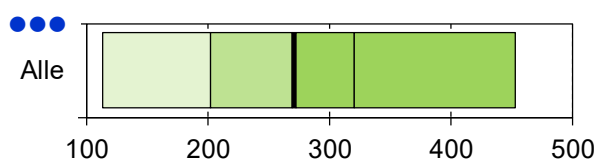
Flex-Schneidwerk für bodennahen Sojabohnendrusch

Wasserversorgung

Niederschlag und Beregnung

Für den Einfluss der Wasserversorgung auf den Sojaertrag wurden verschiedene Zeiträume getestet. Den größten Ertragseinfluss hatte die Niederschlags- und Beregnungsmenge von zwei Wochen nach der Saat bis zwei Wochen vor der Probenernte (entspricht \varnothing 3 Wochen vor dem Drusch). Die Niederschlagsmenge variierte in diesem Zeitraum von 106 bis 423 l/m². Auf ca. 10 % der Schläge wurden die Sojabestände beregnet. Die

Beregnungsmenge variierte von 25 bis 120 l/m² und lag im Mittel bei 60 l/m².



Niederschlag und Beregnung 2 Wochen nach Saat bis ca. 3 Wochen vor Ernte [l/m²]

Details zu Ertrag und wesentlichen Faktoren

Unterhalb von ca. 300 l/m² Niederschlag inklusive Beregnung (entspricht \varnothing 2,7 l/m² am Tag) trat im Mittel ein negativer Ertragseffekt durch Wassermangel auf. Bis zu den genannten 300 l/m² erbrachte ein **Plus** von **50 l/m²** im Durchschnitt ca. **3,7 dt/ha Mehrertrag**. Bei Wassermangel waren vor allem eine geringere Anzahl von Hülsen pro Pflanze und ein geringeres Tausendkorngewicht zu verzeichnen. Unterschiede in der Wasserabhängigkeit zwischen konventionell und ökologisch angebauten Sojabohnen waren nicht erkennbar. Im Untersuchungszeitraum 2015 bis 2017 lag die Wasserversorgung von ca. zwei Dritteln der Untersuchungsschläge unterhalb der 300 l/m². Die mittlere Niederschlagshöhe von Mai bis August, die Möglichkeit zur Beregnung und die Wasserspeicherfähigkeit des Bodens sollten somit wichtige Kriterien bei der Standortwahl für den Sojaanbau bzw. bei der Abschätzung des zu erwartenden Ertrags sein.

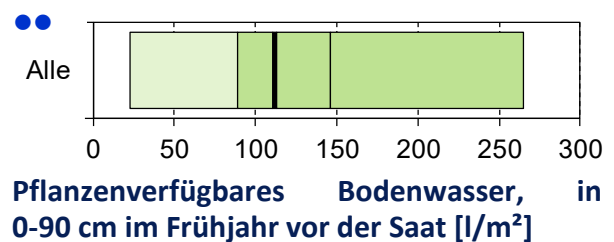


Durch Trockenheit geschädigter Bestand: kaum Hülsen im oberen Pflanzenbereich (133 l/m² 2 Wochen nach Saat bis 3 Wochen vor Ernte)

Bei einer Unterteilung der Wasserversorgung auf drei Wachstumsabschnitte der Sojabohne deuten die Ergebnisse darauf hin, dass ein Wassermangel in den fünf Wochen um die Hauptblüte herum besonders ertragsrelevant war. Aber auch im Zeitraum vor der Blüte und in der Phase der Hülsenfüllung waren deutliche Effekte der Wasserversorgung erkennbar.

Bodenwasser

Die Menge an verfügbarem Bodenwasser im Frühjahr wurde aus den Bodenwassergehalten der N_{min}-Probenahme unter Berücksichtigung des geschätzten Steinanteils und des im Ton gebundenen Totwassers errechnet. Dieser Wert beschreibt den Wasservorrat im Boden vor Vegetationsbeginn, kann aber zum anderen auch einen Hinweis auf das Maß der Speicherfähigkeit eines Bodens geben, d. h. für die Eigenschaft, Trockenphasen abpuffern zu können.



Werte von weniger als 100 l/m² in 0-90 cm waren im Mittel mit geringeren Erträgen verbunden. Bei einer höheren gespeicherten Wassermenge wurde kein Effekt auf den Ertrag festgestellt. Von 20 bis 100 l/m² erbrachte ein **Plus** von **10 l/m²** im Durchschnitt ca. **1 dt/ha Mehrertrag**. Ca. 40 % der Schläge enthielten im Frühjahr weniger als 100 l/m² in 0-90 cm Tiefe.

1 Ackerbauliche Ergebnisse / 1.2 Ertrag

Wesentliche Faktoren der Menge an verfügbarem Bodenwasser im Frühjahr waren:

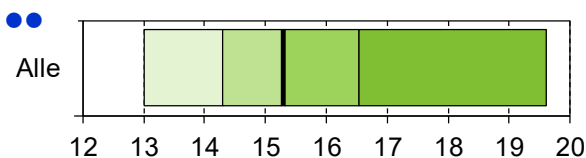
- Negativ: hohe Stein-, Sand- und Tongehalte, Bodenverdichtungen; häufige Bodenbearbeitungsmaßnahmen (Winter bis Probenahme).
- Positiv: hohe Schluff- und Humusgehalte, tiefgründige Böden; hohe Niederschlagsmengen ab Herbst; niedrige Temperaturen in der zweiten Winterhälfte.

Sowohl die Bodengüte als auch die mittlere Niederschlagshöhe über Winter sind relevante Ertragseinflüsse, die bei der Standortwahl bzw. bei der Abschätzung des zu erwartenden Ertrags berücksichtigt werden sollten.

Temperatur

Temperatur bis Blühbeginn

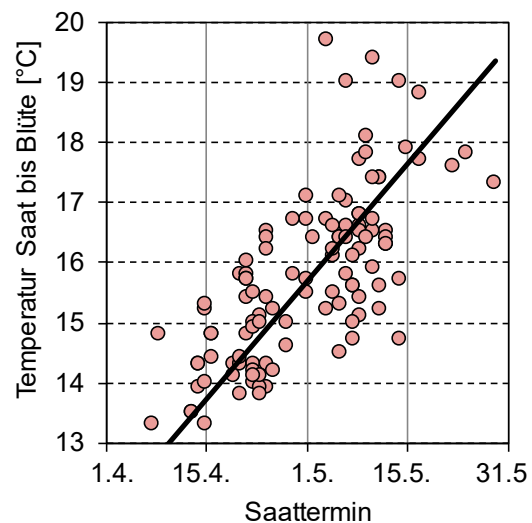
Die durchschnittliche Temperatur (Tagesmittel der Lufttemperatur) von der Saat bis zur Sojablüte hatte einen deutlichen Einfluss auf den Ertrag. Im Mittel erhöhte sich der Ertrag im Bereich der gemessenen Temperaturen um ca. **1,1 dt/ha pro 1 °C**. Dieser Zusammenhang verdeutlicht den bekanntermaßen hohen Wärmeanspruch der Sojabohne.



Ø Temperatur von Saat bis Blühbeginn [°C]

Die wichtigste Ursache der großen Unterschiede bei der Durchschnittstemperatur von Saat bis Blüte zwischen den untersuchten Schlägen war nicht wie erwartet auf die Standortbedingungen zurückzuführen, sondern vor allem auf den Saattermin (siehe Grafik). Im Mittel lag bei dem Saattermin 15. Mai im Vergleich zum 15. April die Temperatur um 4 °C und damit der Ertrag um 4,4 dt/ha höher.

Der Standort, z. B. die Höhe über NN und in geringerem Maße der Breitengrad, spielte eine weitaus geringere Rolle.

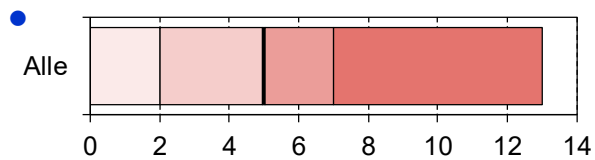


Zusammenhang von Saattermin und Ø Temperatur von Saat bis Blüte bei den untersuchten Schlägen

Kalte Nächte im Blühzeitraum

Bekanntermaßen können kalte Nächte im Zeitraum der Sojablüte zu Blütenfall und damit zu Ertragseinbußen führen. In der vorliegenden Untersuchung hatte die Anzahl Nächte mit einer Minimumtemperatur unter

10 °C im Blühzeitraum einen deutlich negativen Effekt auf den Ertrag von im Mittel ca. **-0,4 dt/ha je Nacht < 10 °C**.



Nächte mit Minimumtemperatur < 10 °C im Blühzeitraum

Die Anzahl kalter Nächte im Blühzeitraum war bei der Wahl eines späteren Saatzeitpunkts geringer. Bei diesem Faktor hatte jedoch der Standort einen größeren Einfluss als bei der oben genannten Durchschnittstemperatur. Je weiter nördlich und je höher ein Standort lag, umso größer war im Durchschnitt die Anzahl

kalter Nächte. Die bekanntermaßen bestehenden Sortenunterschiede hinsichtlich der Empfindlichkeit gegenüber Blütenfall konnten hier nicht untersucht werden. Über die Eignung konkreter Standorte auch hinsichtlich der Temperatur gibt die Online-Karte des JKI Auskunft (S. 102).

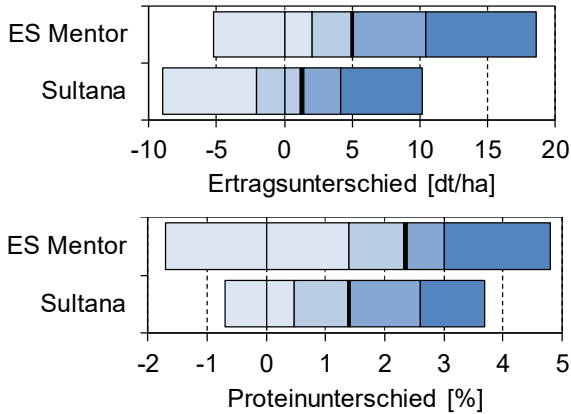
Insgesamt besteht mit der Wahl eines späteren Saattermins ein großes Potential, das Risiko von temperaturbedingten Ertrags-einbußen zu mindern. Dies gilt vor allem vor dem Hintergrund, dass über ein Drittel der Betriebe Sojasorten der Reifegruppe 000 zum Teil in Gunstlagen, d. h. mit relativ langer Vegetationsperiode, vor dem 30.04. (Mittelwert aller Saattermine) gesät haben.



Sojablüten der Sorte 'Amandine'; die Blütengröße der Sojabohne erreicht maximal 6 mm

Sortenpotential Ertrag und Protein

Um das Ertrags- und Proteinpotehtial der verschiedenen Sorten auf den untersuchten Praxisschlägen in die Auswertung einbeziehen zu können, wurden deutsche Sortenversuche verwendet. Insgesamt wurden die Ertrags- und Proteinergbnisse aus den Jahren 2015 bis 2017 von 35 Standorten geprüft. Die in den Sortenversuchen am häufigsten angebauten Sorten 'Merlin' und 'Obelix' wurden als Vergleichssorten gewählt. Allerdings variierten die Ergebnisse für einzelne Sorten oft stark zwischen den einzelnen Versuchsjahren und -standorten. So schwankte z. B. bei der Sorte 'Sultana' der Ertragsunterschied zur Sorte 'Merlin' von -9 bis +10 dt/ha und der Proteingehaltsunterschied zur Sorte 'Obelix' von -0,7 bis +3,7 Prozentpunkten.



Beispielergbnisse der Auswertung von 65 deutschen Sojasortenversuchen 2015 bis 2017 zu den Sorten 'ES Mentor' und 'Sultana': Schwankungsbreite der Ertragsunterschiede zur Vergleichssorte 'Merlin' und der Proteinunterschiede zur Vergleichssorte 'Obelix'

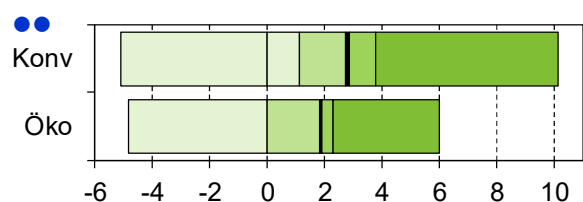
Mit der Verwendung des mittleren Wertes (Median) für jede Sorte konnte der Sorteneinfluss aber bei der Auswertung gut abgesichert werden. Für die Sorte 'Sultana' ist das z. B. ein Ertragsunterschied von +1,3 dt/ha

und ein Proteingehaltsunterschied von 1,4 Prozentpunkten. Bei den Ertragsunterschieden bewährte sich die Vergleichssorte 'Merlin', bei den Proteinunterschieden die Vergleichssorte 'Obelix'.

Das anfangs geprüfte Vorgehen, den jeweils zum Untersuchungsschlag nächstgelegenen Sortenversuch aus dem gleichen Anbaujahr zu wählen, erbrachte keine zufriedenstellenden Resultate. Dieses Ergebnis weist darauf hin, dass zur Abschätzung des Ertrags- bzw. Proteinpotehtials einer Sorte möglichst Sortenversuchsergebnisse aus mehreren Jahren und von mehreren Standorten berücksichtigt werden sollten. Eine Liste der auf den Untersuchungsschlägen angebauten Sorten findet sich im Anhang (S. 101).

Sortenpotential Ertrag

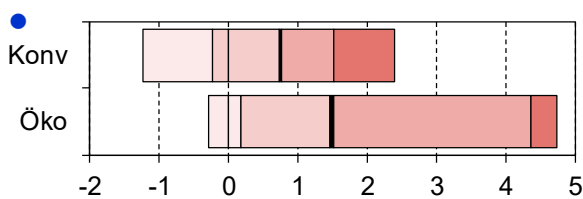
Die Ergebnisse zum Ertrag aus den Sortenversuchen konnten im Mittel auch in der Praxis wiedergefunden werden. Das heißt, Sorten mit einem höheren Ertragspotential erbrachten höhere Erträge. Bei einem Ertragsunterschied zur Sorte 'Merlin' in den Sortenversuchen von +1,0 dt/ha (Median deutscher Sortenversuche 2015 bis 2017) zeigte sich in der Praxis aber nur ein um +0,7 dt/ha höherer Ertrag.



Sortenpotential Ertrag [dt/ha], Unterschied zur Sorte 'Merlin' (Median deutscher Sortenversuche 2015-2017: 34,1 dt/ha, 14 % Feuchte)

Sortenpotential Protein

Auch das aus den Sortenversuchen abgeleitete Sortenpotential im Proteingehalt erwies sich als ertragswirksam, allerdings negativ. Bei einem Proteinunterschied zur Sorte 'Obelix' in den Sortenversuchen von **+1,0 Prozentpunkten** (Median deutscher Sortenversuche 2015 bis 2017) zeigte sich in der Praxis ein um **0,5 dt/ha niedrigerer** Ertrag.



Sortenpotential Protein [% TS], Unterschied zur Sorte 'Obelix' (Median deutscher Sortenversuche 2015-2017: 40,7 % i. d. TS)

Die großen Unterschiede in den angebauten Sorten hinsichtlich des Proteinpotentials

zwischen konventionellen und ökologischen Schlägen ist vor allem auf die Speisesoja-Produktion auf einigen Ökobetrieben zurückzuführen. Für die Tofu-Produktion werden besonders proteinreiche Sojabohnen benötigt und deshalb häufiger spezielle Hochproteinsorten angebaut. Die Sortenwahl kann neben dem Unkrautdeckungsgrad eine Ursache für die im Mittel etwas niedrigeren Erträge auf den ökologisch bewirtschafteten Schlägen sein.

Insgesamt können Ergebnisse aus Sortenversuchen wertvolle Hinweise für die Sortenwahl geben. Einzelergebnisse von einem Standort und einem Jahr können jedoch deutlich vom mittleren Potential einer Sorte abweichen. Zusätzlich zum Ertrags- und Proteingehaltspotential sowie zum Protein-ertrag (S. 48) muss bei der Sortenwahl auch die Eignung der entsprechenden Reifegruppe für einen konkreten Standort beachtet werden.



Unterschiedliches Abreifeverhalten verschiedener Sojasorten im Sortenversuch

Sklerotinia

Sklerotinia (*Sclerotinia sclerotiorum*) ist bekanntermaßen bisher einer der wenigen Krankheitserreger, der beim Sojaanbau in Deutschland zu relevanten Ertragseinbußen führen kann. In den Messparzellen der untersuchten Schläge wurden bei der Bonitur zum Ende der Sojablüte in 8 % der Bestände Einzelpflanzen mit Sklerotiniabesatz gefunden (siehe Fotos). Zur Ernte gab es auf 14 % der Schläge Hinweise auf einen Besatz mit Sklerotinia. Ein deutlicher Ertragseffekt wurde jedoch nur in wenigen Einzelfällen vermutet. Ein statistischer Nachweis war nicht möglich.



Beginnender Sklerotiniabefall an Sojapflanzen

Sklerotinia trat nur in Beständen mit überdurchschnittlich hoher Wasserversorgung auf (Regen und Beregnung). Ein klarer Zusammenhang mit dem Anbau von Raps, Sonnenblumen oder Soja in den Vorjahren war aus den Untersuchungsdaten nicht zu

erkennen. Allerdings befällt Sklerotinia eine Vielzahl weiterer Wirtspflanzen, darunter auch Kartoffeln, Leguminosen und viele Zwischenfrüchte (u. a. Senf, Ölrettich, Ramtilkraut) und kann über viele Jahre im Boden überdauern. Von den insgesamt 114 untersuchten Schlägen wurde in den 10 Jahren vor dem geprüften Sojaanbau nur auf einem Schlag keine der oben genannten Sklerotinia-Wirtspflanzen angebaut.



Sojapflanze mit starkem Sklerotiniabefall

Ein erhöhtes Sklerotiniarisiko wird vor allem bei der Kombination von feuchtem Standort und deutlichem Sklerotiniabefall einer Kultur in der Vorfruchtgeschichte gesehen.

Ungeprüfte mögliche Faktoren des Ertrags

Mit den durchgeführten Untersuchungen konnten nicht alle möglichen Einflüsse auf den Sojaertrag vollständig abgedeckt oder exakt geprüft werden. Im Folgenden werden einzelne Faktoren aufgeführt, die zusätzlich eine Rolle bei der Entwicklung des Sojaertrags spielen können oder bei denen Einschränkungen in der Genauigkeit gemacht werden müssen:

- Nicht alle **Standortbesonderheiten** konnten durch die Untersuchungen genau ermittelt werden: z. B. Witterungsdaten stammen nicht vom Schlag sondern von der jeweils nächstgelegenen Wetterstation, spezielle Unterbodenbedingungen, Besonderheiten in der Vorgeschichte die nicht aufgezeichnet wurden.
- **Qualität der Bodenbearbeitung.** Von der Grundbodenbearbeitung bis zur Saatbettbereitung spielt der jeweilige Bodenzustand und die Qualität der Durchführung für die resultierende Bodenstruktur und damit auch für die Ertragsbildung eine große Rolle. Eine Erfassung dieser Qualitätsmerkmale war nicht möglich.
- **Saatgutqualität** zum Saatzeitpunkt. Die Keimfähigkeit und Triebkraft von Soja-saatgut kann sich z. B. aufgrund von Lagerungsbedingungen oder mechanische Beeinträchtigungen bei Transport, Reinigung oder Umlagerung, Impfung und der Saatechnik kurzfristig verschlechtern. Die Ergebnisse der z. T. deutlich vor der Saat entnommenen oder noch gelagerten Saatgutproben müssen somit nicht immer den Praxisbedingungen zur Saat entsprechen.



Frostgärer Boden nach Pflügen im Herbst



Krümeliger Boden nach Zwischenfrucht und Grubber

1 Ackerbauliche Ergebnisse / 1.2 Ertrag

- **Qualität der Impfung.** Von den Betrieben wurden Angaben zu Impfmittel und Impfmethode sowie zum Zeitraum zwischen Impfung und Saat erfragt. Daneben können jedoch viele weitere Faktoren eine Rolle beim Erfolg der Impfung spielen: z. B. die Qualität der Impfmittelcharge (Vitalität der Rhizobien), die Verteilung des Impfmittels auf den Bohnen, schädliche Einflüsse wie Sonnenlicht etc., Haftung des Impfmittels bis die Bohne im Boden ist. Diese Faktoren konnten nicht erfasst werden.
 - Die eingesetzte **Saattechnik** und die **Qualität der Aussaat** können einen deutlichen Einfluss auf die Bestandesentwicklung haben. Es konnte im Rahmen des Projekts jedoch nur abgefragt werden, ob Einzelkorn- und Drillsaat durchgeführt und welche Saattiefe angestrebt wurde.
 - In den Jahren 2015 bis 2017 trat in den untersuchten Sojaschlägen kein nennenswerter Befall mit **Distelfaltern** auf. In einzelnen Jahren wie z. B. 2019 kann ein ertragsrelevanter Befall in Einzelfällen eine Bekämpfung erforderlich machen.
 - Die **Qualität des Druschs** kann durch die Wahl des Termins, die äußeren Bedingungen, die Einstellungen des Mähdreschers und die Durchführung die Ertragsausbeute stark beeinflussen. Eine detaillierte Erfassung dieser Faktoren war nicht möglich.
- Es ist in jedem Fall wichtig, neben den in diesem Projekt ermittelten wesentlichen Faktoren des Sojaertrags auch die Hinweise und Tipps der vielfältig verfügbaren Anbauanleitungen zu berücksichtigen (S. 102).



Erfolgreiche Einzelkornsäat



Erfolgreiche Drillsäat

Parameter ohne großen Ertragseinfluss

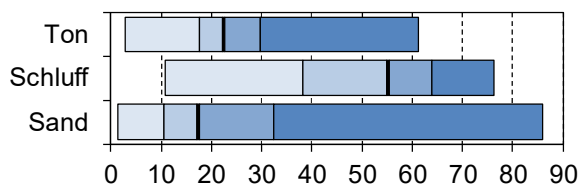
Bei den Untersuchungen wurden eine Vielzahl von Parametern aus den Bereichen Standort, Bewirtschaftung und Bestandesentwicklung ermittelt für die keine großen Effekte auf den Sojaertrag nachgewiesen wurden. Diese Aussage gilt jedoch nur für die jeweils untersuchte Spannweite der einzelnen Parameter. Eine

Auswahl wird im Folgenden dargestellt. Veränderungen bei diesen Parametern lassen beim Sojaanbau keine großen Ertragseffekte erwarten.

Boden und Nährstoffe

Physikalische Bodeneigenschaften

Sowohl die Bodenart – Ton-, Schluff- und Sandgehalt –, der Steinanteil und die Tiefgründigkeit haben einen Einfluss auf die Wasserhaltefähigkeit des Bodens und damit auch auf den Sojaertrag (S. 8). Rechnet man den Wassereinfluss heraus, war jedoch kein deutlicher Ertragseffekt dieser Parameter zu erkennen. Das heißt, bei ausreichender Wasserversorgung konnten auch auf sandigen, steinigen oder tonigen Böden hohe Erträge erreicht werden.



Bodenart: Ton-, Schluff- und Sandgehalt, 0-20 cm [%]; 19 % lehmige Sande, 58 % Lehm Böden, 23 % tonige Böden

Auch ein deutlicher Einfluss unterschiedlicher Bodendichte bzw. von Verdichtungen im Boden (z. B. Pflugsohle) auf den Ertrag wurde nicht ermittelt. Allerdings traten an den Messparzellen auch nur auf sehr wenigen Schlägen nennenswerte Verdichtungen auf.

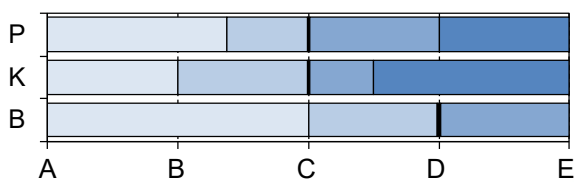


Erfolgreicher Sojaanbau auf Sand- und Tonböden

1 Ackerbauliche Ergebnisse / 1.2 Ertrag

Chemische Bodeneigenschaften

Auch die in 0 bis 20 cm Tiefe bestimmten chemischen Bodeneigenschaften (Nährstoffe P, K, Mg, B, Mn, Zn, Cu, S; pH-Wert, organische Substanz, C/N-Verhältnis) zeigten in den gefundenen Spannbreiten keine wesentliche Wirkung auf den Sojaertrag. Bei den Nährstoffen ist ein Ertragseffekt ab einer VDLUFA-Versorgungsstufe B unwahrscheinlich.

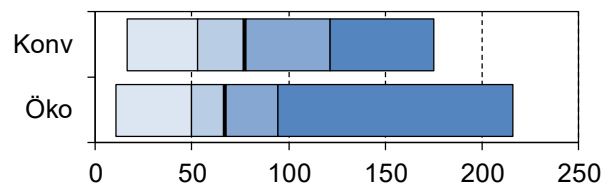


Phosphor, Kalium und Bor in 0-20 cm, VDLUFA-Versorgungsstufen

Für die Gehaltsklasse A liegen zu wenige Fälle für eine Aussage vor. Der pH-Wert hatte im

Bereich 5,8 bis 7,5 keinen erkennbaren Ertragseinfluss. Beim Gehalt an organischer Substanz in der Krume ist nur ein Ertragseffekt über die bessere Wasserhaltefähigkeit bei höheren Gehalten zu erwarten.

Die meist Anfang April vor der Saat in 0 bis 90 cm Tiefe gemessenen N_{\min} -Werte wiesen eine sehr große Spannbreite auf. Ein wesentlicher Einfluss der unterschiedlichen Gehalte auf den Ertrag war nicht zu erkennen. Dieses Ergebnis bestätigt Feldversuche, die keine positiven Ertragseffekte einer Stickstoffdüngung zu Soja erbrachten. Voraussetzung ist allerdings die Impfung mit Rhizobien.



N_{\min} im Frühjahr vor der Sojasaat (meist Anfang April) in 0-90 cm [kg/ha]

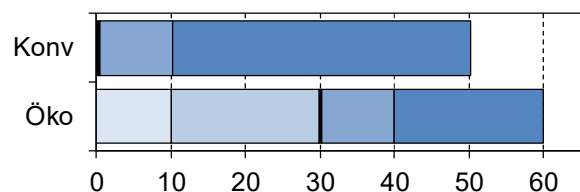
Bewirtschaftung

Fruchtfolge & Düngung

Die Auswertung der Anbaugeschichte der untersuchten Sojaschläge (10 Jahre vor dem untersuchten Sojaanbau) erbrachte keine Zusammenhänge der angebauten Haupt- und Zwischenfrüchte mit dem Sojaertrag. So waren z. B. weder bei unterschiedlichen Leguminosen-, Getreide- oder Hackfruchtanteilen Effekte auf den Ertrag zu erkennen.

Auch ein Einfluss der direkten Vorfrucht oder des Anbaus von Zwischenfrüchten vor Soja zeigte sich nicht. Gleiches gilt für die unterschiedlichen Düngeregime, die sich

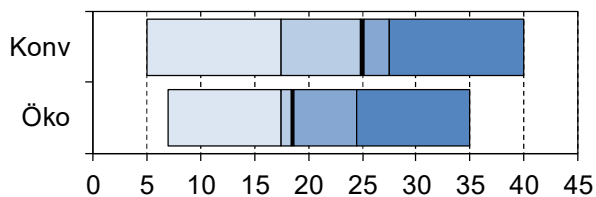
besonders zwischen ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung stark unterschieden.



Anteil an Leguminosenhauptfrüchten in 10 Jahren [%]; 50 % der konv. Schläge ohne Leguminosen

Bodenbearbeitung

Die langfristigen Bodenbearbeitungssysteme (z. B. Pflug oder pfluglos, maximale Arbeitstiefe oder Intensität der Stoppelbearbeitung) und die direkten Bodenbearbeitungsmaßnahmen von Ernte der Vorfrucht bis zur Sojasaat variierten sowohl bei der Wahl der Geräte, der Arbeitstiefe und der Einsatzhäufigkeit in einem weiten Bereich. Deutliche Effekte auf den Ertrag waren trotzdem nicht nachzuweisen. So war z. B. kein wesentlicher Einfluss von Pflug bzw. pflugloser Grundbodenbearbeitung auf den Ertrag festzustellen, weder bei den konventionellen (50 % Pflug) noch bei den ökologischen Schlägen (67 % Pflug). Gleiches gilt für das Walzen nach der Saat.



Tiefe der letzten Grundbodenbearbeitung vor Sojasaat [cm]

Allerdings spielt bei der Auswahl von Bodenbearbeitungsmaßnahmen und ihrer Wirkung auf den Boden u. a. die jeweilige Bodenart, der aktuelle Bodenzustand und die Qualität der Durchführung eine große Rolle, so dass eindeutige Effekte über alle geprüften Standorte kaum zu erwarten waren. Für diese Fragestellung sind vergleichende Feldversuche an konkreten Standorten notwendig.

Aussaat

Für eine erfolgreiche Saat spielen viele Faktoren eine Rolle. So können z. B. Saatgutqualität (Keimfähigkeit, Triebkraft), Impftechnik, Aussaatstärke, Saattiefe, und Saattbettqualität einen großen Einfluss auf die spätere Bestandesdichte haben. Auf den Untersuchungsschlägen waren jedoch weder die genannten Faktoren noch die Bestandesdichte selbst wesentlich für Ertragsunterschiede verantwortlich (S. 7). Auf 30 % der konventionellen und auf 64 % der ökologisch bewirtschafteten Schläge wurden Einzelkornsaatverfahren angewendet.



Sojasaat mit Packer und Drillkombination

1 Ackerbauliche Ergebnisse / 1.2 Ertrag

Ein Effekt auf den Ertrag gegenüber der Drillsaat war nicht nachzuweisen. Gleiches gilt für die großen Unterschiede im Reihenabstand: konventionell zwischen 10 und 50 cm, Median 15 cm, ökologisch zwischen 18,5 und 75 cm, Median 50 cm. Entgegen den in der Literatur zu findenden Warnungen vor Ertragseinbußen bei großen Reihenweiten erreichten in der Untersuchung Bestände mit 75 cm Reihenabstand Erträge im Spitzenbereich.

Die Bestandesdichte zeigte sich zwar nicht direkt als ertragswirksam, hatte jedoch einen großen Einfluss auf den wichtigen Ertragsfaktor Unkrautdeckungsgrad. Deshalb wird auf die ermittelten Faktoren des Parameters Sojapflanzen/m² im Kapitel Unkraut näher eingegangen (S. 27).



Erfolgreicher Sojaanbau bei 12,5 (links) und 75 cm (rechts) Reihenabstand

Krankheiten und Schädlinge

Bis auf die oben genannten, selten aufgetretenen Ertragseinbußen durch Vogelfraß und Sklerotinia (S. 6 und 14) wurde kein Krankheits- oder Schädlingsbefall mit einem nennenswerten Ertragseinfluss festgestellt.

In der Jugendentwicklung wurden auf 17 % der Schläge Fraßschäden durch Wild ermittelt, in der weiteren Entwicklung des Sojabestandes spielten diese für die Ertragsbildung jedoch keine große Rolle. Gleiches gilt für den häufig vorkommenden Falschen Mehltau (Ende der Sojablüte: 60 % der Bestände) und für die nur selten und in geringem Maße aufgetretenen unspezifischen Schäden an den Wurzeln. Nennenswerter Distelfalterbesatz trat nicht auf.

Die Untersuchung des eingesetzten Saatguts erbrachte in keinem Fall einen Besatz mit problematischen Erregern, wie z. B. Diaporthe.



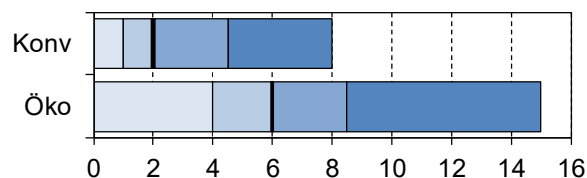
Starker Befall mit Falschem Mehltau an Sojablättern – ohne Effekt auf den Ertrag

1.3 Unkraut

Unabhängig vom Bewirtschaftungssystem ist der Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Sojablüte ein wichtiger Faktor des Ertrags. Da zwischen konventionell und ökologisch bewirtschafteten Schlägen jedoch wesentliche Unterschiede, sowohl in der Unkrautintensität als auch in den Möglichkeiten zur Regulierung vorliegen, wurden die beiden Systeme bei der Analyse der wichtigen Einflussfaktoren getrennt behandelt.

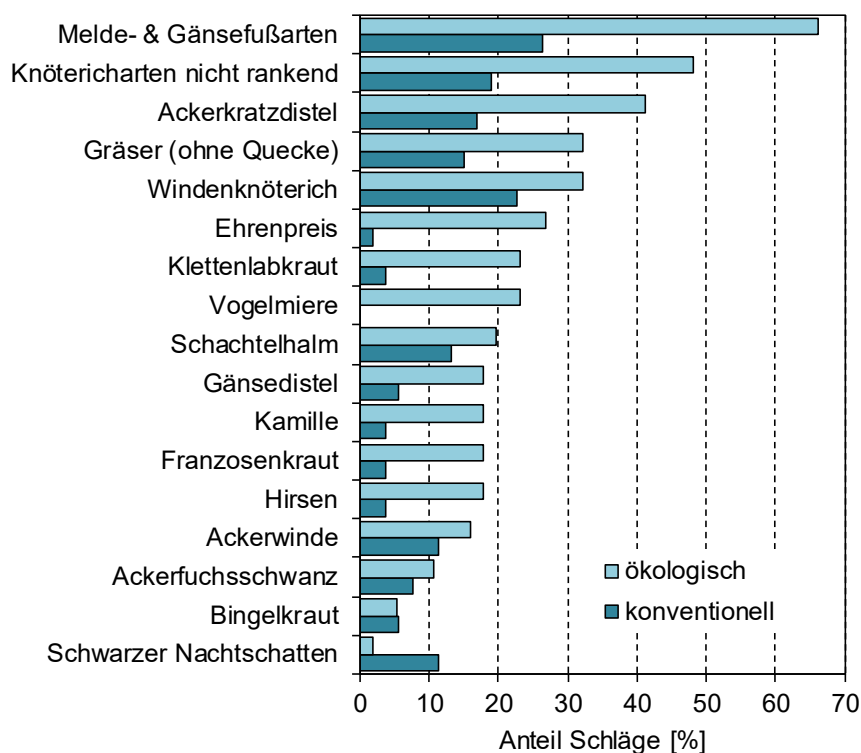
Schon die gefundenen Unkrautarten variierten in Anzahl und Häufigkeit deutlich zwischen den ökologisch und konventionell bewirtschafteten Schlägen.

Insgesamt ist beim Unkrautdeckungsgrad eine so klare Zuordnung und Quantifizierung



Anzahl Unkrautarten an zwei 5 m²-Messparzellen je Schlag

einzelner Faktoren wie beim Ertrag nicht möglich. Dies liegt unter anderem daran, dass einzelne Ereignisse in den Vorjahren – z. B. aussamende Spätverunkrautung, missglückte mechanische oder chemische Maßnahmen – oder die sehr langfristige Vorgeschichte einen starken Einfluss auf die aktuelle Verunkrautung haben können. Diese möglichen Einflussgrößen konnten jedoch nicht mit untersucht werden.



Anzahl Unkrautarten an zwei 5-m²-Messparzellen je Schlag

1 Ackerbauliche Ergebnisse / 1.3 Unkraut

Die unten genannten Faktoren können also nur Hinweise auf Maßnahmen bzw. Bedingungen sein, die auf den Untersuchungsschlägen den Unkrautdruck gefördert bzw. reduziert haben.

Beim konventionellen Sojaanbau ist im Wesentlichen die Wirksamkeit der Herbizidanwendungen für den Unkrautdeckungsgrad im Bestand ausschlaggebend. Die ermittelten Einflussgrößen weisen somit auf Bedingungen bzw. Faktoren hin, die die Effizienz des Herbizideinsatzes oder das Unkrautwachstum bei Versagen oder nicht vollständiger Wirksamkeit des Herbizids beeinflussen.

Der Unkrautdeckungsgrad in ökologisch angebaute Sojabeständen hängt hingegen meist von einer Vielzahl von Faktoren ab, die in diesem Projekt nur zu einem Teil erfasst werden konnten.

Bei der statistischen Auswertung wurden hier dieselben 51 konventionellen Sojabestände einbezogen wie beim Ertrag. Von den 56 ökologisch bewirtschafteten Schlägen wurden bei der Ermittlung der wesentlichen Faktoren zwei Schläge mit über 45 % Unkrautdeckungsgrad ausgeschlossen. In beiden Fällen waren außergewöhnliche Umstände (starker Taubenfraß bzw. extreme Standortbedingungen) für die hohen Deckungsgrade verantwortlich.

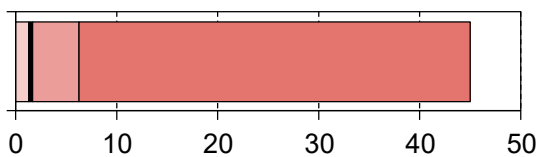


Windknöterich und Ackerwinde können auch auf konventionellen Flächen problematisch sein; in Öko-Sojabeständen sind häufig viele Unkrautarten vertreten

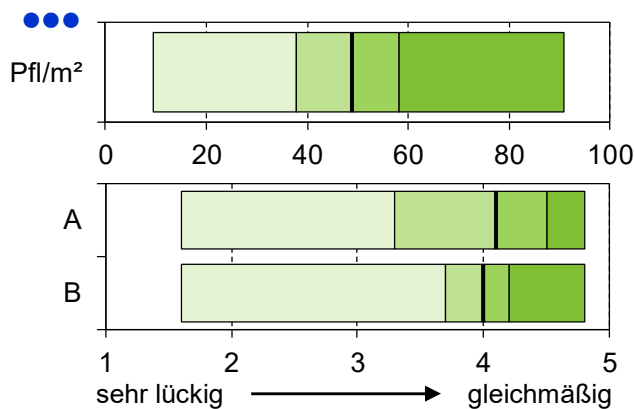
Übersicht konventionell: Wesentliche Faktoren des Unkrautdeckungsgrads

Die Faktoren sind nach Ihrer Bedeutung für den Unkrautdeckungsgrad sortiert, Details finden sich auf den genannten Seiten. Alle Faktoren hängen umgekehrt proportional mit dem Unkrautdeckungsgrad zusammen und

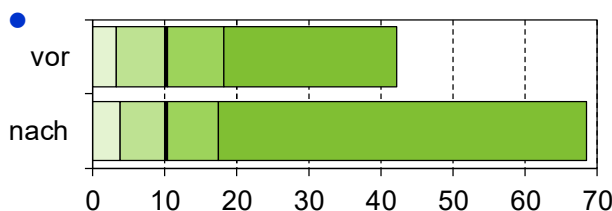
sind deshalb in den Grafiken grün dargestellt. So waren z. B. höhere Bestandesdichten im Mittel mit einem geringeren Unkrautdeckungsgrad verbunden.



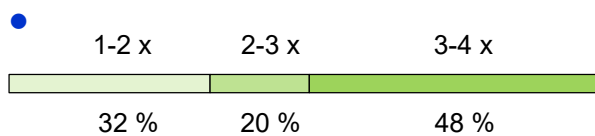
Unkrautdeckungsgrad [%], Ende der Sojablüte: Negativer Einfluss auf den Ertrag
S. 26



Pflanzen/m², nach Auflaufen, hängt eng mit der Gleichmäßigkeit der **Pflanzenverteilung** (A) und mit der **Bestandeshomogenität** zum Ende der Blüte (B) zusammen (Boniturnoten 1-5):
Dünne, lückige und ungleichmäßige Bestände sind häufig mit hoher Unkrautdeckung verbunden.
S. 27



Niederschlag [l/m²],
1 Woche vor und nach der Saat: Häufiger hohe Unkrautdeckung bei trockenen Bedingungen
S. 31



Ø Anzahl Herbizidanwendungen bei Hackfrüchten, langjährig: Oft geringere Unkrautdeckung bei höherer langfristiger Herbizidintensität
S. 31

Weitere Faktoren des Unkrautdeckungsgrads - konventionell

Einzelne Faktoren spielten nur bei wenigen Beständen eine Rolle oder hatten einen relativ geringen Effekt auf den Ertrag:

- **Feines Saatbett** – wenig Kluten: in einigen Fällen mit einem geringeren Unkrautdeckungsgrad verbunden (S. 31).
- **Maximale Arbeitstiefe** der Bodenbearbeitung im Frühjahr vor der Saat: Tendenz zu geringerem Unkrautdeckungsgrad bei größeren Arbeitstiefen (Spannweite 2 bis 30 cm).
- **Nachauflaufherbizid**: in einigen Fällen konnte der Unkrautdeckungsgrad bei schlechter Wirkung des Vorauf-herbizids im Nachauflauf reduziert werden (S. 31).
- **Stoppelbearbeitung**: Auf Betrieben mit Scheibeneggen zur Stoppelbearbeitung traten häufig geringere Unkrautdeckungsgrade als bei Verwendung von Grubbern auf.

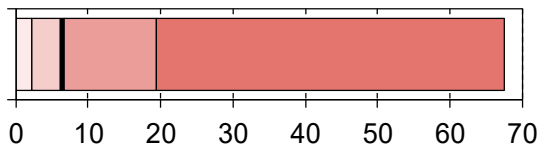


Nach wirkungslosem Vorauf-herbizid (links) durch Nachauflaufherbizid ausreichende Unkrautunterdrückung (rechts)

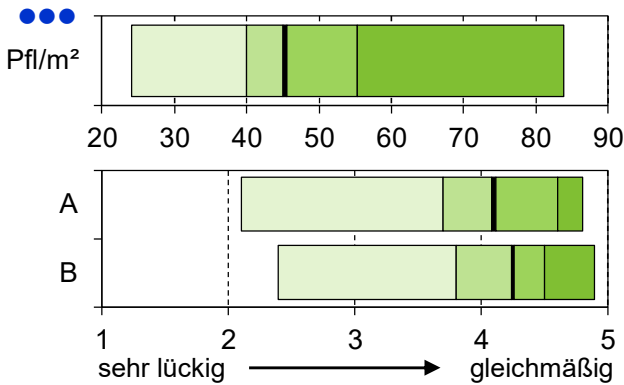
Übersicht ökologisch: Wesentliche Faktoren des Unkrautdeckungsgrads

Die Faktoren sind nach Ihrer Bedeutung für den Unkrautdeckungsgrad sortiert, Details finden sich auf den genannten Seiten. Zusammenhang mit dem Unkraut-

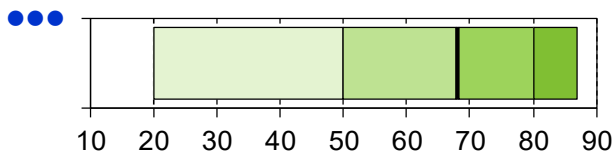
deckungsgrad: grün, hohe Werte oft geringe Unkrautdeckung; rot, hohe Werte oft hohe Unkrautdeckung.



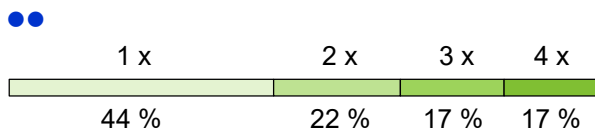
Unkrautdeckungsgrad [%], Ende der Sojablüte: Negativer Einfluss auf den Ertrag
S. 26



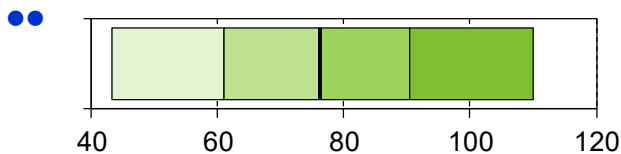
Pflanzen/m² nach Auflaufen, hängt eng mit der Gleichmäßigkeit der **Pflanzenverteilung (A)** und mit der **Bestandeshomogenität** zum Ende der Blüte (B) zusammen (Boniturnoten 1-5):
Dünne, lückige und ungleichmäßige Bestände sind häufig mit hoher Unkrautdeckung verbunden.
S. 27



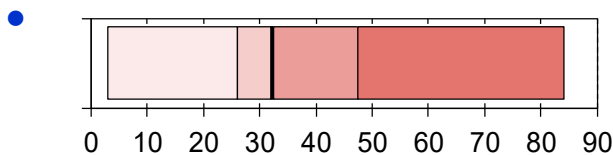
Bodenpunkte:
Häufiger hohe Unkrautdeckung auf schlechteren Böden
S. 35



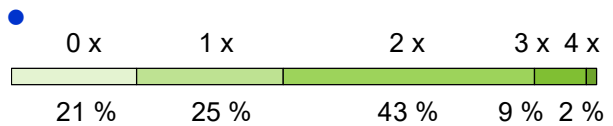
Ø Anzahl Stoppelbearbeitungsgänge, langjährig: Oft geringere Unkrautdeckung bei höherer Stoppelbearbeitungsintensität
S. 32



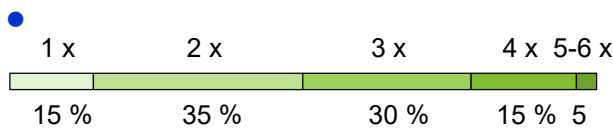
Bestandeshöhe [cm], Ende Sojablüte: Geringere Unkrautdeckung in hohen Beständen
S. 30



N_{min} [kg/ha], 0-30 cm, vor Saat: Oft höhere Unkrautdeckung bei hohen N_{min}-Werten im Oberboden
S. 35



Anzahl „Falsches Saatbett“:
Oft geringere Unkrautdeckung je häufiger „Falsches Saatbett“
S. 32



Anzahl Maschinenhacke:
Oft geringere Unkrautdeckung bei häufigerem Hacken
S. 33

Weitere Faktoren des Unkrautdeckungsgrads - ökologisch

Einzelne Faktoren spielten nur bei wenigen Beständen eine Rolle oder hatten einen relativ geringen Effekt auf den Ertrag:

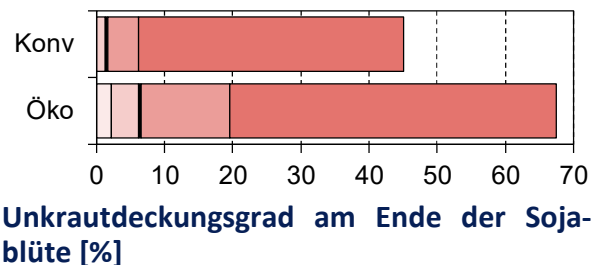
- **Tonreiche Böden** wiesen häufig eine Tendenz zu höheren Unkrautdeckungsgraden auf (S. 35).
- **Niedrige Temperaturen** 2 Wochen nach Saat (Spannweite insgesamt: 6-19 °C) führten bei einigen Beständen zu erhöhtem Unkrautdeckungsgrad (S. 35).

- Ein großer **zeitlicher Abstand** von der Saat bis zum erstem Blindstriegeln bzw. zum erstem Maschinenhacken war in einigen Fällen mit erhöhtem Unkrautdeckungsgrad verbunden (S. 33).
- Der höchste Unkrautdeckungsgrad trat auf einer Fläche mit häufigem Gemüseanbau, hohem Unkrautdruck und starken Sojabestandsschäden durch Taubenfraß auf.

Details zu Unkraut und wesentlichen Faktoren

Unkrautdeckungsgrad

Für den Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Sojablüte wurde mit einem mittleren Ertragsrückgang von ca. 3,3 dt/ha je 10 % Deckungsgrad ein deutlicher Ertrags Einfluss ermittelt. Bei 22 % der konventionellen und bei 41 % der ökologischen Bestände lag der Unkrautdeckungsgrad über 10 % und spielte somit eine wichtige Rolle bei der Ertragsbildung.



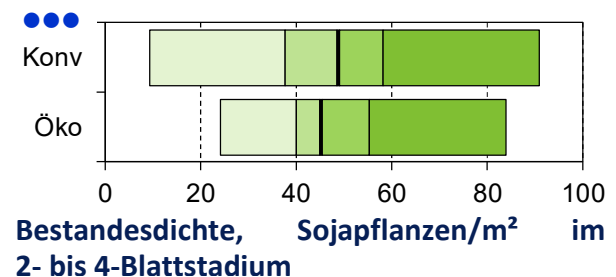
Bestandesdichte, -homogenität und -höhe

Die zu den Zeitpunkten 2- bis 4-Blattstadium und Ende der Sojablüte bestimmten Parameter Bestandesdichte und Bestandeshomogenität sind eng miteinander verbunden. Bei einer größeren Anzahl von Pflanzen pro m² war im Mittel auch die Verteilung der Pflanzen homogener. Bestände, bei denen im Frühjahr die Pflanzen ungleichmäßig verteilt waren, wirkten auch im Sommer oft noch inhomogen. Für jeden einzelnen dieser Parameter ergab die Auswertung einen starken Zusammenhang mit dem Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Sojablüte. Aufgrund der engen Verknüpfung untereinander konnten diese Einflüsse jedoch nicht einzeln gewichtet werden. Es gilt, dass dünne, lückige und ungleichmäßige Bestände häufiger höhere Unkrautdeckungsgrade aufwiesen als dichte und gleichmäßige Bestände. Das traf sowohl auf konventionell als auch auf ökologisch bewirtschaftete Schläge zu.

Auch die im Sommer ermittelte Bestandeshöhe hängt mit den oben genannten Parametern zusammen, allerdings weniger eng, so dass sie als gesonderter Faktor des Unkrautdeckungsgrads bestimmt werden konnte (die Bestandeshöhe war nur bei den Öko-Beständen relevant).

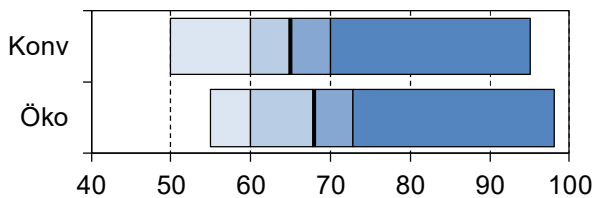
Bestandesdichte

Die Bestandesdichte variierte in einem weiten Bereich von 9 bis 91 Pflanzen/m² und lag im Mittel bei 47 Pflanzen/m². Unkrautdeckungsgrade über 10 % traten nur in Beständen mit weniger als 50 Sojapflanzen/m² auf.



1 Ackerbauliche Ergebnisse / 1.3 Unkraut

Ein wichtiger Faktor der Bestandesdichte ist die **Aussaatstärke**. Sie bildet die Voraussetzung für die maximal erreichbare Anzahl Sojapflanzen pro m². Nach Angaben der Betriebe schwankte sie zwischen 50 und 118 Körner/m², in den meisten Fällen lag sie zwischen 60 und 70. Die Angaben der Betriebe unterschieden leider oft nicht zwischen Gesamtzahl oder Anzahl keimfähiger Körner. In den meisten Fällen weisen die Ergebnisse aber auf die Gesamtzahl hin. Das Bewirtschaftungssystem, konventionell oder ökologisch, hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Aussaatstärke und Bestandesdichte.



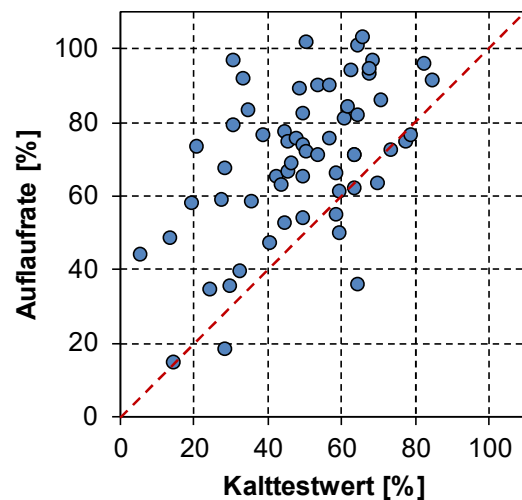
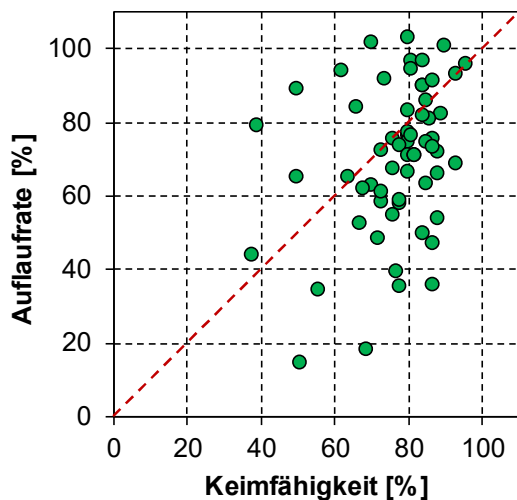
Aussaatstärke [Körner/m²], Angaben der Betriebsleitung (siehe Text)

Neben der Aussaatstärke ist die **Auflaufrate**, d. h. der Prozentsatz von Saatgutbohnen, aus denen sich Pflanzen entwickeln, bestimmend

für die Bestandesdichte. Als wesentliche Faktoren der Auflaufrate wurden die Saatgutqualität (Keimfähigkeit und Triebkraft) und verschiedene Bodeneigenschaften identifiziert.

Es ist bekannt, dass Sojasaatgut relativ empfindlich ist. So können Keimfähigkeit und Triebkraft z. B. durch mechanische Belastungen (bei Drusch, Reinigung, Abfüllung, Transport, etc.) stark beeinträchtigt werden. Auch die Lagerungsbedingungen scheinen negative Effekte haben zu können. Proben für die Saatgutuntersuchung sollten deshalb nach Probenahme umgehend ans Labor geschickt werden.

Die **Keimfähigkeit** der untersuchten Saatgutproben schwankte zwischen 38 und 96 %. 45 % der Proben lagen unter 80 % Keimfähigkeit. Der **Kalttestwert**, das heißt die bei niedrigeren Temperaturen und einer höheren Bodenaufgabe bestimmte Keimfähigkeit (auch als Triebkraft bezeichnet) reichte von 6 bis 85 %. Die meisten Proben lagen hier in dem Bereich von 40 bis 70 %.



Zusammenhang von Keimfähigkeit bzw. Kalttestwert (Keimfähigkeit unter erschwerten Bedingungen: Triebkraft) und Auflaufrate (% Sojapflanzen von ausgesäten Bohnen) 2016 und 2017; rote Linie: alle als keimfähig getestete Bohnen haben eine Pflanze gebildet; weitere Erläuterungen im Text

Details zu Unkraut und wesentlichen Faktoren



Normal (links), anomal (Mitte) und nicht gekeimtes Sojasaatgut nach Keimtest

Bei ca. der Hälfte der Bestände lag die Auflafrate deutlich unterhalb der Keimfähigkeit, aber bei fast allen Beständen entsprach sie mindestens dem Kalttestwert (siehe Grafiken). Das bedeutet, dass bei einer Berechnung der Aussaatstärke bei schwierigen Saatbedingungen der Kalttestwert besser geeignet scheint als die Keimfähigkeit. Die in einzelnen Fällen über der Keimfähigkeit liegende Auflafrate kann mit der Entwicklung anomal gekeimter Bohnen zu vollwertigen Pflanzen begründet sein. Beim Keimfähigkeits-test werden nur normal gekeimte Bohnen gewertet.

Es gibt eine ganze Reihe von Bedingungen, die darüber hinaus die Auflafrate beeinträchtigen können. In der Literatur werden z. B. mechanische Belastung des Saatgutes bei der Impfung und der Aussaat, ungünstige Saattbett- und Witterungsbedingungen, schlechte Qualität der Aussaat und zu große Saattiefe genannt. Bei der Auswertung der Untersuchungsschläge konnten aber drei wichtige Faktoren der Auflafrate aus dem Bereich Bodeneigenschaften ermittelt werden:

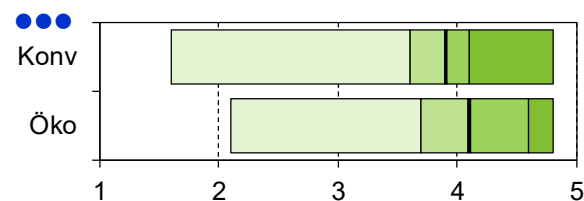
- Böden mit einem relativ hohen Gehalt an verfügbarem Wasser im Frühjahr (z. B. schluffige und humose Böden) wirkten positiv auf die Auflafrate.

- Böden mit hohen Tongehalten wiesen oft geringere Auflafraten auf.
- Eine tiefe Bodenbearbeitung im Frühjahr vor der Saat (Spannweite insgesamt 1 bis 30 cm, \varnothing 8 cm) wirkt negativ.

Die anderen oben genannten möglichen Faktoren konnten nicht geprüft werden.

Bestandeshomogenität

Die Homogenität der Sojabestände wurde im Frühjahr (2- bis 4-Blattstadium) und zum Ende der Sojablüte bonitiert. Im Frühjahr wurde ausschließlich die Pflanzenverteilung bewertet (Lücken/gleichmäßige Verteilung). Im Sommer wurden zusätzlich auch Pflanzenhöhe und starke Farbunterschiede berücksichtigt.



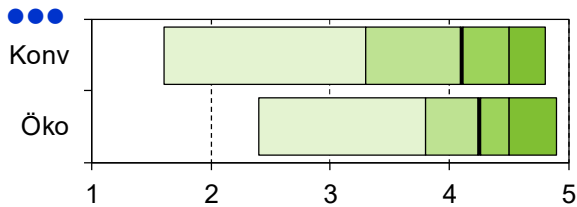
Bestandeshomogenität zum Zeitpunkt 2- bis 4-Blattstadium; 1 lückig, 5 homogen



Sehr lückiger Sojabestand nach Auflaufen

1 Ackerbauliche Ergebnisse / 1.3 Unkraut

Unterschiede in den Ergebnissen zwischen konventionell und ökologisch wurden nicht nachgewiesen. Im Frühjahr erreichten 54 % der Schläge mindestens die Boniturnote 4, zur Blüte waren es 67 %.



Bestandeshomogenität zum Ende der Sojablüte; 1 sehr lückig/stark variierende Höhe, 5 sehr homogen

Der wichtigste Faktor für das Erreichen homogener Bestände war eine hohe Bestandesdichte. Daneben wurden aber noch folgende positiv wirkende Faktoren ermittelt:

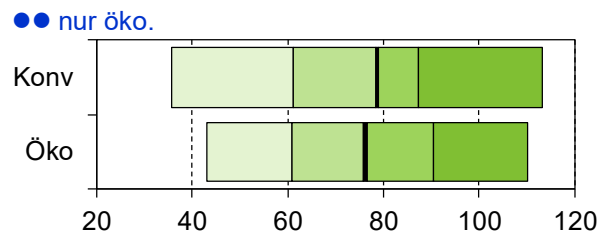
- Böden mit geringen Tongehalten
- Grundbodenbearbeitung im Herbst statt im Frühjahr
- Geringe Arbeitstiefe bei letzter Bodenbearbeitung vor der Saat
- Möglichst großer zeitlicher Abstand zwischen letzter Bodenbearbeitung und Saat (abgesetztes Saatbett)
- Hohe Temperaturen um den Saatzeitpunkt
- Geringe Niederschläge vor der Saat
- Hohe Qualität des Saatgutes (Keimfähigkeit, Kalttestwert)
- Einzelkornsaat statt Drillsaat

Bei schwierigen Standortbedingungen scheint es besonders wichtig zu sein, erst bei ausreichenden Temperaturen mit optimaler Saatechnik in ein gut abgesetztes Saatbett zu säen.

Bestandeshöhe

Die Bestandeshöhe zum Ende der Sojablüte variierte auf den untersuchten Schlägen von

36 bis 113 cm und lag im Mittel bei 76 cm. Ein Unterschied zwischen konventionell und ökologisch bewirtschafteten Schlägen war nicht zu erkennen. Ein deutlich reduzierender Einfluss hoher Bestände auf den Unkrautdeckungsgrad wurde allerdings nur für die ökologisch bewirtschafteten Schläge nachgewiesen.



Bestandeshöhe Ende der Blüte [cm]



Bestandeshöhe Ende der Blüte, links Ø 52 cm, rechts Ø 112 cm

Folgende wesentliche Faktoren der Bestandeshöhe wurden ermittelt:

- Böden mit hohem Tongehalt oder Steinanteil: negativ
- Grundbodenbearbeitung im Herbst statt im Frühjahr: positiv
- Hohe Bestandesdichte: positiv

- › Gute Wasserversorgung und hohe Temperaturen in der Vegetationszeit: positiv
- › Hoher Knöllchenbesatz (siehe auch S. 41): positiv

Der Einfluss unterschiedlicher Sorteneigenschaften spielte nur eine untergeordnete Rolle.

Herbizideinsatz

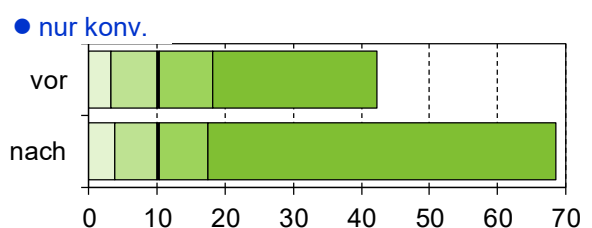
Bei der Unkrautbekämpfung im Sojaanbau gab es auf den konventionellen Untersuchungsschlägen ein weites Spektrum an Maßnahmen. Auf 16 % der Schläge wurde schon im Zeitraum zwischen Ernte der Vorfrucht und der Sojasaat eine Herbizidanwendung durchgeführt. In zwei Dritteln der Fälle mit dem Wirkstoff Glyphosat.

Bei 96 % der Schläge erfolgte der Einsatz eines Voraufherbizids. Dabei wurden verschiedene Wirkstoffe, meist in Kombination von zwei bis drei Mitteln, eingesetzt. Am häufigsten waren die Wirkstoffe Clomazone (87 %), Pendimethalin/Dimethenamid-P (70 %) und Metribuzin (40 %). Meist erfolgte eine Anwendung, nur in zwei Fällen wurde mehrmals im Vorauf behandelt.

Bei einem Viertel der Bestände wurden Nachaufherbizide eingesetzt, bei ca. der Hälfte dieser Fälle zwei Anwendungen. In einigen Fällen konnte mit Nachaufherbiziden eine schlechte Wirkung des Voraufherbizids ausgeglichen und ein niedriger Unkrautdeckungsgrad erreicht werden.

Unterschiede im Einfluss der verschiedenen Maßnahmen auf den Unkrautdeckungsgrad waren nicht zu ermitteln. Allerdings zeigten sich Hinweise auf den bekannten Effekt einer geringeren Wirkung von Voraufherbiziden bei sehr trockenen Bodenverhältnissen. Bei sehr geringen Niederschlagsmengen vor und

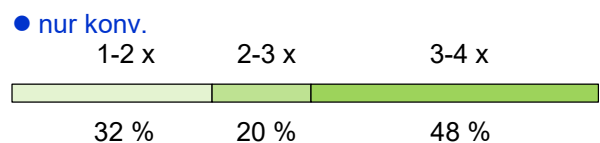
nach der Saat trat später häufig ein höherer Unkrautdruck auf.



Niederschlag 1 Woche vor und nach der Saat [l/m²]

In einigen Fällen zeigen die Ergebnisse auch den bekannten Effekt, dass ein hoher Anteil an Feinboden im Saatbett zu einer höheren Wirksamkeit der eingesetzten Voraufherbizide führte.

Während die Unterschiede im direkten Herbizidmanagement keinen deutlichen Einfluss auf den Unkrautdeckungsgrad hatten, erwies sich die langfristige Betriebsstrategie als ein wirksamer Faktor. So war eine langjährig im Mittel hohe Anzahl von Herbizidanwendungen beim Anbau von Hackfrüchten oft mit einem geringeren Unkrautdeckungsgrad verbunden.

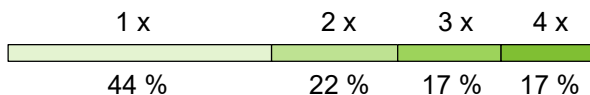


Langjähriger Betriebsmittelwert der Anzahl an Herbizidanwendungen beim Anbau von Hackfrüchten; Anteile der konventionellen Sojaschläge

Indirekte Unkrautregulierung

Ein wesentlicher Anteil der Unkrautregulierung im ökologischen Landbau beruht auf indirekten Maßnahmen, z. B. der Fruchtfolgegestaltung oder der Intensität der Bodenbearbeitung. Bei den untersuchten ökologischen Sojabeständen konnte von zwei Maßnahmen ein deutlicher Einfluss auf den Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Sojablüte festgestellt werden. Eine hohe Anzahl bei der durchschnittlichen Häufigkeit von **Stoppelbearbeitungsgängen** auf dem jeweiligen Betrieb war oft mit einem geringeren Unkrautdeckungsgrad in den Sojabeständen verbunden.

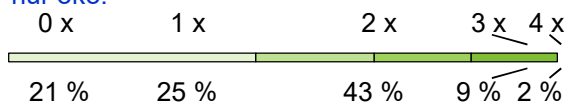
●● nur öko.



Ø Anzahl Stoppelbearbeitungsgänge, langjährig, Anteile der Öko-Sojaschläge

Die Sojabohne eignet sich aufgrund ihres späten Saattermins sehr gut für die Maßnahme „**Falsches Saatbett**“. Hierbei wird relativ frühzeitig ein Saatbett bereitet und nach beginnendem Keimungsprozess der Unkräuter erneut flach bearbeitet. Bei 80 % der untersuchten Öko-Sojabestände wurde diese Maßnahme durchgeführt, bei 65 % sogar mehrmals. Eine häufigere Durchführung dieser Maßnahme war oft mit einem geringeren Unkrautdeckungsgrad im Sojabestand verbunden.

● nur öko.



Anzahl „Falsches Saatbett“ vor Sojasaat; Anteile der Öko-Sojaschläge

Neben den oben genannten deutlichen Effekten geben die Ergebnisse auch Hinweise darauf, dass ein hoher Klee gras- oder Hackfruchtanteil in der Anbaugeschichte sowie eine tiefe Grundbodenbearbeitung häufig mit einem geringeren Unkrautdeckungsgrad in den Sojabeständen verbunden war. Folgende Spannbreiten dieser Maßnahmen kamen bei den geprüften Öko-Schlägen vor:

- Klee grasanteil (10 Jahre): 0 bis 45 %, Ø 13 %
- Hackfruchtanteil (10 Jahre): 0 bis 73 %, Ø 23 %
- Grundbodenbearbeitungstiefe: 7 bis 35 cm, Ø 20 cm



Links: ohne „Falsches Saatbett“; rechts: dreimal „Falsches Saatbett“

Insgesamt ist eine Ableitung der Einflüsse indirekter Unkrautregulierungsmaßnahmen aus den erhobenen Daten schwierig, da davon ausgegangen werden muss, dass die Qualität einzelner Maßnahmen (z. B. Qualität der Klee grasbestände, Terminierung von Maßnahmen hinsichtlich Unkrautaussamung und Bodenzustand, etc.) bei ihrem Erfolg eine große Rolle spielen. Diese Details konnten

jedoch nicht erfasst und somit auch nicht berücksichtigt werden.

Vor dem Hintergrund der Ergebnisse zur direkten mechanischen Unkrautregulierung

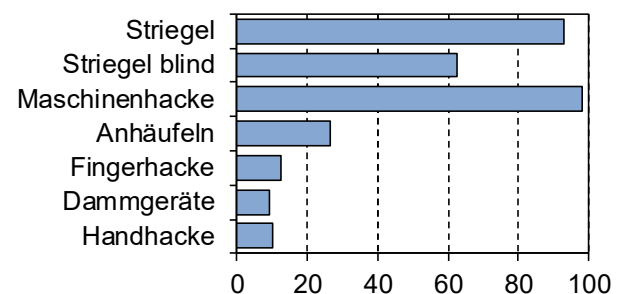
(siehe unten) wird deutlich, dass im Ökolandbau die langfristige Bewirtschaftung und die Maßnahmen vor der Saat wesentliche Elemente einer erfolgreichen Unkrautregulierung sein müssen.

Direkte mechanische Unkrautregulierung

Auf den ökologisch bewirtschafteten Schlägen wurden in den Sojabeständen verschiedene Maßnahmen zur direkten mechanischen Unkrautregulierung durchgeführt. Auf fast allen Schlägen wurden sowohl Striegel als auch Maschinenhacke eingesetzt. In fast zwei Drittel der Fälle wurde vor dem Auflaufen der Sojapflanzen blind gestriegelt, nur in wenigen Fällen zweimal. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass ein großer zeitlicher Abstand von der Saat bis zum ersten Blindstriegeln und zum ersten Maschinenhacken in einigen Fällen mit einem erhöhten Unkrautdeckungsgrad verbunden war. Bekanntermaßen ist eine Bekämpfung von Unkräutern umso erfolgreicher, je früher nach deren Keimung die Maßnahme erfolgt.

Auf ca. einem Viertel der Schläge wurden die Sojapflanzen zur Unkrautunterdrückung in der Reihe angehäufelt, meist mit speziellen Hackscharen, z. T. auch mit Dammgeräten. Nur in 13 % der Bestände kam mit ein bis zwei Durchgängen die Fingerhacke zum Einsatz. In 10 % der Bestände wurde ein- bis zweimal von Hand Unkraut bekämpft.

Die Häufigkeit der Striegel- und Maschinenhackeinsätze variierte in einem weiten Bereich. Zum Teil wurden beide Geräte in Kombination eingesetzt. Die daraus resultierenden Überfahrten schwankten zwischen zwei und elf. Trotz der großen Unterschiede bei der Intensität der direkten mechanischen Unkrautregulierung waren kaum Effekte der Regulierungsintensität auf den Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Sojablüte nachzuweisen. Nur für die Anzahl von Maschinenhackgängen konnte im Mittel ein etwas geringerer Unkrautdeckungsgrad bei häufigeren Überfahrten ermittelt werden.



Mechanische Unkrautregulierung; Anteil der Öko-Sojabestände je Maßnahme [%]



Einsatz einer Fingerhacke in einem Sojabestand

1 Ackerbauliche Ergebnisse / 1.3 Unkraut

● nur öko.

Maschinenhacke				
1 x	2 x	3 x	4 x	5-6 x
15 %	35 %	30 %	15 %	5 %
Striegel				
0 x	1 x	2 x	3 x	4-7 x
7 %	32 %	21 %	18 %	22 %
Überfahrten				
2 x	3 x	4 x	5 x	6-11 x
14 %	25 %	20 %	20 %	21 %

Häufigkeit des Einsatzes von Maschinenhacke und Striegel sowie Anzahl der Überfahrten zur Unkrautregulierung; Anteil der Öko-Sojabestände [%]

Es steht außer Frage, dass mit Maschinenhacke, Striegel und den anderen genannten Maßnahmen eine deutliche Reduzierung der Verunkrautung möglich ist. Verschiedene Gründe können dafür verantwortlich sein, dass dieser Effekt in der vorliegenden

Untersuchung nur in geringem Maße nachweisbar war. Zum einen hängt die Wirksamkeit jeder einzelnen Maßnahme von vielen Faktoren ab, die in diesem Projekt nicht erfasst werden konnten: wie z. B. aktueller Bodenzustand, Gerätezustand und -einstellung, Qualität der Durchführung sowie die folgende Witterung. Zum anderen spielt der jeweilige Unkrautdruck einer Fläche eine große Rolle. So kann eine niedrige Regulierungsintensität bei geringem Unkrautdruck zu ähnlichem Unkrautdeckungsgrad führen wie eine hohe Intensität bei starkem Unkrautdruck.

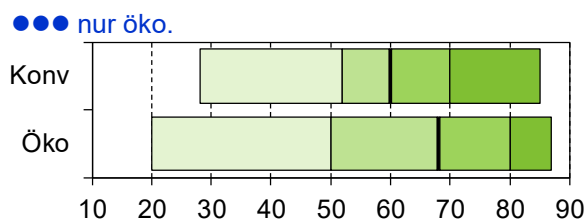
Vor diesem Hintergrund muss trotz der Auswertungsergebnisse auf die große Bedeutung einer funktionierenden direkten Unkrautregulierung beim ökologischen Sojaanbau hingewiesen werden.



Einsatz von Striegel und Rollstriegel in Sojabeständen

Boden und Nährstoffe

Im Mittel der Öko-Sojabestände lag der Unkrautdeckungsgrad Ende der Sojablüte auf besseren Böden auf einem niedrigeren Niveau als bei schlechteren Böden. Eine mögliche Erklärung dieses Effekts ist die oft höhere Intensität der Bewirtschaftung auf den besseren Böden, bzw. extensivere Bewirtschaftungssysteme bei weniger Bodenpunkten.



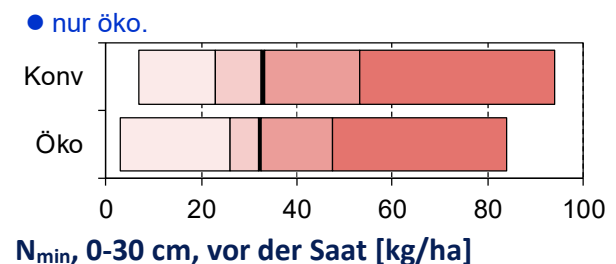
Bodenpunkte der untersuchten Schläge

Dieser Zusammenhang könnte auch mit dafür verantwortlich sein, dass der Unkrautdeckungsgrad Ende der Sojablüte auf tonigen Böden tendenziell höher lag. Eine weitere Ursache kann aber auch die schlechtere Wirksamkeit mechanischer Regulierungsmaßnahmen auf schweren Böden sein.

Bei den konventionell bewirtschafteten Beständen war ein Zusammenhang von

Bodeneigenschaften und Unkrautdeckung nur beim Anteil Feinboden im Saatbett zu erkennen. Ein Saatbett mit höherem Anteil Feinboden und weniger Kluten wies in einigen Fällen geringere Unkrautdeckungsgrade auf.

Die bei beiden Bewirtschaftungssystemen in einem weiten Bereich variierenden N_{min} -Mengen im Frühjahr (0-30 cm) hatten ebenfalls nur bei den Öko-Schlägen einen deutlichen Einfluss auf den Unkrautdeckungsgrad. Es ist davon auszugehen, dass hohe N_{min} -Mengen vor allem dem Unkraut zugutekommen und den Konkurrenzvorteil der stickstofffixierenden Leguminose Soja abschwächen. Eine möglichst abtragende Stellung von Soja in der Fruchtfolge ist somit sowohl für die Stickstoffeffizienz des Anbausystems als auch zur Schwächung des Unkrautdrucks sinnvoll.



Witterung

Während bei den konventionellen Beständen die Witterung vor allem durch eine geringere Herbizidwirksamkeit bei trockener Witterung auf den Unkrautdeckungsgrad wirkt (S. 31), hatte bei den Öko-Beständen in einigen Fällen die Temperatur nach der Saat einen Einfluss.

Es ist wahrscheinlich, dass die höheren Unkrautdeckungsgrade bei niedrigen Temperaturen zwei Wochen nach der Saat mit einem verzögerten Auflaufen der Sojapflanzen begründet sind.

Ungeprüfte mögliche Faktoren des Unkrautdeckungsgrads

Mit den durchgeführten Untersuchungen konnten nicht alle möglichen Einflüsse auf den Unkrautdeckungsgrad vollständig abgedeckt oder exakt geprüft werden. Im Folgenden werden einzelne Faktoren aufgeführt, die zusätzlich eine Rolle bei der Entwicklung der Verunkrautung spielen können oder bei denen Einschränkungen in der Genauigkeit gemacht werden müssen:

- Nicht alle **Standortbesonderheiten** konnten durch die Untersuchungen genau ermittelt werden; z. B. Witterungsdaten (nicht vom Schlag, sondern von der jeweils nächstgelegenen Wetterstation), spezielle Unterbodenbedingungen, Besonderheiten in der Vorgeschichte, die nicht aufgezeichnet wurden.
- Die **langjährige Bewirtschaftung** spielt für die Entwicklung des Unkrautdrucks, und damit auch des aktuellen Unkrautdeckungsgrads, eine wichtige Rolle. Im

Projekt konnte die 10-jährige Anbaugeschichte der untersuchten Schläge berücksichtigt werden. Allerdings lagen weder Angaben zum Zustand der angebauten Haupt- und Zwischenfrüchte (z. B. Unkrautunterdrückung, aussamende Unkräuter, etc.) noch zur Qualität der organischen Düngemittel vor (Unkrautbesatz, Unkrautimport). Diese Gründe können mit dafür verantwortlich sein, dass die hier vorgestellten Ergebnisse nur relativ schwache Faktoren aus dem Bereich langfristige Bewirtschaftung ermitteln konnten.

- **Qualität der Bodenbearbeitung.** Von der Grundbodenbearbeitung bis zur Saatbettbereitung spielen der jeweilige Bodenzustand, die Qualität der Durchführung und die Wachstumsstadien der vorhandenen Unkräuter für die unkrautunterdrückende Wirkung eine große Rolle. Eine Erfassung dieser Qualitätsmerkmale war nicht möglich.



Senf- und Ölrettichdurchwuchs in Sojabestand Ende Juli

Ungeprüfte mögliche Faktoren des Unkrautdeckungsgrads

- **Saatgutqualität** zum Saatzeitpunkt. Die Keimfähigkeit und Triebkraft von Soja-saatgut kann sich z. B. aufgrund von Lagerungsbedingungen oder mechanischen Beeinträchtigungen bei Transport, Reinigung oder Umlagerung, Impfung und Saatechnik kurzfristig verschlechtern. Die Ergebnisse der z. T. deutlich vor der Saat entnommenen oder noch gelagerten Saatgutproben müssen somit nicht immer den Praxisbedingungen zur Saat entsprechen.
 - Die eingesetzte **Saatechnik** und die **Qualität der Aussaat** können einen deutlichen Einfluss auf die Bestandesentwicklung und damit auch auf die Verunkrautung haben. Es konnte im Rahmen des Projekts jedoch nur abgefragt werden, ob Einzelkorn- oder Drillsaat durchgeführt und welche Saattiefen angestrebt wurden.
 - Die **Wirksamkeit von Herbizidanwendungen** kann z. B. erheblich durch die Geräteeinstellungen, den Düsenzustand, die Witterung und die Durchführung beeinflusst werden. Eine detaillierte Erfassung dieser Faktoren war nicht möglich.
 - Die **Wirksamkeit der Maßnahmen zur mechanischen Unkrautregulierung** hängt u. a. stark von dem Gerätezustand, den Einstellungen, dem Bodenzustand, der Durchführung und der folgenden Witterung ab. Eine detaillierte Erfassung dieser Faktoren war nicht möglich.
- Es ist in jedem Fall wichtig, neben den in diesem Projekt ermittelten wesentlichen Faktoren des Unkrautdeckungsgrads, auch die Hinweise und Tipps der vielfältig verfügbaren Anbauanleitungen zu berücksichtigen.

Parameter ohne großen Einfluss auf das Unkraut

Bei der Untersuchung des Unkrautdeckungsgrads war eine so klare Zuordnung und Quantifizierung einzelner Faktoren wie beim Ertrag nicht möglich (siehe auch die beiden vorherigen Kapitel). Deshalb können an dieser

Stelle keine Standorteigenschaften oder Bewirtschaftungsmaßnahmen genannt werden, die mit großer Sicherheit keinen Einfluss auf den Unkrautdeckungsgrad hatten.



Einzelkornsaat in feines Saatbett

1.4 Proteingehalt

Wie beim Ertrag, wirkten auch beim Proteingehalt die Faktoren auf den konventionell und ökologisch bewirtschafteten Schlägen sehr ähnlich. Deshalb wurden sie gemeinsam ausgewertet. Berücksichtigt wurden 50 konventionelle und 55 ökologische Sojabestände.

Für die Bestimmung des Rohproteingehaltes wurden die per Hand an den Messparzellen

geernteten Proben verwendet. Alle Proben wurden von einem Labor in einer Charge mit identischer Methodik analysiert. Das Risiko methodischer Unterschiede bei den Proteingehalten war somit sehr gering.

Mit den im Folgenden dargestellten sechs wichtigsten Faktoren konnten 69 % der Proteingehaltsunterschiede erklärt werden.

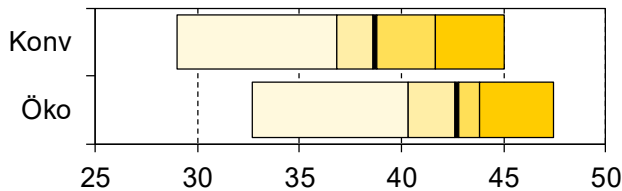


Soja: Ernte, Erntegut, Presskuchen

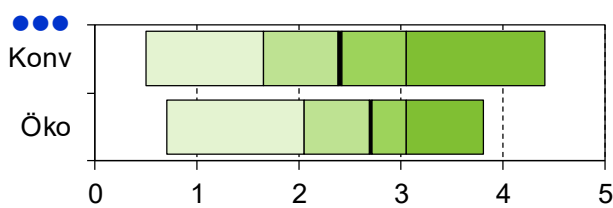
Übersicht: Wesentliche Faktoren des Proteingehalts

Die Faktoren sind nach Ihrer Bedeutung für den Proteingehalt sortiert. Details finden sich auf den genannten Seiten. Zusammenhang

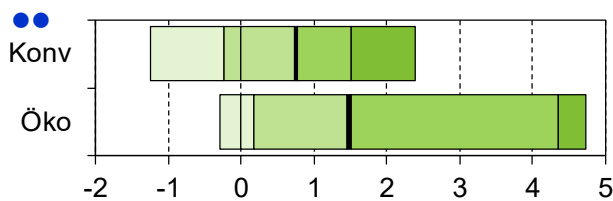
mit dem Proteingehalt: grün positiv; rot negativ.



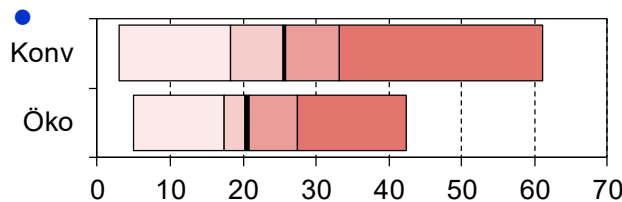
Proteingehalt [% i. d. TS]:
 Ökologisch im Mittel 2,8 Prozentpunkte höher, sowohl aufgrund zufälliger Umweltbedingungen als auch durch Sortenwahl und Bewirtschaftung. S. 41



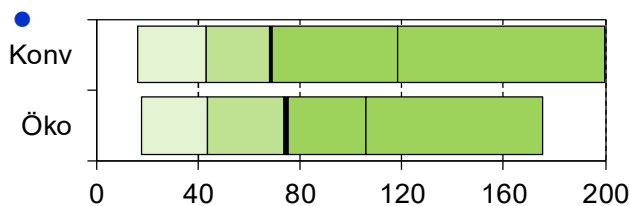
Knöllchenbesatz (Bonitur 0-5),
 Ende Sojablüte:
 Ø ca. **+1,7 Prozentpunkte pro Boniturnote** S. 41



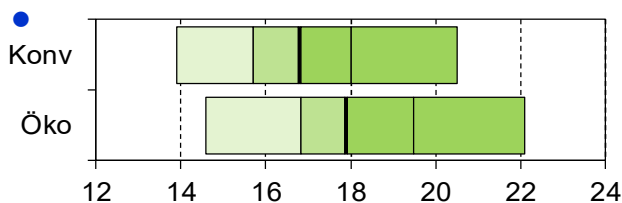
Sortenpotential - Protein [% i. d. TS],
 Unterschied zur Sorte 'Obelix' (Median deutscher Sortenversuche 2015-2017: 40,7 % i. d. TS):
 Ø ca. **+0,6 Prozentpunkte pro +1 %** S. 42



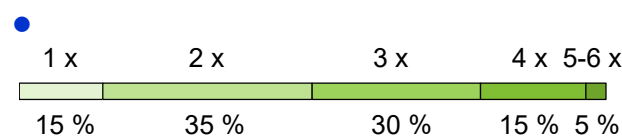
Tongehalt [%],
 0-20 cm:
 Ø ca. **-0,4 Prozentpunkte pro 10 % Ton** S. 45



Niederschlag [l/m²],
 4 bis 8 Wochen nach Saat:
 Ø ca. **+0,2 Prozentpunkte pro 10 l/m²**
 (Effekt nur bis 80 l/m²) S. 43



Ø Temperatur [°C],
 4 bis 8 Wochen nach Saat:
 Ø ca. **+0,3 Prozentpunkte pro 1 °C** S. 44



Anzahl Arbeitsgänge mit der Maschinenhacke,
 jeweils Anteil der Bestände [%], nur Öko-Schläge:
 Ø ca. **+0,3 Prozentpunkte / Hackgang** S. 45

Weitere Faktoren des Proteingehaltes

Einzelne Faktoren spielten nur bei wenigen Beständen eine Rolle oder hatten einen relativ geringen Effekt auf den Ertrag:

- **Sojaanbau:** auf Schlägen mit vorherigem Sojaanbau lag der Proteingehalt im Mittel etwas höher als bei erstmaligem Anbau (S. 46).
- **Starkniederschläge** direkt nach der Saat: in einzelnen Fällen wiesen die Ergebnisse auf geringere Proteingehalte bei Beständen mit Starkniederschlägen direkt nach der Saat hin (Verschlämmung; S. 43).
- **Niederschlag vor Ernte:** bei feuchterer Witterung wenige Wochen vor der Ernte zeigte sich eine Tendenz zu höheren Proteingehalten (S. 43).
- **Tausendkorngewicht:** die höheren Proteingehalte bei höheren Tausendkorngewichten der geernteten Bohnen waren wahrscheinlich neben den Wachstumsbedingungen vor allem auf die Sorteneigenschaften zurückzuführen. Viele der Sorten mit hohem Proteinpotential wiesen ein relativ hohes Tausendkorngewicht auf.



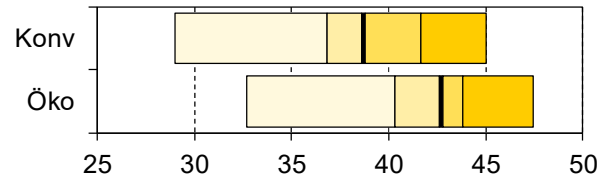
Stark verschlammter Boden zur Sojablüte

Details zu Proteingehalt und wesentlichen Faktoren

Proteingehalt

Die nach der Kjeldahl-Methode ermittelten und auf die Trockensubstanz bezogenen Proteingehalte der Ernteproben variierten in einem weiten Bereich. Sowohl die gesamte Spannbreite als auch der Median lagen bei den Öko-Beständen auf einem deutlich höheren Niveau. Im Durchschnitt lag der Proteingehalt der Öko-Proben um 2,8 %-Punkte höher. Als hauptsächliche Ursachen kommen dafür die Sortenwahl und das

Hacken der Bestände bei ökologischer Bewirtschaftung in Frage (siehe unten).

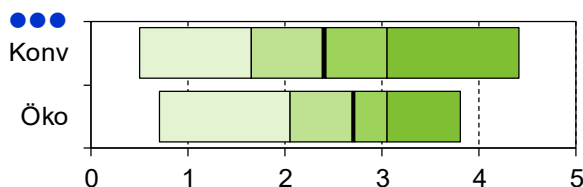


Proteingehalte der Ernteproben der Messparzellen [% i. d. TS]

Knöllchenbesatz

Der Knöllchenbesatz an den Sojawurzeln wurde zum Ende der Sojablüte an 20 Pflanzen je Schlag im Bereich der Messparzellen bonitiert. Es wurden dabei nur aktive Knöllchen an der Hauptwurzel und den ersten wenigen Zentimetern der Seitenwurzeln berücksichtigt (0: keine Knöllchen; 5: sehr starker Knöllchenbesatz). Die Wurzeln wurden ausgegraben und der Boden abgeschüttelt. Bei schwereren Böden wurden die abgefallenen Bodenaggregate auf abgerissene Knöllchen geprüft. Ein Verlust einzelner Knöllchen war bei diesen Böden aber nicht auszuschließen.

Zwischen einem Bestand mit einem mittleren Knöllchenbesatz von Boniturnote 1 und einem mit Note 4 trat also durchschnittlich ein Proteingehaltsunterschied von ca. 5 Prozentpunkten auf.



Knöllchenbesatz der Wurzeln zum Ende der Sojablüte (Bonitur: 0 kein, 5 sehr hoher Knöllchenbesatz)

Im Mittel lag der Proteingehalt im Erntegut je Boniturnote um ca. 1,7 Prozentpunkte höher.



Beispiele für Knöllchenbesatz an Sojawurzeln, Bonitur: links 0,5, rechts 4,5 auf einer Skala von 0 bis 5

1 Ackerbauliche Ergebnisse / 1.4 Proteingehalt

Die statistische Auswertung ergab Hinweise auf sieben plausible Faktoren des Knöllchenbesatzes, die sich stark mit den Faktoren des Proteingehaltes überschneiden (nach Bedeutung sortiert):

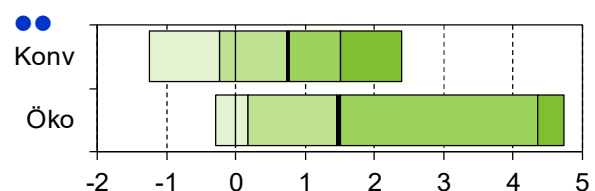
- **Niederschlagsmenge** von der Saat bis zum Boniturtermin: Je höher die Niederschlagsmenge (inklusive Beregnung) bis zur Bonitur war, umso höher war im Mittel auch der Knöllchenbesatz (siehe auch S. 43).
- **Mittlere Temperatur** eine Woche nach der Saat: Bei höheren Temperaturen direkt nach Saat wurde im Durchschnitt ein höherer Knöllchenbesatz festgestellt (siehe auch S. 44).
- **Schwere Böden**: Bei höheren Tongehalten des Oberbodens wurde häufig ein geringerer Knöllchenbesatz ermittelt (siehe auch S. 45).
- **Sortenpotential Protein**: Je höher die Proteingehalte der eingesetzten Sorten in Sortenversuchen ermittelt wurden, umso größer war im Mittel der Knöllchenbesatz an den Wurzeln (siehe auch S. 42).

- **Tiefe der letzten Grundbodenbearbeitung**: Bei größerer Bearbeitungstiefe trat im Mittel ein etwas höherer Knöllchenbesatz auf (siehe auch S. 45).
- **Nmin im Frühjahr** (0-90 cm): Höhere Nmin-Werte im Frühjahr waren häufig mit einem etwas geringeren Knöllchenbesatz verbunden (siehe auch S. 45).
- **Walzen nach Saat**: In einigen Fällen war mit dem Walzen ein etwas höherer Knöllchenbesatz verbunden (siehe auch S. 46).

Mit diesen Faktoren konnten nur ca. 45 % der Unterschiede im Knöllchenbesatz erklärt werden. Ein Großteil der Einflussgrößen konnten mit den durchgeführten Untersuchungen also nicht erfasst werden. Es ist z. B. davon auszugehen, dass zusätzlich die Qualität der Saatgutimpfung eine große Rolle beim späteren Knöllchenbesatz spielte. Diese konnte jedoch im Rahmen des Projekts nicht geprüft werden. Gleiches gilt auch für weitere mögliche Faktoren wie die Impfmittelqualität, die Saattechnik und die Saatebettqualität.

Sortenpotential Protein

Das Proteinpotential der einzelnen Sorten wurde auf Basis der deutschen Soja-Sortenversuche von 2015 bis 2017 zur Vergleichssorte 'Obelix' berechnet (Details siehe S. 12). Aufgrund des weiten Spektrums angebauter Sorten variierte auch das Proteinpotential deutlich.



Sortenpotential Protein; Unterschied zur Sorte 'Obelix', Median deutscher Sortenversuche 2015-2017 [%]

Die Unterschiede im Proteingehalt zwischen den Sorten in den Sortenversuchen konnten im Prinzip auch auf den untersuchten Schlägen wiedergefunden werden, allerdings auf niedrigerem Niveau. Lag der Unterschied zur Vergleichssorte 'Obelix' in den Sortenversuchen z. B. bei 1 Prozentpunkt, wurde bei den hier geprüften Sojapflanzen nur eine Differenz von 0,6 Prozentpunkten gefunden.

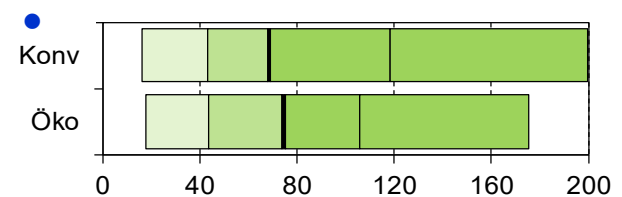
Die großen Unterschiede bei den angebauten Sorten hinsichtlich des Proteinpotentials zwischen konventionellen und ökologischen Schlägen ist vor allem auf die Speisesoja-Produktion auf einer Reihe von Ökobetrieben zurückzuführen. Für die Tofu-Produktion werden besonders proteinreiche Sojabohnen benötigt und deshalb häufiger spezielle Hochproteinsorten angebaut. Tendenziell werden bei Sorten mit einem höheren Proteinpotential geringere Erträge erreicht (S. 12).

Witterung

Niederschlag und Beregnung

Der Einfluss der Wasserversorgung auf den Proteingehalt wurde in verschiedenen Zeiträumen getestet. Den größten Einfluss hatte die Niederschlags- und Beregnungsmenge 4 bis 8 Wochen nach der Saat. Die Wassermenge variierte in diesem Zeitraum von 17 bis 200 l/m². Unterhalb von ca. 80 l/m² trat im Mittel ein negativer Effekt auf den Proteingehalt auf. Bis zu dieser Grenze erbrachte ein Plus von 10 l/m² im Durchschnitt 0,2 Prozentpunkte mehr Protein. Warum die Wasserversorgung vor allem in diesem Zeitraum für den Proteingehalt bedeutsam ist, muss noch weiter untersucht werden.

Verstärkt wird der Effekt der Wasserversorgung auf den Proteingehalt noch dadurch, dass auch der wichtige Proteinfaktor Knöllchenbesatz durch eine geringe Wasserversorgung von der Saat bis zum Ende der Blüte beeinträchtigt wird. Beim Knöllchenbesatz gab es keine Obergrenze. Je höher die Wasserversorgung war, umso größer war im Mittel der Knöllchenbesatz.



Niederschlag und Beregnung 4 bis 8 Wochen nach der Sojasaat [l/m²]

Entgegen anderslautender Aussagen in Anbauanleitungen, scheint somit ein Wassermangel vor der Blüte negative Effekte auf die Sojaentwicklung, insbesondere den Proteingehalt, haben zu können.

Starkniederschläge direkt nach der Saat haben den Ergebnissen zufolge einen negativen Einfluss auf den Proteingehalt. Bei 5 % der Bestände traten in der ersten Woche nach der Saat Niederschlagsereignisse mit über 25 l/m² auf. Mögliche Ursachen eines negativen Effekts auf den Proteingehalt können z. B. Störungen der Rhizobieninfektion an den Wurzeln oder ein reduzierter Gasaustausch durch die Verschlammung der Bodenoberfläche sein.

1 Ackerbauliche Ergebnisse / 1.4 Proteingehalt



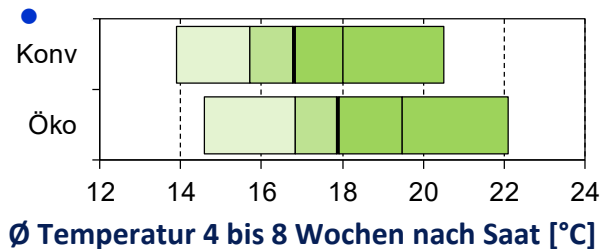
Verkrusteter Boden nach Starkniederschlag von 44 l/m² in der ersten Woche nach der Saat auf einem konventionellen Schlag

Die Ergebnisse weisen weiter darauf hin, dass sehr trockene Bedingungen in den zwei Wochen vor der Ernte einen negativen Einfluss auf den Proteingehalt haben. Möglicherweise kann eine trockenheitsbedingte Abreife die Umlagerung von Proteinen aus der Pflanze in die Bohne beeinträchtigen. Dieser mögliche Zusammenhang muss jedoch noch weiter untersucht werden.

Temperatur

Wie bei der Wasserversorgung war auch bei der Temperatur der Zeitraum von Woche 4 bis 8 nach der Sojasaat für den Proteingehalt ausschlaggebend. Die große Spannweite an Durchschnittstemperaturen von 14 bis 22 °C kommt in erster Linie durch den Saattermin zustande, der Standort spielt erst in zweiter Linie eine Rolle (siehe auch S. 10).

Mit der Wahl eines späteren Saatzeitpunktes kann somit die Chance auf höhere Temperaturen deutlich erhöht werden. Je 1 °C stieg im Mittel der Proteingehalt um 0,3 Prozentpunkte.



Für eine spätere Aussaat spricht auch, dass der wichtige Proteinfaktor Knöllchenbesatz durch höhere Temperaturen in der ersten Woche nach der Saat gefördert wird. Die mittlere Temperatur in diesem Zeitraum reichte von 5 bis 18 °C und lag im Mittel bei 12 °C. Anscheinend spielt die temperaturabhängige Keimgeschwindigkeit für den Erfolg der Impfung, d. h. der Infizierung der Sojawurzeln mit den Rhizobien, eine große Rolle.

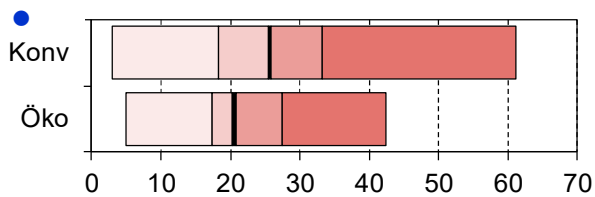


Aktive Knöllchen an Sojawurzel

Bodenart, N_{min} und Bodenbearbeitung

Bodenart

Bei den untersuchten Sojaschlägen variierten die Tonanteile im Oberboden in einem weiten Bereich. Besonders bei den konventionell bewirtschafteten Flächen waren einige sehr schwere Böden dabei. Im Durchschnitt nahm der Proteingehalt kontinuierlich je 10 % Ton um ca. 0,4 Prozentpunkte ab. Ob hier wirklich ein kausaler Zusammenhang existiert oder welche Effekte diesen Zusammenhang erklären können, muss noch weiter untersucht werden. Für einen Zusammenhang spricht, dass mit steigendem Tongehalt im Mittel auch ein geringer Knöllchenbesatz festgestellt wurde.



Tongehalt in 0-20 cm [%]

N_{min}

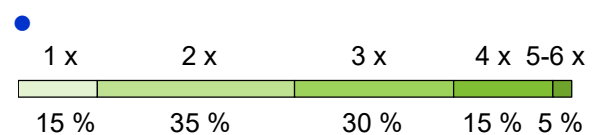
Die Ergebnisse der Wurzelbonituren deuten darauf hin, dass bei höheren N_{min}-Mengen im Frühjahr ein etwas geringerer Knöllchenbesatz auftrat und damit auch der Proteingehalt negativ beeinflusst wurde. Die N_{min}-Mengen in 0 bis 90 cm Tiefe lagen in einem Bereich von 11 bis 216 kg N/ha und im Mittel bei 80 kg N/ha (siehe auch S. 17). Bekanntermaßen führen hohe Mengen verfügbaren Stickstoffs im Boden dazu, dass Leguminosen weniger Knöllchen bilden und weniger Stickstoff aus der Luft fixieren.



Sojawurzeln in schwerem Boden (40 % Ton) mit relative wenig Knöllchen (Ø Bonitur 0,8 auf der Skala 0 bis 5)

Bodenbearbeitung

Im Bereich Bodenbearbeitung hatte die mechanische Unkrautregulierung den stärksten Einfluss auf den Proteingehalt. Der Einsatz der Maschinenhacke wirkte sich dabei positiv aus. Je Hackdurchgang wurde im Mittel eine Steigerung des Proteingehalts um ca. 0,3 Prozentpunkte festgestellt.



Anzahl Arbeitsgänge mit der Maschinenhacke, jeweiliger Anteil der Bestände [%], nur Öko-Schläge

1 Ackerbauliche Ergebnisse / 1.4 Proteingehalt

Der Wirkmechanismus des positiven Hackeffekts muss weiter untersucht werden. Es ist denkbar, dass z. B. ein verbesserter Gasaustausch zwischen Boden und Atmosphäre und/oder eine Reduzierung der Austrocknung des Oberbodens durch das Unterbrechen der Kapillarität positive Effekte auf die Leistungsfähigkeit der Knöllchen hat.

Für die Arbeitstiefe der letzten Grundbodenbearbeitung vor dem Sojaanbau wurde ein leicht positiver Effekt auf den Knöllchenbesatz und damit indirekt auf den Proteingehalt festgestellt. Die Grundbodenbearbeitungstiefe variierte bei den untersuchten Schlägen von 5 bis 40 cm und lag im Mittel bei 21 cm.

Die Bearbeitungstiefe war im Durchschnitt auf den gepflügten Schlägen etwas tiefer als auf den pfluglosen. Die niedrigsten Proteingehalte wurden auf Schlägen mit pflugloser Bewirtschaftung und flacher Bearbeitungstiefe gemessen.

Auch das Walzen nach der Saat war im Durchschnitt mit einem etwas höheren Knöllchenbesatz verbunden. Allerdings wurde nur auf 20 % der Schläge nach der Saat gewalzt. Ein positiver Effekt einer Rückverfestigung des Saatbetts auf den Knöllchenbesatz wurde auch in der Literatur schon beschrieben.

Fruchtfolge

Auf 37 % der untersuchten Schläge wurden vor dem Untersuchungsjahr schon einmal Sojabohnen als Haupt- oder Zwischenfrucht angebaut. Im Mittel wurden auf diesen Schlägen im Erntegut etwas höhere Proteingehalte gemessen. Der zeitliche Abstand zur vorherigen Sojakultur variierte von 0,5 bis

8 Jahren, war aber für die Wirkung auf den Proteingehalt nicht ausschlaggebend. In einzelnen dieser Bestände wurde ein höherer Knöllchenbesatz vor allem an den Seitenwurzeln beobachtet. Im Mittel war jedoch kein Einfluss auf den Knöllchenbesatz nachzuweisen.



Sojawurzel von einem Schlag ohne vorherigen Sojaanbau: Knöllchen vor allem im Bereich des geimpften Saatkorns



Sojawurzel von einem Schlag mit zweimal Sojaanbau in den Vorjahren: Knöllchen über das ganze Wurzelsystem verteilt.

Ungeprüfte mögliche Faktoren des Proteingehalts

Mit den durchgeführten Untersuchungen konnten nicht alle möglichen Einflüsse auf den Proteingehalt vollständig abgedeckt werden. Im Folgenden werden einzelne Faktoren aufgeführt, die zusätzlich eine Rolle bei der Entwicklung des Proteingehalts der Sojabohne spielen können oder bei denen Einschränkungen in der Genauigkeit gemacht werden müssen:

- **Nicht alle Standortbesonderheiten** konnten durch die Untersuchungen genau ermittelt werden; z. B. Witterungsdaten (nicht vom Schlag, sondern von der jeweils nächstgelegenen Wetterstation), spezielle Unterbodenbedingungen, Besonderheit in der Vorgeschichte, die nicht aufgezeichnet wurden. Weiterhin wurden zwar die Gehalte einiger verfügbarer Makro- und Mikronährstoffe im Oberboden untersucht, das für die Stickstofffixierung der Leguminosen wichtige Molybdän konnte jedoch nicht geprüft werden.
- **Qualität der Bodenbearbeitung.** Von der Grundbodenbearbeitung bis zur Saatbettbereitung spielt der jeweilige Boden-zustand und die Qualität der Durchführung für die resultierende Bodenstruktur und damit auch für die Wachstumsbedin-gungen und Proteinbildung eine große Rolle. Eine Erfassung dieser Qualitäts-merkmale war nicht möglich.
- **Saatgutqualität** zum Saatzeitpunkt. Die Keimfähigkeit und Triebkraft von Sojasaat-gut kann sich z. B. aufgrund von Lagerungsbedingungen oder mechanischen Beein-trächtigungen bei Transport, Reinigung oder Umlagerung, Impfung sowie Saat kurzfristig verschlechtern. Die Ergebnisse

der z. T. deutlich vor der Saat entnom-menen oder noch gelagerten Saatgut-proben müssen somit nicht immer den Praxisbedingungen entsprechen.

- **Qualität der Impfung.** Von den Betrieben wurden Angaben zu Impfmittel und -methode sowie zum Zeitraum zwischen Impfung und Saat erfragt. Daneben können jedoch viele weitere Faktoren eine Rolle beim Erfolg der Impfung spielen: z. B. die Qualität der Impfmittelcharge (Vitalität der Rhizobien), die Verteilung des Impfmittels auf den Bohnen, schädliche Einflüsse wie Sonnenlicht etc., Haftung des Impfmittels bis die Bohne im Boden ist. Diese Faktoren konnten nicht erfasst werden.



Schonende Impfung per Hand

Es ist in jedem Fall wichtig, neben den in diesem Projekt ermittelten wesentlichen Faktoren des Proteingehaltes der Sojabohne auch die Hinweise und Tipps der vielfältig verfügbaren Anbauanleitungen zu berücksichtigen (S. 102).

Parameter ohne großen Einfluss auf den Proteingehalt

Bei den Untersuchungen wurden einige Parameter aus den Bereichen Standort, Bewirtschaftung und Bestandesentwicklung ermittelt, für die wider Erwarten keine großen Effekte auf den Proteingehalt nachgewiesen wurden. Eine Auswahl wird im Folgenden dargestellt. Zwar scheint die Sojabohne in diesen Bereichen weniger anspruchsvoll zu sein, geringe Effekte auf den Proteingehalt lassen sich jedoch nicht ausschließen.

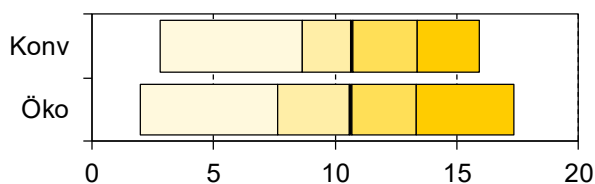
- Wie beim Ertrag zeigte sich auch beim Proteingehalt kein wesentlicher Einfluss von **Pflug** bzw. **pflugloser Grundbodenbearbeitung**, weder bei den konventionellen (50 % Pflug) noch bei den ökologischen Schlägen (67 % Pflug).
- Die untersuchten **Makro- und Mikro-nährstoffe** (P, K, Mg, S, Mn, B, Cu, Zn) im

VDLUFVA-Versorgungsstufenbereich von B bis E und der **pH-Wert** im Bereich von 5,8 bis 7,5 wiesen keine deutlichen Effekte auf den Proteingehalt auf.

- Die **Impfmethode**, d. h. die Art des Einmischens des Impfmittels zeigte keine prinzipiellen Unterschiede im Erfolg bezogen auf Proteingehalt oder Knöllchenbesatz. Folgende Methoden wurden für die untersuchten Bestände verwendet: 3 % nur Fix&Fertig-Saatgut, 25 % per Hand, 8 % mit Schaufel, 60 % mit Betonmischer, 4 % mit Sprühpistole.
- Der **Unkrautbesatz** hatte, anders als beim Ertrag, keinen deutlichen Effekt auf den Proteingehalt. Das gilt sowohl für den Deckungsgrad in der frühen Jugendentwicklung als auch zum Ende der Sojablüte.

Proteinertrag

Die Unterschiede im Proteinertrag wurden vor allem durch die Ertragsunterschiede und nur in geringerem Maße durch die Variation der Proteingehalte verursacht. Deshalb stimmen die wesentlichen Faktoren des Proteinertrags vor allem mit denen des Ertrags überein (S. 4).



Proteinertrag [dt/ha], berechnet aus dem vom Betrieb ermittelten Ertrag und dem Messpunkt-Proteingehalt

Im Gegensatz zum Ertrag war beim Proteinertrag im Mittel kein Unterschied zwischen ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung zu erkennen.

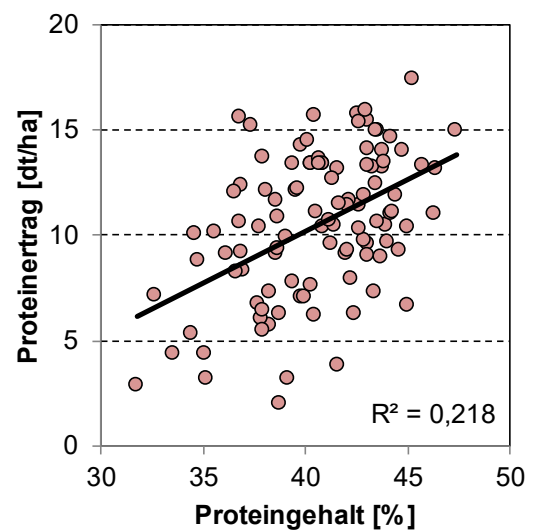
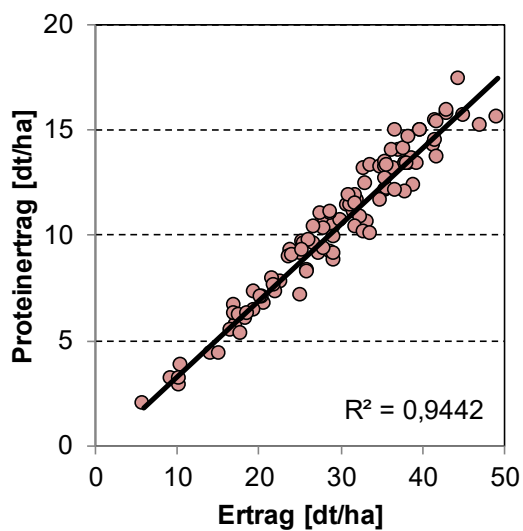
Wesentliche Faktoren des Proteinertrags, sortiert nach ihrer Bedeutung:

- **Niederschlag und Beregnung** 2 Wochen nach Saat bis 2 Wochen vor Ernte: höhere Proteinerträge bei guter Wasserversorgung
- **Unkrautdeckungsgrad** Ende Sojablüte: höhere Proteinerträge bei geringer Verunkrautung

- **Bodenwasser**, pflanzenverfügbar in 0-90 cm im Frühjahr vor Saat: höhere Proteinerträge bei guter Wasserversorgung
- **Ø Temperatur** von der Saat bis Blühbeginn: höhere Proteinerträge bei warmer Jugendentwicklung
- **Sortenpotential - Ertrag** Unterschied zur Sorte 'Merlin', Median deutscher Sortenversuche 2015-2017: höhere

Proteinerträge bei hohem Ertragspotential der angebauten Sorte

- **Knöllchenbesatz** am Ende der Sojablüte: höhere Proteinerträge bei gutem Knöllchenbesatz
- **Tage mit Minimumtemperatur < 10 °C** im Blühzeitraum: geringere Proteinerträge bei vielen kalten Nächten im Blühzeitraum



Zusammenhang von Proteinertrag und Ertrag (vom Betriebsleiter ermittelt, 86 % TS) bzw. Proteingehalt (aus Ernteproben der Messparzellen, % i. d. TS)



Landessortenversuche: Wichtige Basis für die Sortenwahl

1.5 Zusammenfassung Ackerbau

Primäres Ziel des Sojaanbaus ist es, möglichst hohe Erträge und Proteingehalte zu erreichen. In der Untersuchung hat sich gezeigt, dass dafür eine geringe Verunkrautung in homogenen und wüchsigen Beständen wesentliche Voraussetzungen sind. Die Bedingungen bei den von 2015 bis 2017 untersuchten Sojaschlägen waren jedoch nicht immer optimal. Immerhin erreichten ein Drittel der untersuchten Bestände Erträge

über 35 dt/ha (14 % Feuchte) oder Proteingehalte über 43 % (i. d. TS).

Im Folgenden werden die im Projekt ermittelten Voraussetzungen vorgestellt, die auf den untersuchten Praxisschlägen für den Erfolg des Sojaanbaus einen wesentlichen Einfluss hatten. Unterschiedliche Effekte bei konventioneller bzw. ökologischer Bewirtschaftung werden vermerkt.

Standortwahl

Boden

Ertrag: Unterschiedliche Bodeneigenschaften hatten wenig direkten Einfluss auf den Ertrag. So wurden hohe Erträge auch auf sandigen, tonigen und steinigen Böden sowie bei geringen Gehalten an Makro- und Mikronährstoffen in einem pH-Bereich von 5,8 bis 7,5 erreicht. Allerdings war eine ausreichende Menge verfügbaren Bodenwassers im Frühjahr vorteilhaft, was häufiger auf tiefgründigen, schluffigen und humosen Böden vorkam.

Unkraut: Auf ökologischen Schlägen führten höhere Ton-, Stein- und Nmin-Gehalte häufig zu einer stärkeren Verunkrautung. Auf schweren Böden waren die Bestände

oft auch lückiger als auf sandigen und schluffigen. In konventionellen Beständen war kein deutlicher Bodeneffekt auf das Unkraut zu erkennen.

Protein: Tonreichere Böden und Schläge mit hohen Nmin-Werten im Frühjahr zeigten eine Tendenz zu niedrigen Proteingehalten und geringem Knöllchenbesatz.

Die Sojabohne scheint insgesamt relativ geringe Bodenansprüche zu haben. Das Erreichen hoher Erträge und Proteingehalte ist aber vor allem im Ökolandbau auf schweren Böden und bei hoher Stickstoffnachlieferung schwierig.



Klima

Niederschlag

Ertrag: Deutlich negative Effekte auf den Sojaertrag wurden bei einer Niederschlagsmenge (inkl. Beregnung) von weniger als 300 l/m² im Zeitraum zwei Wochen nach Saat bis zwei Wochen vor Ernte festgestellt ($\bar{\varnothing}$ 2,7 l/m² am Tag). In den Untersuchungsjahren 2015 bis 2017 lagen zwei Drittel der Schläge unter diesem Wert. Den größten Einfluss hatte ein Wassermangel im Zeitraum um die Blüte herum.

Trockene Winter führten zusätzlich an einzelnen Standorten zu geringen Mengen verfügbaren Wassers im Boden und so zu niedrigeren Erträgen. Starkniederschläge und Hagel in der Vegetationszeit hatten einzelne Totalausfälle zur Folge.

Protein: Für den Knöllchenbesatz und den Proteingehalt war eine gute Wasserversorgung vor allem direkt nach der Saat und in der Jugendentwicklung wichtig. In einzelnen Fällen haben sich Starkregen (Verschlammung) nach der Saat negativ auf den Proteingehalt ausgewirkt.

Die Ergebnisse weisen weiterhin darauf hin, dass eine trockenheitsbedingte Abreife die Umlagerung von Protein aus der Pflanze in die Bohne beeinträchtigen kann.

Insgesamt muss beim Sojaanbau in trockenen Regionen mit deutlichen Ertragseinbußen und niedrigeren Proteingehalten gerechnet werden, soweit keine Möglichkeit zur Beregnung besteht.

Temperatur

Ertrag: Die meisten der untersuchten Betriebe lagen im Süden Deutschlands, im Hauptanbaugebiet der Sojabohne. So wiesen 95 % der untersuchten Sojaschläge eine gute bis sehr gute Wärmeeignung auf. Deshalb waren temperaturbedingte negative Ertragseffekte in der Phase Saat bis Jugendentwicklung in den Jahren 2015 bis 2017 kaum auf die geographische Lage, sondern vor allem auf frühe Saattermine zurückzuführen.

Eine erhöhte Anzahl kalter Nächte im Blühzeitraum wurde hingegen vor allem mit dem Standort begründet. Je weiter nördlich und je höher ein Standort lag, umso größer war im Durchschnitt die Anzahl Nächte < 10 °C und damit verbunden ein leicht negativer Effekt auf den Ertrag durch Blütenabwurf. In Regionen mit einem hohen Risiko heißer, trockener Phasen vor der Ernte muss mit Ertragseinbußen durch Hülsenplatzen gerechnet werden, insbesondere bei anfälligen Sorten.

Protein: Wie beim Ertrag sind auch für hohe Proteingehalte hohe Temperaturen nach der Saat und in der Jugendentwicklung förderlich.

Die Sojabohne hat einen hohen Anspruch an die Temperatur. Bei der Anbauplanung sollte deshalb die Standorteignung hinsichtlich der Temperatur anhand der Online-Karte des JKI geprüft werden. (http://geoportal.juliuskuehn.de/map?app=soja_neu).

Langjährige Bewirtschaftung

Die langjährige Bewirtschaftung auf den Untersuchungsschlägen, d. h. Fruchtfolge, Düngung, Bodenbearbeitung und Unkrautregulierung der letzten 10 Jahre, hatte nur einen geringen Einfluss auf Ertrag und Proteingehalt.

Ertrag: Es wurden keine direkten Ertrags-effekte unterschiedlicher Anteile von Hackfrüchten, Leguminosen, Zwischenfrüchten, etc. oder unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme festgestellt.

Die durchschnittlich 2,4 dt/ha niedrigeren Erträge bei ökologischer Bewirtschaftung sind vor allem auf den dort im Mittel höheren Unkrautdruck zurückzuführen.

Unkraut: Der wichtige Ertragsfaktor Unkraut wurde durch einzelne Faktoren aus der langjährigen Bewirtschaftung beeinflusst: Bei konventioneller Bewirtschaftung war die Verunkrautung auf Schlägen mit langjährig intensiver Herbizidanwendung in Hackfrüchten oft geringer als bei durchschnittlich nur wenigen Anwendungen pro Kultur.

Bei den Öko-Schlägen war ein solcher Effekt bei Betrieben mit intensiverer Stoppelbearbeitung zu erkennen. Weiterhin hatten hohe Anbauanteile von Klee gras und Hackfrüchten sowie eine tiefere Grundbodenbearbeitung tendenziell eine ähnliche Wirkung. Auch niedrige Nmin-Werte im Frühjahr, z. B. durch eine abtragende Fruchtfolgestellung, waren mit einer geringeren Verunkrautung in Soja verbunden.

Protein: Auf einigen Schlägen zeigte sich ein positiver Effekt auf den Proteingehalt, wenn vorher schon Soja angebaut wurde. Hohe Nmin-Werte im Frühjahr waren hingegen oft mit geringerem Knöllchenbesatz und damit niedrigerem Proteingehalt verbunden.

Insgesamt sollten für den Sojaanbau Schläge mit geringem Unkrautdruck und niedrigen Gehalten an verfügbarem Stickstoff gewählt werden. Durch häufigeren Sojaanbau auf einer Fläche sind positive Effekte auf den Proteingehalt möglich.



Bewirtschaftung von Vorfrucht bis Sojasaat

Ertrag: Obwohl die Bodenbearbeitungsintensität und der Zwischenfruchtanbau zwischen den Untersuchungsschlägen stark variierte, zeigte sich in der Untersuchung kein relevanter Ertragseffekt.

Unkraut: Deutlichen Einfluss hatten einzelne Maßnahmen auf die Verunkrautung in den Öko-Sojabeständen: Eine Grundbodenbearbeitung im Herbst statt im Frühjahr förderte z. B. die Auflaufrate des Saatgutes sowie die Homogenität und Höhe der Sojabestände und reduzierte dadurch die Verunkrautung. Einen negativen Effekt hatten hingegen tiefe und zeitnah vor der Saat vorgenommene Bodenbearbeitungsmaßnahmen im Frühjahr. Weiterhin führten z.B. eine geringe Bodenbearbeitungsintensität oder Winterzwischenfruchtanbau zur Reduzierung der Nmin-Menge im Frühjahr und damit zu geringeren Unkrautdeckungsgraden im Sojabestand.

Eine besonders deutliche Wirkung gegen Unkräuter wurde bei der Maßnahme „Falsches Saatbett“ festgestellt. Aufgrund ihres späten Saattermins eignet sich die Sojabohne sehr gut für eine relativ frühzeitige Saatbettbereitung mit folgender flacher Bearbeitung. Auf 80 % der Öko-Sojaschläge wurde diese Maßnahme durchgeführt, bei 65 % sogar mehrmals.

Auf den konventionellen Schlägen zeigten sich deutlich geringere Effekte. Im Gegensatz zu den Öko-Schlägen führte hier eine größere Arbeitstiefe bei der Frühjahrsbodenbearbeitung tendenziell zu einer geringeren Verunkrautung. Außerdem gab es auch Hinweise, dass bei einem feineren Saatbett häufiger weniger Unkraut auftrat, wahrscheinlich durch eine bessere Wirkung der Voraufbauherbizide.

Protein: Der Proteingehalt wurde durch eine tiefere Grundbodenbearbeitung und durch geringe Nmin-Mengen im Frühjahr gefördert, in beiden Fällen durch einen höheren Knöllchenbesatz.

Insgesamt scheint der Sojaertrag relativ wenig auf Unterschiede in der Bewirtschaftung von Vorfruchternte bis zur Saat – einschließlich Saatbettbereitung – zu reagieren. Eine Ausnahme dabei ist das Unkrautrisiko auf Ökoschlägen. Im Durchschnitt ist ein gut abgesetztes Saatbett nach tiefer Lockerung im Herbst vorteilhaft für die Konkurrenzkraft der Sojabestände. Wesentlich ist jedoch die mehrmalige Anwendung des „Falschen Saatbetts“, dadurch wird das Unkrautrisiko effektiv reduziert. Für eine effektive Herbizidwirksamkeit ist auf konventionellen Schlägen besonderes Augenmerk auf ein eher feines Saatbett zu legen.



Sortenwahl

Ertrag: Mit der Wahl von Sojasorten, die in deutschen Sortenversuchen als ertragreich eingestuft wurden, erzielten im Durchschnitt auch Praxisbetriebe höhere Erträge. Ein Effekt der unterschiedlichen Reifegruppen war nicht ersichtlich, da auf den Untersuchungsschlägen in den meisten Fällen den Standorten entsprechende Sorten angebaut wurden. An Standorten mit hohem Risiko kalter Nächte in der Sojablüte sollten gegen Blütenfall unempfindliche bzw. an dem Standort schon bewährte Sorten gewählt werden.

Unkraut: Die Bestandeshöhe ist ein wichtiger Faktor der Unkrautunterdrückung. Im Wesentlichen wurde diese jedoch durch die Wachstumsbedingungen beeinflusst.

Die Einstufung der verschiedenen Sorten nach Bundessortenamt spielte dabei keine nachweisbare Rolle.

Protein: Sojasorten, die in deutschen Sortenversuchen hohe Proteingehalte erreichten, zeigten auch in der Praxis häufig höhere Proteingehalte.

Insgesamt können Ergebnisse aus Sortenversuchen wertvolle Hinweise für die Sortenwahl geben. Dabei hat sich die Betrachtung des mittleren Potentials für Ertrag und Proteingehalt von möglichst vielen Jahren und Standorten bewährt. Ein wichtiges Kriterium sollte dabei auch die standortgemäße Reifegruppe einer Sorte sein.

Saat

Ertrag: Die Wahl des Saattermins beeinflusste stark die Temperaturbedingungen nach der Saat und in der Jugendentwicklung und war dadurch für die Ertragsbildung von großer Bedeutung. Auf vielen Schlägen führten relativ frühe Saattermine zu Ertragsinbußen, im Mittel lag der Saattermin Ende April. Weder die Saattechnik noch die ein-

gesetzte Impfmethode oder die Saatgutqualität hatten einen deutlichen direkten Effekt auf den Ertrag. Sojabestände können geringe Bestandesdichten meist durch eine hohe Anzahl von Hülsen pro Pflanze ausgleichen. Deshalb waren trotz vorgekommener negativer Einflüsse auf die Anzahl Sojapflanzen pro m² hohe Erträge möglich.



Unkraut: Dünne, lückige und ungleichmäßige Bestände waren häufig mit hoher Verunkrautung verbunden. Unkrautdeckungsgrade über 10 % zum Ende der Sojablüte traten nur in Beständen mit weniger als 50 Sojapflanzen pro m² auf. Für dichte, gleichmäßige und hohe Sojabestände waren eine Reihe von Saatfaktoren von Bedeutung: Eher späte Saattermine wirkten durch höhere Temperaturen nach der Saat und in der Jugendentwicklung positiv.

Starke Mängel bei Keimfähigkeit und Triebkraft des Saatgutes führten z. T. zu unbefriedigenden Beständen. Die Qualität des empfindlichen Sojasaatgutes muss bei der Aussaatstärke berücksichtigt werden. Saatguttests direkt vor der Saat können hilfreich sein. Bei ca. der Hälfte der Bestände lag die Auflauftrate deutlich unterhalb der Keimfähigkeit, erreichte aber fast immer die Keimfähigkeit des Triebkrafttests (Kalttest). Bei schwierigen Saatbedingungen (z. B. schwierige Boden- oder Witterungsbedingungen) empfiehlt es sich, die Triebkraft des Saatgutes zu berücksichtigen.

Mit Einzelkornsaat gesäte Bestände waren im Durchschnitt etwas gleichmäßiger im Wuchs als die mit Drillsaat gesäten.

Protein: Wesentlichster Saatfaktor für den Proteingehalt war die Wahl des Saattermins. Für den Knöllchenbesatz waren hohe Durchschnittstemperaturen nach der Saat förderlich. Und auch höhere Temperaturen in der Jugendentwicklung hatten einen positiven Effekt auf den Proteingehalt.

Die Impfmethode, d. h. die Art des Einmischens des Impfmittels mit Hand, Schaufel, Mischer oder Sprühen, zeigte keine prinzipiellen Unterschiede im Erfolg bezogen auf Proteingehalt oder Knöllchenbesatz.

Ein Anwalzen nach der Saat war in einigen Fällen mit etwas höherem Knöllchenbesatz verbunden.

Insgesamt besteht mit der Wahl eines standortabhängig eher späteren Saattermins ein großes Potential das Risiko von temperaturbedingten Ertragseinbußen zu mindern. Mit der Berücksichtigung der Saatgutqualität und möglichst optimalen Saatbedingungen können konkurrenzstarke Bestände die Unkrautproblematik deutlich reduzieren.



Direkte Unkrautregulierung

Der Unkrautdeckungsgrad war bei den untersuchten Sojabeständen ein wichtiger Ertragsfaktor. Ein starker negativer Ertragseffekt trat bei den Öko-Schlägen häufiger auf als bei den konventionellen.

Unkraut: Bei fast allen konventionellen Beständen wurden Voraufbauherbizide zur Unkrautregulierung eingesetzt. Unterschiede unterschiedlichen Herbizidmanagements waren nicht erkennbar. Bei trockenen Bedingungen nach dem Ausbringen kam es jedoch häufiger zu einer erhöhten Verunkrautung. In einigen Fällen konnte der Unkrautdeckungsgrad bei schlechter Voraufbauherbizidwirkung durch Nachaufbaumittel reduziert werden.

Bei den Öko-Schlägen wurden immer Maschinenhacke und/oder Striegel eingesetzt. Die großen Unterschiede in der Einsatzhäufigkeit dieser Geräte zeigten wider Erwarten nur einen relativ geringen Einfluss auf den Unkrautdeckungsgrad zum Ende der Sojablüte. Nur bei einer höheren Anzahl Maschinenhack-Durchgängen war im Mittel ein leichter Zusammenhang zu

geringerer Verunkrautung zu erkennen. Das deutet u. a. auf große Unterschiede bei der Wirksamkeit einzelner Hack- oder Striegelmaßnahmen hin. Ein großer zeitlicher Abstand von der Saat bis zum ersten Blindstriegeln bzw. zum ersten Maschinenhacken war in einigen Fällen mit erhöhtem Unkrautdeckungsgrad verbunden.

Protein: Die im Mittel etwas höheren Proteingehalte mit steigender Einsatzhäufigkeit der Maschinenhacke können evtl. mit einer Verbesserung der Bodendurchlüftung erklärt werden.

Bei den direkten Maßnahmen zur Unkrautregulierung scheint v. a. bei der mechanischen Regulierung noch ein Potential zur Verbesserung der Effektivität zu bestehen. Neben den direkten Regulierungsmaßnahmen sind besonders im Ökolandbau sowohl die langfristige Bewirtschaftung als auch das „Falsche Saatbett“ sowie die Etablierung wüchsiger, homogener Bestände wichtige Werkzeuge zur Reduzierung der Unkrautproblematik beim Sojaanbau.



Beregnung

Da eine ausreichende Wasserversorgung Voraussetzung für wüchsige und ertragreiche Sojabestände mit einem hohen Knöllchenbesatz an den Wurzeln ist, sollte in trockenen

Regionen zur Vermeidung deutlicher Ertrags- und Qualitätseinbußen die Möglichkeit einer Beregnung geprüft werden.

Krankheiten und Schädlinge

Ertrag: In den untersuchten Beständen wurden in einigen Fällen Fraßschäden durch Vögel oder Wild beobachtet. Allerdings war nur beim Taubenfraß in zwei Fällen ein negativer Ertragseffekt zu erkennen, in einem Fall ein Totalausfall. Sklerotinia-Befall führte bei einzelnen Beständen zu geringeren Erträgen. Ein erhöhtes Sklerotinia-Risiko wird vor allem bei der Kombination von feuchtem

Standort und deutlichem Sklerotinia-Befall einer Kultur in der Vorfruchtgeschichte gesehen.

Nennenswerter Befall mit Distelfaltern trat in den Jahren 2015 bis 2017 nicht auf.

Insgesamt ist die Sojabohne in der Praxis selten von ertragsrelevanten Krankheiten und Schädlingen betroffen, vor allem im Vergleich zu den heimischen Leguminosen.

Ernte

Der Praxisdrusch der Sojabohne wurde in diesem Projekt nicht direkt untersucht. Der Vergleich von Druschertrag und Handernten in Messparzellen zeigte aber den Einfluss der

Schnitthöhe auf die Ertragsausbeute. Zwischen 2 und 13 cm waren Ertragsverluste bei steigender Schnitthöhe zu erkennen.



Ungeprüfte mögliche Faktoren

Mit den durchgeführten Untersuchungen konnten nicht alle möglichen Einflüsse auf den Sojaertrag und -proteingehalt sowie die Verunkrautung vollständig abgedeckt oder exakt geprüft werden. Folgende Parameter mit einem möglichen Einfluss auf den Erfolg des Sojaanbaus wurden nicht geprüft:

- Spezielle Standortbesonderheiten
- Qualität von Bewirtschaftungsmaßnahmen
- Qualität der Impfung
- Details der eingesetzten Saattechnik und die Qualität der Aussaat
- Qualität des Druschs
- Wirksamkeit von Herbizidanwendungen und mechanischer Unkrautregulierung.



2 Ökonomische Ergebnisse

Autoren: Lukas Wolf & Robert Schätzl

2.1 Einleitung

Die Sojabohne erfreut sich als Ackerfrucht in Deutschland zunehmenden Interesses. Ausgehend von einem sehr geringen Flächenanteil an der Ackerfläche nahm in den vergangenen Jahren der Anbauumfang deutlich zu. Das wachsende Interesse an der Sojaproduktion hat nicht zuletzt ökonomische Gründe.

Um die entscheidenden Stellschrauben für einen erfolgreichen Anbau der Körnerleguminose zu ermitteln, ist neben der Berücksichtigung von wichtigen pflanzenbaulichen Einflussfaktoren der Blick auf die betriebswirtschaftliche Komponente notwendig. Deshalb sollen nachfolgend im Pendant

zum ersten Kapitel wesentliche Einflussgrößen auf das ökonomische Ergebnis identifiziert und gewichtet werden.

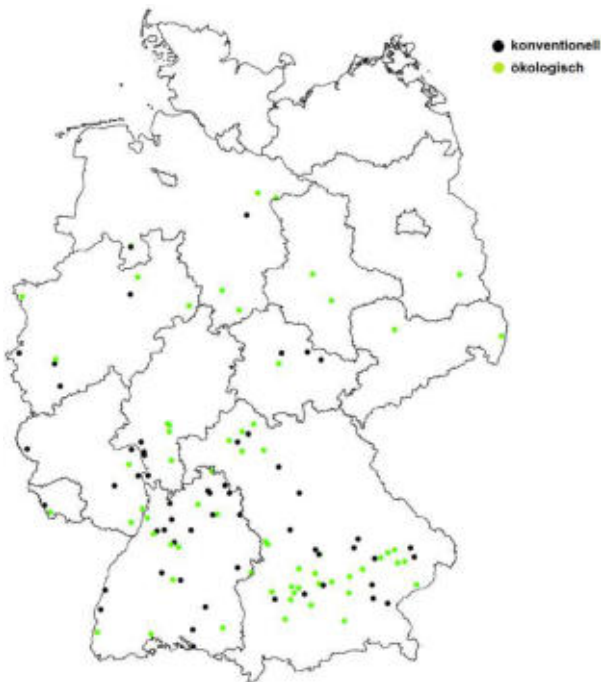
Auch in dieser Betrachtung steht in einem ersten Schritt die Frage im Vordergrund, welche Positionen in der Wirtschaftlichkeitsrechnung einen besonders starken Einfluss auf das Gesamtergebnis haben und welchen Parametern eine eher untergeordnete Bedeutung zukommt. Darüber hinaus gilt es zu untersuchen, in wieweit sich die Wahl der Bewirtschaftungsmaßnahmen bzw. die Intensität ihrer Umsetzung in unterschiedlichen Ergebnissen niederschlägt.

Material und Methoden

Die Beurteilung des wirtschaftlichen Erfolgs im Sojaanbau geschieht anhand einer Leistungskosten-Rechnung mit Ermittlung des Deckungsbeitrags. Demzufolge findet eine Verrechnung der Marktleistung mit den entstandenen variablen Kosten statt. Der verbleibende Betrag steht für die Deckung der Fixkosten und zur Entlohnung der Arbeit zur Verfügung. Die Berechnung des Deckungsbeitrages ist keine Vollkostenrechnung. So bleiben sowohl die Fixkosten als auch die von Familienmitgliedern geleistete Arbeit in dieser Betrachtung unberücksichtigt. Der Deckungsbeitrag eignet sich gut dazu, die Rentabilität unterschiedlicher Kulturen mit ähnlichem Anspruch an die Maschinenausstattung und die Arbeitszeit miteinander zu vergleichen.

Wie in der ackerbaulichen Betrachtung, beruhen die dargestellten Ergebnisse ebenfalls auf der Auswertung von schlagbezogenen Bewirtschaftungsdaten aus der Praxis. Diese wurden im Rahmen des deutschlandweiten Soja-Netzwerkes über einen Zeitraum von vier Jahren (2014 bis 2017) auf insgesamt 146 am Netzwerk beteiligten Betrieben erhoben. Über den gesamten Projektverlauf konnten so Daten von 220 ökologisch bzw. 205 konventionell bewirtschafteten Sojaschlägen gewonnen und verarbeitet werden. Damit ist die Datengrundlage für die ökonomische Auswertung deutlich umfangreicher als die der ackerbaulichen Untersuchungen.

2 Ökonomische Ergebnisse / 2.1 Einleitung



Verteilung der Betriebe im Soja-Netzwerk

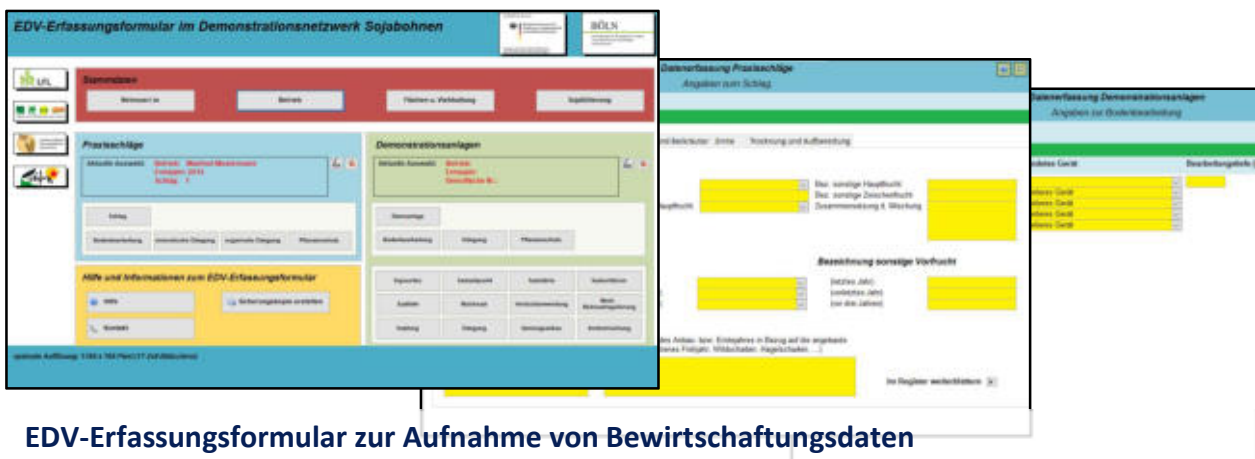
Die am Netzwerk beteiligten Betriebe waren über insgesamt 11 Bundesländer verteilt. Aufgrund der guten klimatischen Voraussetzungen für den Sojaanbau im Süden Deutschlands lag der regionale Schwerpunkt in den Bundesländern Baden-Württemberg und Bayern.

Die Datenerhebung organisierten BetriebsbetreuerInnen, die den LandwirtenInnen für den Sojaanbau auch beratend zur Seite standen.

Um für die ökonomische Bewertung des Sojaanbaus vollständige und valide Daten zu erhalten, fand die gesamte Erfassung in mehreren Stufen statt.

Zunächst nahmen die BetriebsleiterInnen im Vegetationsverlauf alle für die Ermittlung des Deckungsbeitrages erforderlichen Informationen auf. Neben dem Ertrag und den realisierten Erzeugerpreisen waren zusätzlich die Mengen der benötigten Betriebsmittel sowie deren Preise zu erfassen. Außerdem dokumentierten sie die auf den Sojaschlägen umgesetzten Maschinenarbeiten sowie die Trocknungs- und Aufbereitungsmaßnahmen.

Am Ende der Vegetationsperiode wurden die erhobenen Schlagdaten an den/die jeweilige/n BetriebsbetreuerIn weitergeleitet. Diese/r prüfte die Angabe, klärte Unklarheiten und nicht plausible Werte unmittelbar mit der/dem LandwirtIn und korrigierte diese bei Bedarf. Im Anschluss daran erfolgte die Weitergabe der Daten an die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. Nach einer weiteren Plausibilitätsprüfung wurde die eigentliche ökonomische Auswertung mit der Ermittlung von Leistungs- und Kostenpositionen und der Berechnung des Deckungsbeitrages durchgeführt. Es gilt zu berücksichtigen, dass alle Preise und Kosten als Netto-Werte ausgewiesen sind.



EDV-Erfassungsformular zur Aufnahme von Bewirtschaftungsdaten

Soweit mit vertretbarem Aufwand möglich, fanden für die Berechnungen die in den Betrieben erhobenen Daten Verwendung. Für eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse wurde für einzelne Positionen auf Pauschalwerte zurückgegriffen. So erfolgte die Bewertung der Dünger- und Nährstoffkosten sowie der variablen Maschinenkosten für die auf den Praxisschlägen durchgeführten Bewirtschaftungsmaßnahmen mit Hilfe von Standarddaten der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL 2018, siehe S. 103).

für das jeweilige Erntejahr gültigen Reinnährstoffkosten ermittelt. Für beide Bewirtschaftungsformen lag der angenommene N-Überschuss somit bei 1 kg N/dt Sojabohnenertrag.

Die erhobenen Daten zeigen, dass in einigen der Netzwerkbetriebe vor der Aussaat der Sojabohne Zwischenfrüchte angebaut wurden. Für die einheitliche Darstellung des ökonomischen Ergebnisses sind diese in der nachfolgenden Betrachtung jedoch nicht mit inbegriffen.

Auf der Leistungsseite des Deckungsbeitrages fand die Stickstofflieferung an nachfolgende Feldfrüchte Berücksichtigung. Der Wert des gelieferten Stickstoffs wurde aus der Multiplikation des Saldos aus N-Lieferung (5,4 kg/dt) und N-Abfuhr (4,4 kg/dt) mit den

Einzelheiten zur Form der Ergebnisdarstellung in den Graphiken sind im Kapitel Einleitung des Ackerbauteils (S. 1) aufgeführt. Details zur statistischen Auswertung und zur Gewichtung der Faktoren sind im Anhang näher erläutert (S. 98).

Reinnährstoffkosten für Stickstoff, Phosphat und Kali in den Erntejahren 2014 bis 2017 inkl. Durchschnittswerte in €/kg (netto)

Erntejahr	ökologisch			konventionell		
	Stickstoff	Phosphat	Kali	Stickstoff	Phosphat	Kali
2014	4,84	1,06	1,13	1,03	0,80	0,74
2015	4,92	1,07	1,16	1,11	0,84	0,75
2016	4,63	1,06	1,27	1,01	0,91	0,72
2017	4,21	1,06	1,14	0,83	0,75	0,66
Ø	4,65	1,06	1,18	1,00	0,83	0,72

2.2 Deckungsbeitrag

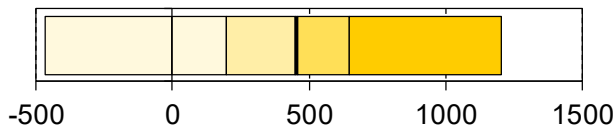
Der Deckungsbeitrag ergibt sich aus der Differenz der Leistungen und der variablen Kosten. Für die Sojabohne ist auf der Leistungsseite neben der Marktleistung aus dem Verkauf der Ernte auch der Anteil der Stickstofffixierung berücksichtigt, der den

Folgkulturen zur Verfügung steht. Variable Kosten fallen für Betriebsmittel wie Saatgut, Impfmittel, Dünger und Pflanzenschutzmittel an, außerdem für Maschinenarbeiten, Aufbereitung und Trocknung.

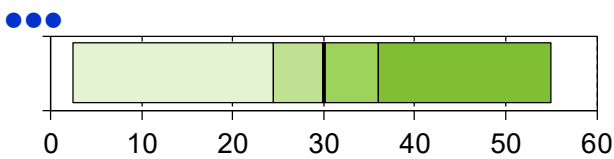
Übersicht konventionell: Wesentliche Faktoren des Deckungsbeitrags

Die Einflussfaktoren sind nach abnehmender Bedeutung für den Deckungsbeitrag sortiert, grün: Faktoren auf der Leistungsseite; rot: Faktoren auf der Kostenseite.

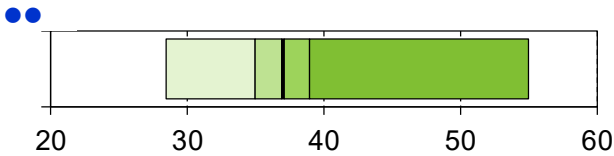
Faktoren auf der Kostenseite. Details finden sich auf den genannten Seiten.



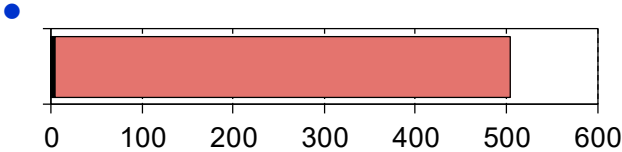
Deckungsbeitrag [€/ha]:
Unterschied zum Öko-Bereich ist auf den geringeren Erzeugerpreis zurückzuführen
S. 82



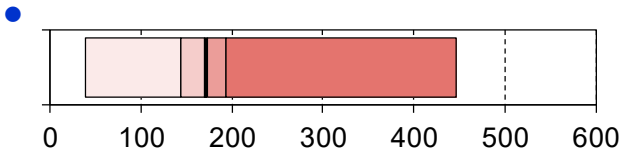
Ertrag [dt/ha]:
Im Vergleich zur ökologischen Erzeugung Ø 12 % höher
S. 64



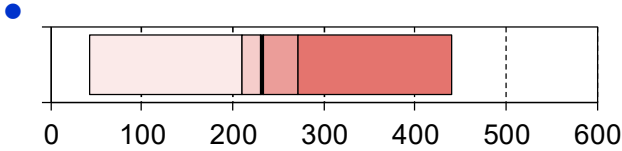
Erzeugerpreis [€/dt]:
Fällt im Vergleich zum Öko-Bereich um mehr als die Hälfte niedriger aus
S. 66



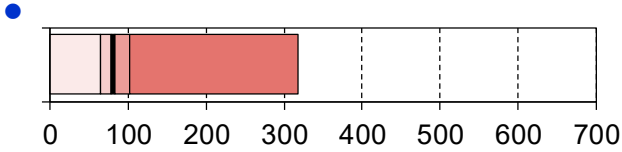
Aufbereitungskosten [€/ha]:
Inklusive Reinigung, Toastung, Röstung oder Extrusion
S. 80



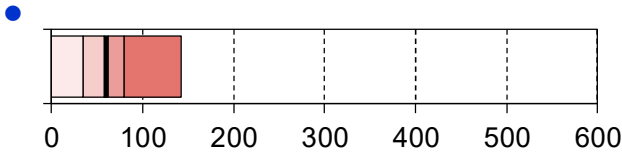
Variable Maschinenkosten Rest [€/ha]:
Ohne Berücksichtigung der Bodenbearbeitung
S. 78



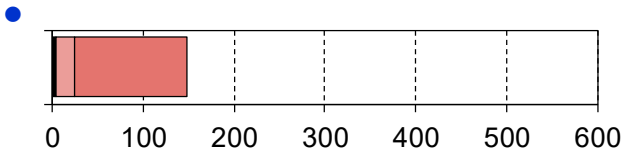
Saatgutkosten [€/ha]:
Im Mittel geringere Aussaatmengen und Saatgutpreise als ökol. Betriebe
S. 68



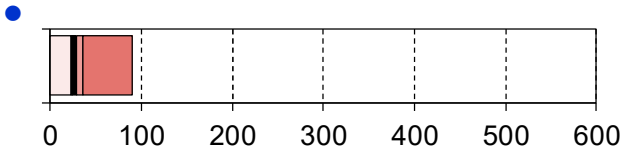
Pflanzenschutzmittelkosten [€/ha]:
Ein geringer Beikrautbesatz erfordert nur eine Maßnahme im Voraufbau
S. 72



Bodenbearbeitung [€/ha]:
Var. Maschinenkosten von Grundbodenbearbeitung und Saatbettbereitung
S. 74



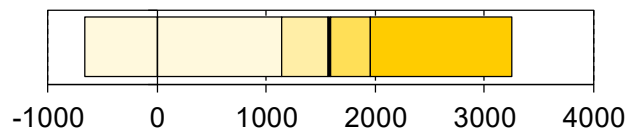
Trocknungskosten [€/ha]:
Teilweise sehr feucht geerntete Sojabohnen
S. 80



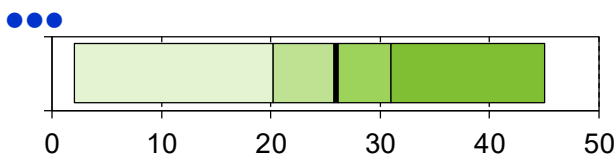
Impfkosten [€/ha]:
Geringe Beträge (Ø ca. 30 €/ha) zur Absicherung der N-Versorgung
S. 70

Übersicht ökologisch: Wesentliche Faktoren des Deckungsbeitrags

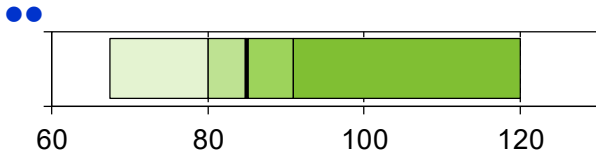
Die Einflussfaktoren sind nach abnehmender Bedeutung für den Deckungsbeitrag sortiert, grün: Faktoren auf der Leistungsseite; rot: Faktoren auf der Kostenseite. Details finden sich auf den genannten Seiten.



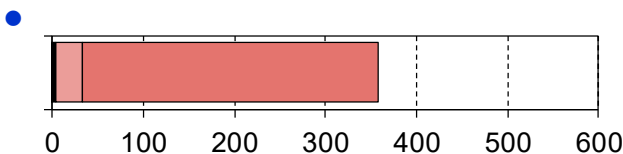
Deckungsbeitrag [€/ha]:
Unterschied zum konv. Bereich ist auf den höheren Erzeugerpreis zurückzuführen
S. 82



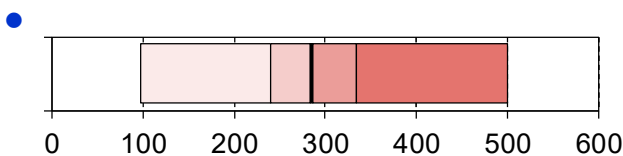
Ertrag [dt/ha]:
Im Vergleich zur konventionellen Erzeugung Ø 12 % geringer
S. 64



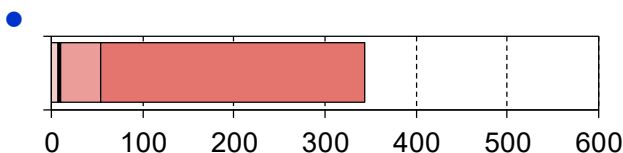
Erzeugerpreis [€/dt]:
Unterschied zwischen Verwertung als Futter- und Lebensmittel Ø ca. 10 €/dt
S. 66



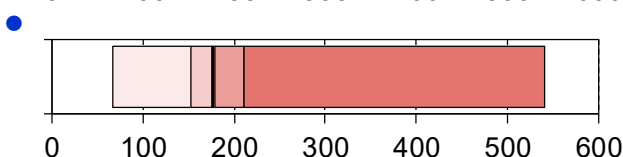
Aufbereitungskosten [€/ha]:
Inklusive Reinigung, Toastung, Röstung oder Extrusion
S. 80



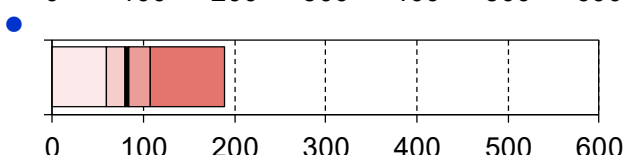
Saatgutkosten [€/ha]:
Im Mittel höhere Aussaatmengen und Saatgutpreise als bei konv. Betrieben
S. 68



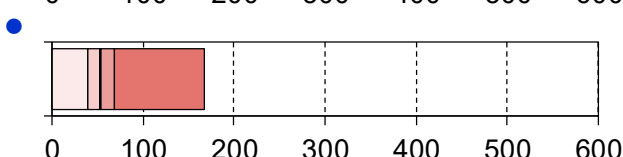
Trocknungskosten [€/ha]:
Teilweise sehr feucht geerntete Sojabohnen
S. 80



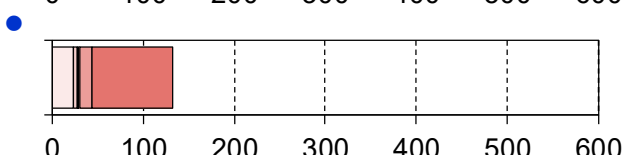
Variable Maschinenkosten Rest [€/ha]:
Ohne Berücksichtigung der Bodenbearbeitung und Unkrautregulierung
S. 78



Bodenbearbeitung [€/ha],
Var. Maschinenkosten von Grundbodenbearbeitung und Saatbettbereitung
S. 74



Unkrautregulierung [€/ha]:
Var. Maschinenkosten; die meisten Betriebe verwenden Striegel und Hacke
S. 76



Impfkosten [€/ha]:
Geringe Beträge (Ø ca. 30 €/ha) zur Absicherung der N-Versorgung
S. 70

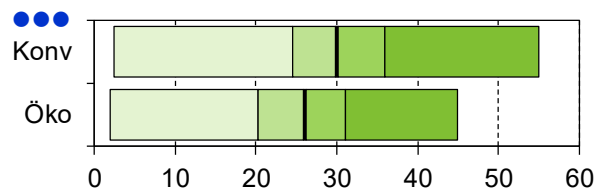
Details zu den Faktoren des Deckungsbeitrags

Ertrag

Unter den betrachteten Faktoren hatte der Sojabohnenertrag den größten Einfluss auf die Höhe des Deckungsbeitrages. Ein hoher Ertrag war demnach entscheidende Voraussetzung für ein angemessenes ökonomisches Ergebnis. Niedrige Erträge hatten in der Regel nur unzureichende Deckungsbeiträge zur Folge. Dies galt sowohl für die ökologische als auch für die konventionelle Bewirtschaftungsform.

Ökologisch wirtschaftende Betriebe erzielten in den Einzeljahren 2014 bis 2017 durchschnittliche Erträge von 21 bis 30 dt/ha. Über den gesamten Projektverlauf lag das mittlere Ertragsniveau in dieser Bewirtschaftungsform bei ca. 26 dt/ha. Im konventionellen Bereich fielen die Erntemengen im Projektverlauf mit 23 bis 34 dt/ha um 10 bis 25 % höher aus als im ökologischen Bereich, wobei sich der Durchschnittswert über die vier Jahre bei etwa 30 dt/ha einpendelte.

Das Ertragsniveau der für die ackerbauliche Auswertung ausgewählten Schläge fiel in den konventionellen Betrieben im Mittel um 1,3 dt/ha höher aus als in der ökonomischen Betrachtung. Unter ökologischen Bedingungen lag die Differenz der Ernteergebnisse zwischen den beiden Auswertungsvarianten bei 2,3 dt/ha. Es muss davon ausgegangen werden, dass die Anbaubedingungen bei den Schlägen aus der ackerbaulichen Untersuchung im Durchschnitt etwas besser waren.



Ertrag [dt/ha] (14 % Feuchte), vom Betrieb ermittelt



Die übermittelten Daten zeigen, dass der Anbau von Sojabohnen in Deutschland durchaus gute bis sehr gute Erträge hervorbringen kann. Dies wird unter anderem bei Betrachtung der erzielten Maximalerträge deutlich. Diese bewegten sich, sowohl im konventionellen als auch im ökologischen Bereich bei über 40 dt/ha. Ein konventionell wirtschaftender Landwirt fuhr im Erntejahr 2017 sogar einen Ertrag von 55 dt/ha vom Feld. Weiterhin zeigt sich, dass hohe Ernteergebnisse nicht nur wenigen Betrieben vorbehalten waren. Auf einem Viertel der konventionell bewirtschafteten Schläge konnten mindestens 36 dt/ha geerntet werden. Unter ökologischen Bedingungen wurden auf einem Viertel der Schläge Erträge von 31 dt/ha und mehr erzielt.

In allen vier Erntejahren gab es in beiden Bewirtschaftungsformen Betriebe mit einem vollständigen Ausfall des Ertrages. Im Öko-Bereich waren derartige Szenarien über die vier Jahre auf insgesamt zehn Sojaschlägen zu beobachten. In konventionell wirtschaftenden Betrieben konnten Landwirte in sechs Fällen keine Ernte von den Flächen abfahren. Diese Schläge sind in der weiteren Auswertung nicht mit enthalten.



Fraßschäden an jungen Sojapflanzen

Die Gründe für komplette Ertragsausfälle, aber auch für auftretende Mindererträge waren vielfältig. BetriebsleiterInnen erwähnten in diesem Zusammenhang häufig:

- Dünne, heterogene Bestände mit starker Verunkrautung aufgrund schlechter Keimfähigkeit des Saatgutes, kalten Witterungsbedingungen nach der Aussaat, Tauben oder Wildschweinfraß sowie Hagelschlag oder Bodenverschlammung durch Starkniederschläge
- Nasse oder sehr trockene Bodenverhältnisse, die die termingerechte Durchführung notwendiger Unkrautregulierungsmaßnahmen verhinderte bzw. die Wirkung der eingesetzten Herbizide minderte
- Unzureichende Wasserversorgung in den entscheidenden Wachstumsphasen der Jugendentwicklung, der Blüte oder der Hülsenfüllung. Besonders deutlich traten Ertragseinbußen diesbezüglich im Jahr 2015 im Zuge einer lange anhaltenden und über weite Teile Deutschlands reichenden Trockenperiode auf.

Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchung der Ertragsfaktoren in der ackerbaulichen Auswertung konnten die genannten Einschätzungen der BetriebsleiterInnen weitgehend bestätigen (S. 4).

Insgesamt lässt sich sagen, dass ein erfolgreicher Sojabohnenanbau in Deutschland möglich ist und dass grundsätzlich ein hohes Ertragsniveau realisiert werden kann. Demnach ist die wichtigste Voraussetzung für hohe Deckungsbeiträge gegeben. Um dieses Ziel jedoch umzusetzen, bedarf es eines optimalen Managements in der Kultivierung.

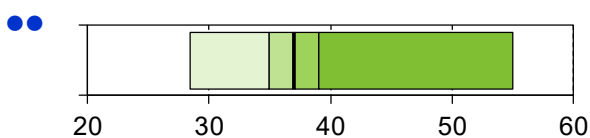
Erzeugerpreis

Neben dem Ertrag nahm auch der für Sojabohnen gezahlte Erzeugerpreis einen entscheidenden Einfluss auf den Deckungsbeitrag. Dies galt ebenfalls für beide Bewirtschaftungsformen.

Den größten Einfluss auf den Preis hatte die Bewirtschaftungsform. Ökologische Ware wird generell zu deutlich höheren Preisen gehandelt als konventionell erzeugte Sojabohnen. Weiterhin spielte bei der Preisgestaltung auch das Aufbereитungsniveau (z. B. gereinigt/ungereinigt) eine Rolle.

Konventioneller Erzeugerpreis

Konventionell erzeugtes Soja konnte 2014 für durchschnittlich knapp 40 €/dt verkauft werden. In den darauffolgenden Erntejahren ließ sich jedoch ein Preisrückgang feststellen. Dieser lag bei etwa 3 €/dt, so dass von 2015 bis 2017 im Mittel nur noch 37 €/dt gezahlt wurden.



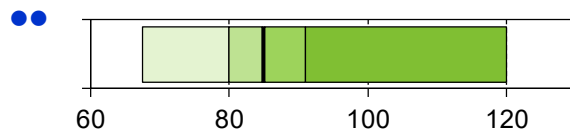
Erzeugerpreis, konventionell [€/dt] (netto)

Grund für diese Entwicklung waren Einflüsse des Weltmarktes auf Sojabohnen und Sojaextraktionsschrot. Zwar war die weltweite Nachfrage nach Extraktionsschrot durchwegs hoch, dieser standen jedoch vergleichsweise große Angebotsmengen gegenüber. Ein seit etwa 2012 im Trend anhaltendes, rückläufiges Preisniveau auf den Weltsojamärkten machte sich auch in den Betrieben des Soja-Netzwerks bemerkbar.

Über den gesamten Projektverlauf pendelte der Erzeugerpreis in den konventionell wirtschaftenden Betrieben in einem Bereich von 30 bis 50 €/dt, wobei die höchsten Preise für Sojabohnen gezahlt wurde, die als Saatgut Verwendung fanden.

Ökologischer Erzeugerpreis

Die Preise im Öko-Bereich bewegten sich in den ersten drei Jahren mit durchschnittlich etwa 86 €/dt auf einem relativ konstanten Niveau. 2017 zeigte sich dagegen ein leichter Preisrückgang auf im Mittel 84 €/dt.



Erzeugerpreis, ökologisch [€/dt] (netto)

Generell muss bei der Betrachtung des ökologischen Erzeugerpreises zwischen den Verwertungsrichtungen der geernteten Sojabohnen differenziert werden. Eine Verwendung im Lebensmittelbereich erbrachte über den gesamten Projektverlauf durchschnittlich rund 10 €/dt höhere Preise als eine Verarbeitung zu Futtermitteln.

Ein Blick in die Einzeljahre zeigt, dass der durchschnittliche Erzeugerpreis für ökologisches Futtersoja von etwa 82 €/dt auf ca. 78 €/dt abnahm. Der geringste realisierte Preis für ökologische Ware lag bei 67,50 €/dt. Für Lebensmittelsoja ergab sich, nach einem leichten Preisanstieg von knapp 90 €/dt auf 92 €/dt im Verlauf der ersten drei Projektjahre, im Erntejahr 2017 ebenfalls ein rückläufiges Preisniveau.

Die Preisrückgänge verliefen parallel zu einem gesteigerten Anbauumfang und einer daraus resultierenden Steigerung des Angebots an ökologischen Sojabohnen. Nach SCHAACK et al. (2019) konnte die ökologische Sojafläche deutschlandweit von 2014 (2.400 ha) bis 2017 (4.100 ha) deutlich ausgeweitet werden. Die Nachfrage entwickelte sich dagegen nicht ganz so dynamisch, so dass als Konsequenz der Marktpreis leicht zurückging.

Der hohe maximale Erzeugerpreis von 120 €/dt stellte eine Ausnahme dar. Er wurde von einem Landwirt erzielt, welcher die Sojabohnenernte auf dem eigenen Hof zu Speiseöl verarbeitete und dieses selbst vermarktete. Sojabohnenpreise von etwa

100 €/dt ergaben sich für BetriebsleiterInnen, deren Bohnen im Saatgutbereich Verwendung fanden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der Deckungsbeitrag zwar stark vom realisierten Erzeugerpreis abhängt, eine Einflussnahme seitens des Landwirts darauf aber nur in Grenzen möglich ist. Hier wirken sehr maßgeblich die jeweils aktuellen Gegebenheiten des Marktes. Höhere Erzeugerpreise lassen sich im Öko-Bereich grundsätzlich durch einen Wechsel von Futtersoja zu Lebensmittelsoja verwirklichen. Allerdings müsste dazu erst ein passender Abnehmer gefunden werden. Gleiches gilt für einen Absatz im Saatgutbereich.

Stickstofffixierung

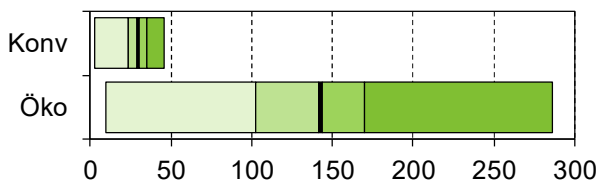
Die Fähigkeit von Körnerleguminosen, über Rhizobien in den Knöllchen Luftstickstoff zu binden, kann zur Folge haben, dass ein Teil des fixierten Nährstoffs den Folgekulturen zur Verfügung steht. Daraus ergibt sich für Landwirte die Möglichkeit zur Einsparung von

Stickstoffdünger bei der Nachfrucht. Als dritte Komponente auf der Leistungsseite der Wirtschaftlichkeitsberechnung fand deshalb die Stickstofflieferung von Sojabohnen an die nachfolgenden Feldfrüchte Berücksichtigung.



2 Ökonomische Ergebnisse / 2.2 Deckungsbeitrag

Diese Position hatte jedoch nur einen indirekten Einfluss auf das ökonomische Ergebnis, da der Wert rechnerisch über den Ertrag und aus Vorschlagswerten der Düngelplanung ermittelt wurde. In beiden Bewirtschaftungsformen lag der angenommene Stickstoffüberschuss bei 1 kg/dt Sojabohnenertrag. Für den Landwirt bestand somit keine direkte Möglichkeit auf die Position einzuwirken und deren Wert zu steuern. Sie ist daher in der Übersicht der einzelnen beeinflussenden Faktoren des Deckungsbeitrages nicht aufgeführt.



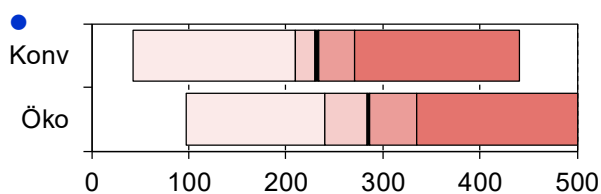
Monetär bewertete N-Lieferung an Folgefrüchte [€/ha]

Während sich die monetäre Bewertung der Stickstofflieferung in den ökologisch wirtschaftenden Betrieben zwischen 10 und 290 €/ha bewegte, fiel die Spannweite im konventionellen Bereich deutlich geringer aus (Min: 3 €/ha; Max: 46 €/ha). Diese vergleichsweise deutliche Differenz war in der unterschiedlichen Höhe der für die Berechnung herangezogenen Reinnährstoffkosten zu suchen. Im konventionellen Bereich lagen die Kosten bei rund 1 €/kg Stickstoff. In der ökologischen Bewirtschaftungsform bewegten sich diese bei deutlich über 4 €/kg Stickstoff.

Eine Ableitung des möglichen Einsparpotentials an Stickstoffdünger ließ sich auf Grundlage der erhobenen Daten nicht treffen. Dieser Aspekt muss bei der Einordnung der Position „N-Lieferung an die Folgefrüchte“ grundlegend Berücksichtigung finden.

Saatgutkosten

Anhand der in der Übersicht abgebildeten Sortierreihenfolge zeigt sich, dass die Saatgutkosten im ökologischen Bereich in absoluter Höhe einen stärkeren Einfluss auf den Deckungsbeitrag nahmen, als dies in den konventionell wirtschaftenden Betrieben der Fall war.



Saatgutkosten [€/ha] ohne Impfung

Die Saatgutkosten bewegten sich in den Öko-Betrieben im Projektverlauf mit durchschnittlich etwa 290 €/ha auf einem höheren Niveau als auf konventioneller Seite mit

Ø 240 €/ha. Während die mittlere Hälfte der Schläge in beiden Bewirtschaftungsformen mit einem Streubereich von maximal 50 €/ha vergleichsweise geringe Abweichungen vom Mittelwert aufwies, zeigten sich im oberen und unteren Viertel mit einem Minimum von 55 €/ha (konventionell) bis hin zu einem Maximum in Höhe von 500 €/ha (ökologisch) deutlich größere Schwankungen. Die aufgeführten Extreme resultieren einerseits aus einem sehr niedrig angesetzten Saatgutpreis. Andererseits war in wenigen Fällen auch eine sehr hohe Aussaatmenge zu beobachten. Ein Öko-Landwirt berichtete, dass die Aussaat aufgrund eines fehlgeschlagenen Feldaufgangs infolge extremer Trockenheit ein zweites Mal durchgeführt werden musste. Die in diesem Fall verwendete, doppelte Saatgutmenge machte

sich entsprechend in deutlich höheren Kosten bemerkbar. Unter normalen Gegebenheiten sind derartig hohe Beträge, wie sie in den Maximalwerten der beiden Bewirtschaftungsformen abgebildet sind, jedoch eher selten zu beobachten.

Saatgutpreis

Im Durchschnitt lag der Saatgutpreis im konventionellen Bereich mit 2,10 €/kg rund 45 ct unter dem Preisniveau für ökologisches Saatgut (2,55 €/kg). Unabhängig von der Bewirtschaftungsform ist aufgrund des in Europa für die meisten Sojabohnensorten geltenden Sortenschutzes der gebührenpflichtige Nachbau von Saatgut nicht gestattet. Daher müssen Landwirte auf das von den Züchtern bereitgestellte Z-Saatgut zurückgreifen. Günstigere Saatgutpreise zu realisieren ist daher nur im begrenzten Ausmaß möglich.

Saatgutmenge

Die Menge der gesäten Sojabohnen in den Öko-Betrieben lag im vierjährigen Mittel bei circa 118 kg/ha und damit um etwa 4 kg über dem Niveau der konventionell wirtschaftenden Landwirte (114 kg/ha).

Neben sortenbedingten Anpassungen war die höhere Saatgutmenge im Öko-Bereich häufig in der mechanischen Unkrautregulierung

begründet. Generell werden, je nach Geräteeinstellung, durch Striegel und Hacke neben Unkräutern auch Sojapflanzen geschädigt. Wird dies bei der Aussaat berücksichtigt, so lässt sich trotz dieser Regulierungsmaßnahmen eine ausreichende Zahl an Sojapflanzen für einen dichten, unkrautunterdrückenden Bestand erreichen.

In der ackerbaulichen Auswertung zeigte sich zwar kein direkter Zusammenhang zwischen Bestandesdichte und Ertrag, jedoch spielte sowohl im konventionellen als auch im ökologischen Anbau eine ausreichende Anzahl an Sojapflanzen pro Quadratmeter für die Unkrautunterdrückung eine wesentliche Rolle (S. 27). So trat nur in Beständen mit weniger als 50 Pflanzen/m² eine starke Verunkrautung zum Ende der Sojablüte auf.

Grundsätzlich lassen sich die Saatgutkosten vom Landwirt sehr viel stärker über die Aussaatmenge beeinflussen als über den Saatgutpreis. Allerdings darf über eine reduzierte Aussaatmenge der Ertrag nicht gefährdet werden. Wesentlich ist die Berücksichtigung der Keimfähigkeit bzw. der Triebkraft des Saatgutes sowie die Empfehlungen für die eingesetzte Sorte bzw. deren Reifegruppe. Im Ökolandbau muss in Abhängigkeit von den geplanten Regulierungsmaßnahmen ein entsprechender Zuschlag in der Aussaatmenge berücksichtigt werden, um Pflanzenverluste auszugleichen.

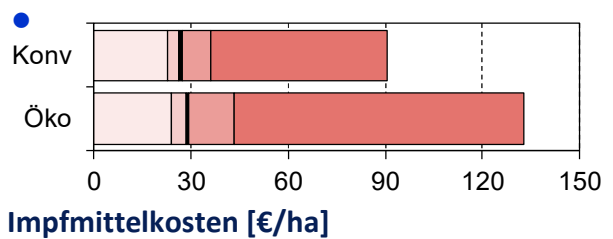


Impfkosten

In europäischen Böden fehlt von Natur aus das Bakterium zur Bildung der Knöllchen an den Wurzeln der Sojapflanzen (*Bradyrhizobium japonicum*). Für eine sichere Knöllchenbildung muss dieses deshalb über eine Impfung von Saatgut oder Boden eingebracht werden. Nur so ist gewährleistet, dass sich die Sojabohne über Fixierung aus der Luft selbst mit Stickstoff versorgen kann.

In der Regel impften die am Soja-Netzwerk beteiligten BetriebsleiterInnen das Sojasaatgut kurz vor der Aussaat mit den Rhizobien. Im gesamten Projektverlauf wurde dafür, ungeachtet der Bewirtschaftungsform, am häufigsten auf die Präparate Biodoz-Soja, Hi-Stick, Force 48 und ab 2016 auch auf Rizoliq Top S zurückgegriffen.

Sowohl im konventionellen als auch im ökologisch Bereich lagen die Kosten für die Impfung bei durchschnittlich knapp 30 €/ha.



Wie aus der Übersicht der Einflussfaktoren erkennbar ist, wirkte sich die Position Impfung auf den Deckungsbeitrag nur sehr wenig aus. Dies lag zum einen daran, dass nahezu alle BetriebsleiterInnen eine Impfung des Saatgutes umsetzten und nur in Einzelfällen auf eine Bakterienübertragung verzichtet wurde. Zum anderen lagen die Kosten für die unterschiedlichen Mittel auf einem ähnlichen Niveau, so dass sich zwischen den Betrieben grundsätzlich keine großen Abweichungen ergaben und demnach eine entscheidende Auswirkung auf das ökonomische Ergebnis ausblieb.



Impfmittel auf Saatgut im Betonkübel



Saatgutimpfung mit dem Betonmischer

Die mit rund 130 (ökologisch) bzw. 90 €/ha (konventionell) vergleichsweise hohen Maximalkosten ergaben sich aus einer Kombination von mehreren Präparaten und einer daraus resultierenden Steigerung der Aufwandmenge. Allerdings wurde dies nur sehr selten praktiziert, zumal auch ein

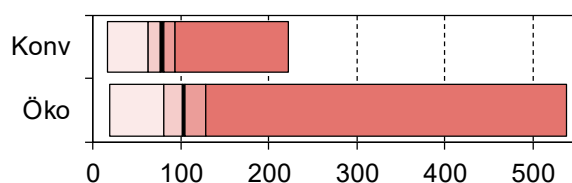
positiver Einfluss auf die Höhe des Ertrages nicht nachzuweisen war.

Saatgut, welches beim Kauf bereits fertig geimpft war, wird in der Praxis vor der Saat häufig noch einmal geimpft, weil die Vitalität der Bakterien am vorgeimpften Saatgut unter Umständen beeinträchtigt sein kann.

Dünger- und Nährstoffkosten

Zur Bewertung der Dünger- und Nährstoffkosten fanden die Nährstoffe Phosphat, Kali und Stickstoff Berücksichtigung.

In Abhängigkeit vom erzielten Ertrag wurde die mit der Ernte abgefahrene Menge an Phosphat und Kali nach dem LfL-Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland ermittelt. Durch Verrechnung mit den für das jeweilige Jahr gültigen Reinnährstoffkosten (S. 61) ergaben sich die Kosten für diese beiden Nährstoffe unabhängig davon, ob diese zu Sojabohnen gedüngt wurden oder aus dem Bodenvorrat kamen. Gute bis sehr gute Erträge brachten demzufolge eine höhere Nährstoffabfuhr und daraus resultierend auch höhere Kosten mit sich als niedrige Ernteergebnisse.



Dünger- und Nährstoffkosten [€/ha]

Stickstoff fand in der Berechnung über die tatsächlich gedüngte Menge mit einem je nach Jahr und Bewirtschaftungsform einheitlichen Preisansatz Berücksichtigung (\emptyset ökol. 4,65 €/kg; \emptyset konv. 1,00 €/kg, S. 61). Grund für

die Differenzierung innerhalb der Position ist die Tatsache, dass Leguminosen ihren N-Bedarf im Wesentlichen durch die Bindung von Luftstickstoff decken können und eine Entzugsdüngung somit nicht notwendig ist.

Im Mittel über die gesamte Projektlaufzeit lagen die Dünger- und Nährstoffkosten im konventionellen Bereich bei etwa 80 €/ha. In den ökologisch wirtschaftenden Betrieben bewegten sich diese mit durchschnittlich circa 100 €/ha auf einem höheren Niveau. Ursache für diesen Unterschied waren unter anderem die im Öko-Bereich höher ausfallenden Reinnährstoffkosten.

Die mit 220 €/ha (konventionell) bzw. 350 €/ha (ökologisch) sehr hohen Maximalkosten waren jeweils auf eine stickstoffhaltige Düngung über die Ausbringung von Biogasgärresten zurückzuführen. Auch in diesem Fall fiel die Differenz zwischen den beiden Maximalwerten auf den Unterschied im Preisansatz für Stickstoff zurück.

Anhand der übermittelten Daten ist ersichtlich, dass über den gesamten Projektverlauf auf jeweils knapp 20 % der ökologischen und konventionellen Sojaschläge eine stickstoffhaltige, organische Düngung stattfand. Die eingesetzten Dünger reichten von Champost

2 Ökonomische Ergebnisse / 2.2 Deckungsbeitrag

oder Grüngut, über Mist und Gülle bis hin zu den bereits erwähnten Biogasgärresten.

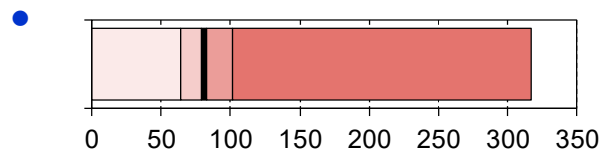
Eine Stickstoffdüngung zur Sojabohne ist unnötig oder hat sogar negative Auswirkungen (Ackerbauliche Auswertung S. 45) und bietet somit ein Einsparpotential.

Pflanzenschutzmittelkosten

Aufgrund des Ausbringungsverbotes von chemischen Pflanzenschutzmitteln im ökologischen Landbau betrifft diese Position ausschließlich die konventionell wirtschaftenden Betriebe. Der Einfluss der Pflanzenschutzmittelkosten auf den Deckungsbeitrag ist innerhalb der variablen Kosten als mäßig zu bewerten.

Auf den erfassten Praxisschlägen wurden lediglich Herbizide zur Bekämpfung von Beikräutern und Ungräsern eingesetzt. Eine Ausbringung von Insektiziden oder Fungiziden war nicht erforderlich.

Im Mittel beliefen sich die Kosten für die eingesetzten Herbizide über die vier Projektjahre gesehen auf rund 80 €/ha. Es ist allerdings ersichtlich, dass mit bis zu 300 €/ha durchaus auch deutlich höhere Kosten angegeben wurden.



Pflanzenschutzmittelkosten [€/ha], nur konventioneller Bereich



Ausbringung von Herbiziden im Voraufbau nach der Sojasaat

Während sich die Aufwandmengen der eingesetzten Pflanzenschutzmittel fast ausnahmslos im Bereich der pflanzenbaulichen Empfehlungen bewegten, war eine wesentliche Ursache für die Streuung der Pflanzenschutzmittelkosten die sehr unterschiedlich ausfallenden Preise für die eingesetzten Mittel im Einzelbetrieb. Die Tabelle zeigt die im Durchschnitt gezahlten Beträge für einen Liter am Beispiel der Präparate Centium, Spectrum und Sencor. Als Tankmischung war diese Mittelkombination eine der am häufigsten ausgebrachten Applikationsvarianten im Projektverlauf.

Durchschnittlich gezahlte Preise (€/l, netto) für ausgewählte Pflanzenschutzmittel (aus Angaben der beteiligten Landwirte)

Pflanzenschutzmittel	Ø
Centium	142,1
Spectrum	23,7
Sencor	39,2

Neben den stark variierenden Preisen kann als weiterer Grund für die Streuung der Kosten in dieser Position die teilweise sehr unterschiedlich ausfallende Anzahl an eingesetzten Pflanzenschutzmitteln ausgemacht werden. Generell fand die Ausbringung der in den Netzwerk-Betrieben verwendeten Mittel überwiegend im Voraufbau statt. Manche Landwirte verabreichten über eine Applikation im gesamten Produktionsverfahren lediglich ein einziges Präparat. Andere setzten auf die Kombination mehrerer Mittel und applizierten, wie oben bereits erwähnt, beispielsweise Centium, Spectrum und Sencor in einer Tankmischung. Einzelne BetriebsleiterInnen führten sogar zwei Maßnahmen mit der Kombination mehrerer Mittel im Voraufbau durch. Als weiteres mögliches

Ausbringungsszenario kamen Maßnahmen im Vor- und Nachaufbau, teilweise in Kombination mit einer Glyphosatapplikation vor der Aussaat der Sojabohnen zur Umsetzung.

Diese Ergebnisse zeigen, dass konventionell wirtschaftende Landwirte in Sojabohnen unterschiedliche Herbizidstrategien fahren. In Abhängigkeit vom Pflanzenschutzmittelpreis und der Anzahl der eingesetzten Präparate variieren die Kosten stark. Bei der Verwendung eines einzigen Mittels, z. B. Artist, lagen diese im Durchschnitt bei rund 30 €/ha. Die Dreifachkombination Centium, Spectrum und Sencor pendelte sich im Mittel bei etwa 70 €/ha ein. Maßnahmen im Vor und Nachaufbau, möglicherweise mit einer zusätzlichen Applikation von Glyphosat, bewegten sich in einem durchschnittlichen Kostenbereich von 100 bis 120 €/ha, konnten jedoch auch deutlich höher ausfallen.

Als Möglichkeit zur Kosteneinsparung empfiehlt es sich, für die Sojabohnenproduktion Schläge mit geringem Beikrautdruck auszuwählen. Normalerweise sollte unter diesen Bedingungen eine Maßnahme mit der Verwendung von ein bis drei Mitteln ausreichen, um den Bestand beikrautfrei zu halten.



Leichter Spritzschaden, ohne Ertrageffekt

Variable Maschinenkosten

Um die Gründe für unterschiedlich hohe variable Maschinenkosten zu erkennen, wird diese Position in Unterpositionen aufgeteilt. Es handelt sich dabei um die Bodenbearbeitung, die mechanische Beikrautregulierung in den ökologisch wirtschaftenden Betrieben sowie den Rest der variablen Maschinenkosten.

In den Einzeljahren fanden alle Maßnahmen nach der Einarbeitung der Erntereste der Vorfrucht bis einschließlich der Einarbeitung der Erntereste der Sojabohne in der Berechnung Berücksichtigung. Die Höhe der variablen Maschinenkosten wird dabei generell durch die Anzahl der Maßnahmen, durch den im jeweiligen Erntejahr gültigen Dieselpreis sowie durch die Schlaggröße beeinflusst.

Bodenbearbeitung

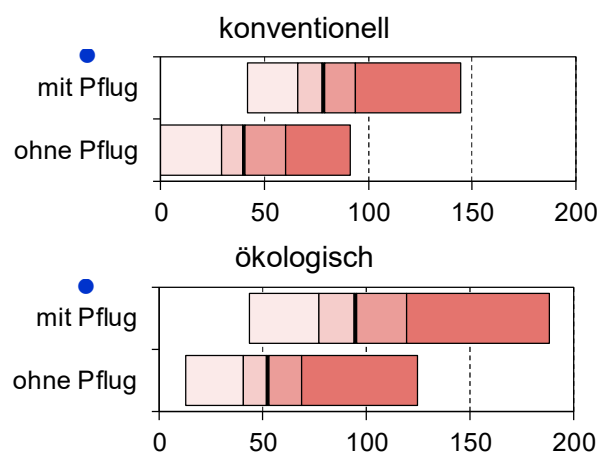
Die in den Übersichten zusammengefassten variablen Kosten der Bodenbearbeitung werden im Folgenden in die Grundbodenbearbeitung mit und ohne Pflug sowie die Saatbettbereitung unterteilt.

Grundbodenbearbeitung

In den Kosten der Grundbodenbearbeitung sind alle Maßnahmen zwischen Einarbeitung der Vorfruchterntereste und der Saatbettbereitung vor der Sojasaat enthalten. Eine separate Betrachtung der Stoppelbearbeitung war aufgrund des Vorgehens in der Datenerfassung jedoch nicht möglich. Aufwendungen zur Etablierung und Pflege von Zwischenfrüchten wurden generell nicht mit einbezogen.

Pfluglose Grundbodenbearbeitung

Nach der Einarbeitung der Erntereste der Vorfrucht bis zur Aussaat der Sojabohne wurden in den Öko-Betrieben rund 25 % der Schläge pfluglos bewirtschaftet. Unter konventionellen Bedingungen fiel der Anteil mit 45 % deutlich höher aus.



Kosten der Grundbodenbearbeitung (Pflug/Grubber/Scheibenegge) [€/ha]

Ungeachtet der Bewirtschaftungsform erfolgte die Grundbodenbearbeitung ohne Pflugeinsatz über den Grubber und/oder die Scheibenegge. Die anfallenden Kosten lagen auf ökologisch bewirtschafteten Flächen im Durchschnitt bei rund 50 €/ha und im konventionellen Bereich bei etwa 43 €/ha.

Insbesondere im Öko-Bereich bewegten sich die Kosten im oberen Viertel mit einem Maximum von fast 200 €/ha auf einem deutlich höheren Niveau. Die vergleichsweise starke Abweichung vom Mittelwert rührte daher, dass Grubber bzw. Scheibenegge auf manchen Schlägen mit bis zu sechs Durchgängen besonders häufig zum Einsatz kamen. Ziel der mehrmaligen Überfahrten war

es, schon über die Grundbodenbearbeitung möglichst beikrautfreie Schläge zu schaffen.

Grundbodenbearbeitung inklusive Pflug

Der Einsatz des Pfluges in der Grundbodenbearbeitung führte, ohne nennenswerte Unterschiede zwischen ökologischem und konventionellem Bereich, zu einem Anstieg des durchschnittlichen Kostenniveaus auf rund 100 bzw. 82 €/ha. Der Pflug wurde in beiden Bewirtschaftungssystemen auf über 80 % der Schläge nur einmal eingesetzt.

Bei den Maximalwerten war im Vergleich zur pfluglosen Betrachtung eine Annäherung der Kosten zwischen den beiden Wirtschaftsbereichen zu erkennen. Grund hierfür war die Tatsache, dass der Pflug auf einem konventionellen Schlag insgesamt dreimal eingesetzt wurde. Dies führte in Kombination mit den übrigen Bewirtschaftungsmaßnahmen in der Grundbodenbearbeitung zu einem entsprechenden Anstieg der Kosten auf 135 €/ha.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob ein Verzicht auf den Pflug aus ökonomischer Sicht vorteilhaft ist. Aus einem in diesem Zusammenhang durchgeführten Vergleich der durchschnittlich erzielten Erträge von Schlägen mit und ohne Pflugeinsatz, waren sowohl im konventionellen als auch im ökologischen Bereich keine relevanten Unterschiede in den Erntergebnissen ersichtlich. Auch die ackerbauliche Auswertung zeigte keinen nennenswerten Effekt unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf den Ertrag (S.18). Unter Berücksichtigung der deutlich höher ausfallenden Kosten bei Verwendung des Pfluges im Vergleich zu Grubber oder Scheibenegge war demnach kein direkter Vorteil für die wendende Bodenbearbeitung zu erkennen. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass bei der Entscheidung für oder gegen den Pflug nicht nur der kurzfristige Ertragseffekt sondern auch die Eignung für den Standort und das gesamte ackerbauliche System eine wichtige Rolle spielt.



Grundbodenbearbeitung mit Grubber

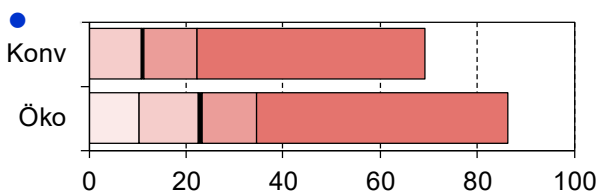


Grundbodenbearbeitung mit Pflug

2 Ökonomische Ergebnisse / 2.2 Deckungsbeitrag

Saatbettbereitung

Die Kosten für Maßnahmen im Bereich der Saatbettbereitung mit verschiedenen Einzelgeräten und Gerätekombinationen lagen in den ökologisch wirtschaftenden Betrieben im Durchschnitt bei etwas mehr als 20 €/ha. Damit fiel der Wert in etwa doppelt so hoch aus, wie unter konventionellen Bedingungen (Ø 10 €/ha). Bodenbearbeitungsmaßnahmen in Kombination mit dem Säegerät werden beim Faktor Aussaat berücksichtigt.



Kosten der Saatbettbereitung [€/ha]

An Hand der eingegangenen Aufzeichnungen ist ersichtlich, dass die Abweichung auf die Anzahl der Überfahrten und nicht etwa auf die Wahl der Geräte zurückzuführen war. So wurden auf den Öko-Schlägen in Summe durchschnittlich zwei Maßnahmen zur Saatbettbereitung gefahren, wobei Landwirte zu diesem Zweck am häufigsten die Egge einsetzten. Auf konventionellen Flächen fand im Mittel nur eine Überfahrt statt.

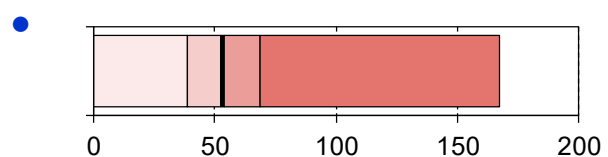
In diesem Fall ist die Handhabung im ökologischen Bereich ebenfalls auf die frühzeitige Unterdrückung von Beikräutern und Ungräsern zurückzuführen. Dementsprechend lassen sich auch die maximale Anzahl von fünf Überfahrten und die daraus resultierenden Maximalkosten von rund 85 €/ha erklären. Die ackerbauliche Auswertung ergab eine deutliche unkrautreduzierende Wirkung der mehrmaligen Saatbettbereitung (Falsches Saatbett, S. 32). Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass häufige Überfahrten auch Bodenverdichtungen mit sich bringen können,

welche das Wachstum der Sojapflanzen negativ beeinflussen und zu Ertragsdepressionen führen können. Vor diesem Hintergrund sollte deshalb das Kosten-Nutzen-Verhältnis des Mehraufwandes berücksichtigt werden.

Diese Überlegung trifft genauso auf die konventionell bewirtschafteten Schläge zu. Allerdings haben Landwirte dieser Bewirtschaftungsform aufgrund des zusätzlichen Einsatzes von chemischen Pflanzenschutzmitteln einen größeren Handlungsspielraum, um Unkrautprobleme zu kontrollieren. Sie sind daher nicht in dem Maße auf mechanische Regulierungsmaßnahmen angewiesen, wie ökologisch wirtschaftende Betriebe. Trotzdem ist auch hier die Bereitung eines sauberen Saatbettes entscheidende Grundvoraussetzung für eine gleichmäßige Saatgutablage und ein damit verbundenes gleichmäßiges Auflaufen des Bestandes. Demzufolge wurden auf manchen konventionellen Flächen mit bis zu vier Überfahrten vergleichsweise viele Durchgänge zur Saatbettbereitung getätigt. Die Kosten lagen in diesen Fällen bei etwa 70 €/ha.

Mechanische Beikrautregulierung

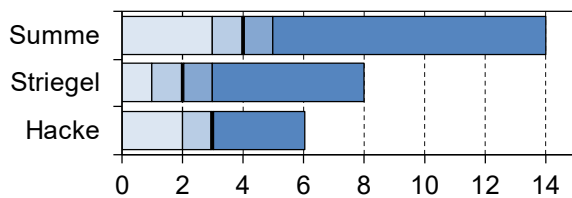
Die variablen Kosten zur mechanischen Beikrautregulierung hatten auf den Deckungsbeitrag im Öko-Bereich nur einen geringen Einfluss. Sie lagen im Mittel bei gut 50 €/ha.



Variable Maschinenkosten für die Beikrautregulierung [€/ha], nur ökologischer Bereich

Die Werte für die mittlere Hälfte der Schläge streuten wenig. Demzufolge bewegte sich mindestens die Hälfte der Betriebe auf einem ähnlichen Kostenniveau.

Die meisten BetriebsleiterInnen führten vier bis sechs Maßnahmen mit Striegel und/oder Hacke durch. Im Extrem wurden 14 Überfahrten realisiert, davon acht mit dem Striegel und sechs mit der Maschinenhacke. Daraus entstanden die Maximalkosten für die Beikrautregulierung in Höhe von circa 170 €/ha.



Anzahl Arbeitsgänge zur mechanischen Beikrautregulierung

Zur Bekämpfung von Beikräutern und Ungräsern wurden sehr oft beide Geräte

eingesetzt. Die Abbildung zur Anzahl an Arbeitsgängen zeigt jedoch, dass es auch Schläge gab, auf denen Landwirte entweder nur den Striegel (auf 5 % der Schläge) oder nur die Hacke (auf 22 % der Schläge) nutzten.

Eine starke Verunkrautung kann die Ertragsbildung wesentlich beeinträchtigen (S. 21). Die Wahl der Maßnahmen und ihre Einsatzhäufigkeit sollten vom Grad des Unkrautdrucks, der Eignung für den Standort, den vorkommenden Unkrautarten sowie der Effektivität der bisherigen Regulierungsmaßnahmen abhängen. Einsparungen bei der direkten mechanischen Unkrautregulierung sind z. B. möglich, wenn Schläge mit geringem Unkrautdruck gewählt werden, vor der Aussaat schon Maßnahmen zur Reduzierung der Unkräuter durchgeführt werden oder/und die direkte Regulierung einen hohen Wirkungsgrad erreicht. Details zum Einfluss direkter Unkrautregulierung auf die Verunkrautung finden sich auf Seite 33.



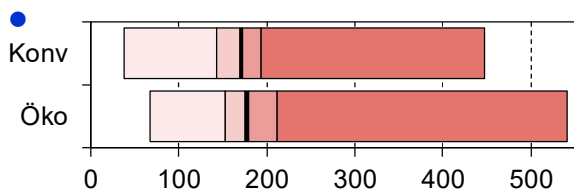
Mechanische Beikrautregulierung mit Gänsefußscharhacke und Striegel

2 Ökonomische Ergebnisse / 2.2 Deckungsbeitrag

Variable Maschinenkosten Rest

Weitere variable Maschinenkosten fielen für die Aussaat, das Walzen nach der Saat, die Ausbringung von Mineraldünger und Pflanzenschutzmitteln, den Drusch, den Transport des Ernteguts sowie für Bewässerungsmaßnahmen an.

Anhand der Übersicht ist zu erkennen, dass der Rest der variablen Maschinenkosten in beiden Bewirtschaftungsformen stärker streute und damit das ökonomische Ergebnis stärker beeinflusste als die bisher erläuterten Maschinenkosten.

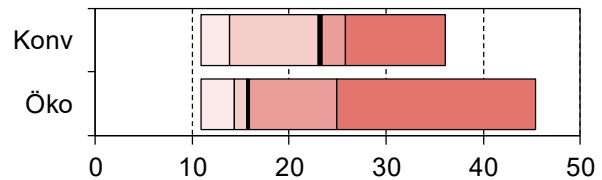


Variable Maschinenkosten Rest [€/ha]; ohne Grundbodenbearbeitung, Saatbettbereitung, Aussaat und mechanischer Beikrautregulierung

Größere Streuungen ergaben sich insbesondere über die Durchführung von Bewässerungsmaßnahmen, einen teilweise sehr weiten Transport des Erntegutes und den Einsatz eigener Mähdrescher zur Ernte.

Unterschiedliche Kosten fielen auch bei der Aussaat an. Während in manchen Betrieben die Sämaschine mit der Kreiselegge oder einem anderen rotierenden Gerät kombiniert

wurde, verzichteten andere Landwirte auf dieses Vorgehen und führten die Saatgutablage ohne die Verwendung eines weiteren Arbeitsgerätes durch. Darüber hinaus beeinflusst auch die Art des Sägerätes die Kosten der Aussaat.



Aussaatkosten [€/ha]

Im Öko-Bereich lagen die Kosten mit einem Median von rund 16 €/ha unter dem Wert der konventionellen Betriebe (23 €/ha). Dies war insbesondere darin begründet, dass auf den konventionell bewirtschafteten Schlägen zur Aussaat häufiger ein rotierendes Gerät, wie die Kreiselegge eingesetzt wurde. (siehe Tabelle).

Anhand der übermittelten Daten ist ersichtlich, dass insbesondere in ökologisch wirtschaftenden Betrieben die Aussaat mit dem Einzelkornsäegerät auf acht Schlägen überbetrieblich organisiert wurde. Im konventionellen Bereich griff lediglich ein Landwirt auf einen Lohnunternehmer zurück. In all diesen Fällen stiegen die Kosten auf rund 35 €/ha. Der Maximalwert von etwa 45 €/ha war jedoch auf den Öko-Landwirt zurückzuführen, welcher die Aussaat aufgrund eines schlechten Feldaufgangs in Folge von Trockenheit ein zweites Mal durchführen musste.

Verwendete Sätechnik inklusive Kosten (€/ha) auf den untersuchten Schlägen

	Ökologisch [Anteil]	Konventionell [Anteil]	Kosten [€/ha]
Einzelkornsaat	52 %	25 %	15
Drillsaat ohne weiteres Gerät	10 %	15 %	12
Drillsaat zusammen mit rotierendem Gerät	38 %	60 %	25

Bewässerungsmaßnahmen zu Sojabohnen wurden im Projektverlauf auf zehn ökologisch bzw. acht konventionell bewirtschafteten Flächen durchgeführt. Je nach Intensität erreichten die Kosten ein Niveau von bis zu 95 €/ha. Die Ergebnisse der ackerbaulichen Auswertung zeigen die große Bedeutung einer ausreichenden Wasserversorgung für die Ertragsbildung von Soja (S. 8). Die höhere monetäre Belastung durch Beregnungsmaßnahmen muss jedoch gegen den zu erwartenden Ertragseffekt abgewogen werden.

Ein ähnlicher Zusammenhang ließ sich auch in Bezug auf die **Transportkosten** feststellen. Während die Fracht der Sojaernte in einigen Fällen vom Abnehmer durchgeführt und gezahlt wurde, entstanden für andere Landwirte aufgrund einer weiten Entfernung zum Aufkäufer vergleichsweise hohe Belastungen. Bei einem im konventionellen Bereich durchschnittlichen Kostenniveau von etwa 12 €/ha, zahlte ein Landwirt im Maximum 100 €/ha für den Transport. Im Öko-Bereich fielen sowohl die mittleren Kosten (18 €/ha) als auch das Maximum (125 €/ha) etwas höher aus.

Beim **Mähdrusch** waren zwischen den Schlägen teilweise ebenfalls erhebliche Unterschiede zu beobachten. Ursache hierfür war die Tatsache, dass manche Landwirte den Drusch der Bohnen mit dem eigenen Drescher

durchführten, wohingegen die meisten anderen BetriebsleiterInnen für diesen Arbeitsgang auf ein Lohnunternehmen zurückgriffen. Der überbetriebliche Einsatz kostete im Mittel knapp 130 €/ha. Dem entgegengesetzt fielen die Kosten bei der Verwendung der eigenen Maschine mit etwas mehr als 30 €/ha deutlich geringer aus.

Der Effekt auf das ökonomische Ergebnis verstärkte sich entsprechend, wenn nicht nur in einem der genannten Arbeitsgänge höhere monetäre Belastungen auftraten, sondern in zwei oder sogar allen drei Positionen. Unter derartigen Bedingungen konnten sich die Kosten bis hin zu 450 €/ha (konventionell) bzw. 550 €/ha (ökologisch) aufsummieren.

Andere Arbeitsgänge wie das Walzen und die Überfahrten mit Pflanzenschutzspritze oder Düngersteuer wiesen dagegen eine vergleichsweise geringe Streuung auf.

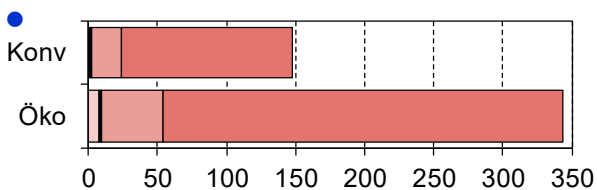
Die Kosten für die Ausbringung von Wirtschaftsdünger in Form von Gülle oder Mist aus dem eigenen Betrieb blieben in der Berechnung unberücksichtigt, da sie dem tierischen Verfahren angelastet werden. Eine Ausbringung von organischem Dünger von außerhalb des Betriebes wurde jedoch mit dem entsprechenden Arbeitsgang in die Kalkulation einbezogen.



Trocknungskosten

Trocknungskosten fielen nur für einen Teil der Schläge an. So wurde die Ernte von rund der Hälfte der ökologischen und etwa einem Drittel der konventionellen Sojaflächen einem Trocknungsverfahren unterzogen. Der mittlere Wassergehalt der Bohnen lag über alle Schläge gesehen bei jeweils etwa 17 %.

Die durchschnittlichen Trocknungskosten betragen 35 €/ha im ökologischen bzw. 15 €/ha im konventionellen Bereich. In beiden Bewirtschaftungsformen bewegten sich die Einzelergebnisse sehr nah um den Mittelwert. In den Fällen, in denen getrocknet wurde, variierten die Kosten von 3 bis 343 €/ha. In den Öko-Betrieben lagen sie im Mittel bei knapp 70 €/ha. Im konventionellen Bereich erreichten sie etwa 46 €/ha.



Trocknungskosten [€/ha]

Die Maximalwerte zeigen, dass die Kosten für die Trocknung im Einzelfall sehr hoch ausfielen. Ursache dafür waren sehr hohe Feuchtegehalte bis zu 30 % verbunden mit hohen Kosten je Dezitonne Trockengut (8 €/dt).

Aufbereitungskosten

Die Ernte von knapp der Hälfte der ökologisch bewirtschafteten Schläge und von etwa einem Fünftel der konventionell bewirtschafteten Schläge wurde einem Aufbereitungsverfahren zugeführt. Im Durchschnitt der Fälle, bei

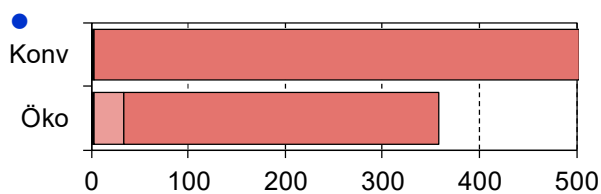
Die Trocknungskosten der Ernte von insgesamt 16 Öko-Schlägen und fünf konventionellen Schlägen erreichten ein Niveau von 100 €/ha und mehr. Hier lagen die Feuchtegehalt bei 20 % und höher.

Um hohen Kosten im Bereich der Trocknung entgegenzuwirken, empfiehlt es sich, eine auf die klimatischen Gegebenheiten angepasste Sortenwahl zu treffen. Spätreifende Sorten (Reifegruppe 0 oder 00) sollten nur in Gunstlagen angebaut werden. In Gebieten, mit weniger günstigen klimatischen Anbaubedingungen, ist die Verwendung von Sorten der Reifegruppe 000 zu empfehlen. Die erhobenen Daten zeigen, dass diese Vorgehensweise auf den meisten Schlägen berücksichtigt wurde. Nur in seltenen Fällen lässt sich ein hoher Wassergehalt auf den Anbau einer spätreifenden Sorte zurückführen.

Neben der Entscheidung für die richtige Sorte spielt auch die Wahl des Aussaattermins eine Rolle in Bezug auf den Feuchtegehalt der Sojabohne am Ende der Vegetationsperiode. Sojabohnen können zwar einen gewissen Rückstand in der Entwicklung kompensieren. Um jedoch Probleme in Bezug auf eine unzureichende Abreife zu vermeiden, sollte die Aussaat nicht zu spät erfolgen.

denen eine Aufbereitung durchgeführt wurde, lagen die Kosten bei 86 € (ökologisch) bzw. rund 130 €/ha (konventionell). Die durch die BetriebsleiterInnen angegebene Spannweite reichte jedoch von 1,5 bis zu 500 €/ha.

Würden die geernteten Bohnen nur gereinigt, so fielen die hierfür entstandenen Kosten mit durchschnittlich etwa 30 €/ha vergleichsweise gering aus. Deutlich höhere monetäre Belastungen traten dort auf, wo die Ernte getoastet, geröstet oder aber extrudiert wurde. Unter diesen Umständen variierten die Kosten in einem Bereich von 5 bis 12 €/dt und lagen im Durchschnitt auf einem Level von circa 9 €/dt. Im Mittel mussten Landwirte für diese Art der Aufbereitung rund 210 €/ha zahlen. Bei einem hohen Ertragsniveau und vergleichsweise hohen Aufbereitungskosten erreichten die Maximalkosten die bereits erwähnten 500 €/ha.



Aufbereitungskosten [€/ha]

Möglichkeiten zur Kosteneinsparung lassen sich in dieser Position nur schwer bestimmen. In der Regel fand eine Toastung, Röstung oder Extrusion nur dann statt, wenn die Ernte im eigenen Betrieb an Geflügel oder Schweine verfüttert wurde.

Unter diesen Umständen ist eine derartige Aufbereitung der Sojabohnen im Allgemeinen unumgänglich. Antinutritive Inhaltsstoffe werden auf diese Weise inaktiviert, um die Proteinaufspaltung im Verdauungsstrakt dieser Tierarten nicht zu hemmen. Alternative Verfahren, mit Ausnahme einer Rationsumstellung, in der die Sojabohne keine Berücksichtigung findet, bestehen nicht. Demzufolge lassen sich auch die Kosten nur schwer vermindern.



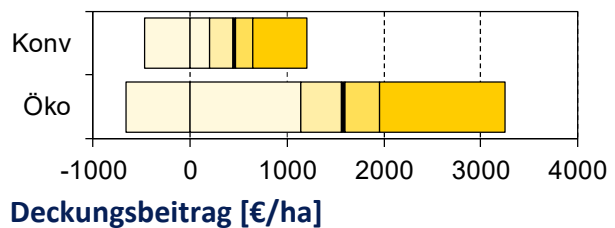
Mobile Toastanlage zur Sojaaufbereitung

Deckungsbeitrag

Im ökologischen Sojaanbau erreichten die Betriebe über den gesamten Projektverlauf einen durchschnittlichen Deckungsbeitrag von circa 1.550 €/ha. Die mittlere Hälfte der Ergebnisse pendelte mit Werten von etwa +/- 400 €/ha um den Durchschnittsbetrag. Ein Blick auf die Extremwerte zeigt, dass der maximale Deckungsbeitrag mit etwa 3.250 €/ha mehr als doppelt so hoch ausfiel, wie der Durchschnittswert. Der minimale Deckungsbeitrag lag mit -663 €/ha im negativen Bereich. Es ist demnach ersichtlich, dass nicht alle Betriebe die variablen Kosten über die Leistung decken konnten.

Im konventionellen Bereich wurde in den vier Erntejahren ein durchschnittliches ökonomisches Ergebnis von 450 €/ha erzielt. Die mittlere Hälfte der Werte bewegte sich in einem Bereich von 200 bis circa 650 €/ha. Der maximale Deckungsbeitrag lag bei 1200 €/ha. Damit fiel dieser ebenfalls mehr als doppelt so hoch aus wie der Mittelwert. Auf der anderen Seite lässt sich anhand des angegebenen Minimums mit einem Deckungsbeitrag von -470 €/ha erkennen, dass es auch im konventionellen Bereich einzelne Betriebe gab, deren variable Kosten nicht durch die Leistung gedeckt werden konnten.

Der deutlich ausfallende Unterschied im Deckungsbeitragsniveau zwischen den beiden Bewirtschaftungsformen war im Wesentlichen auf die höheren Erzeugerpreise in den ökologisch wirtschaftenden Betrieben zurückzuführen.



Wie aus der Einzelaufstellung der Positionen zu Beginn dieses Kapitels ersichtlich ist, nahm insbesondere der Ertrag entscheidend Einfluss auf die Höhe des ökonomischen Ergebnisses. Dies bedeutet jedoch nicht, dass auf Schlägen mit den besten Ernteergebnissen auch die höchsten Deckungsbeiträge erzielt wurden. Es war sehr viel mehr die Kombination aus Ertrag und Erzeugerpreis unter zusätzlicher Berücksichtigung des Kostenniveaus, die über die Höhe des ökonomischen Ergebnisses entschied.



2.3 Fazit Ökonomie

Nahezu alle aufgeführten Positionen des Deckungsbeitrages zeigen in der Gesamtübersicht für beide Bewirtschaftungsformen sehr hohe Streubreiten. Die stark variierenden Einzelwerte weisen darauf hin, dass die im Soja-Netzwerk beteiligten Landwirte unterschiedliche Strategien beim Anbau der Sojabohnen verfolgten und/oder verschiedene umweltbedingte und ökonomische Rahmenbedingungen vorlagen.

Der ökonomische Erfolg, gemessen am Deckungsbeitrag, wurde in erster Linie vom Ertrag bestimmt. Zusätzlich hatten jedoch auch der Erzeugerpreis und verschiedene Kostenpositionen des Anbauverfahrens entscheidenden Einfluss.

In Bezug auf den **Ertrag** sind die BetriebsleiterInnen in der Regel bestrebt, ein hohes Niveau zu erzielen. Sowohl die derzeit verfügbaren Anbauanleitungen als auch die Ergebnisse der ackerbaulichen Auswertung (S. 1) geben Hinweise, mit welcher Standortwahl und welchen Anbaumaßnahmen hohe Erträge erreichbar sind. Allerdings wird das Ernteergebnis stark durch äußere Faktoren beeinflusst, auf die LandwirtInnen nur begrenzt, teilweise auch gar keinen Einfluss nehmen können.

Beim **Erzeugerpreis** kann die Eigeninitiative des/der LandwirtIn positive Effekte bringen. Eine aktive Vermarktung, das Sichern von Preisen über Vorverträge, der Anbau von Soja für die Lebensmittelproduktion sowie die Verwertung im eigenen Betrieb können Möglichkeiten darstellen, höhere Preise zu erzielen. Es wird jedoch deutlich, dass das Anbausystem zurzeit den größten Einfluss auf

den Erzeugerpreis hat: Ökologisch produzierte Sojabohnen werden zu wesentlich höheren Preisen gehandelt als konventionell erzeugte Ware.

Vor diesem Hintergrund sollte die Optimierung der Leistungsseite zwar an erster Stelle stehen, allerdings müssen die variablen Kosten ebenfalls Berücksichtigung finden. So kann das ökonomische Ergebnis auch über diese Positionen positiv beeinflusst werden. Es gilt aber immer zu bedenken, dass Kosteneinsparungen auch Auswirkungen auf den Ertrag, auf die festen Kosten und auf die erforderliche Arbeitszeit haben können.

Preise für die eingesetzten **Betriebsmittel** werden häufig als gegeben hingenommen. Am Beispiel der BetriebsleiterInnenangaben zu den Pflanzenschutzmittelpreisen zeigten sich teilweise sehr deutlich ausfallende Unterschiede für die verwendeten Präparate. Ursachen dafür lassen sich aus den gelieferten Daten nicht ableiten. Es erscheint somit sinnvoll, die jeweiligen Betriebsmittelpreise auf Einsparungsmöglichkeiten zu prüfen.

Eine andere Situation ergab sich bei den Aufwandmengen der eingesetzten Betriebsmittel. Eine Einsparung der Kosten für stickstoffhaltige Dünger ist in jedem Fall als sinnvoll zu betrachten. Sowohl aus der ackerbaulichen Auswertung (S. 17) als auch aus vielen weiteren Forschungsergebnissen wird deutlich, dass die Zufuhr verfügbaren Stickstoffs keine oder sogar eine nachteilige Wirkung auf den Erfolg des Sojaanbaus hat. Auch bei weiteren Nährstoffen erscheint die Sojapflanze als relativ anspruchslos (S. 17), so dass die Notwendigkeit anderer direkter

2 Ökonomische Ergebnisse / 2.3 Fazit Ökonomie

Düngemaßnahmen ebenfalls geprüft werden kann.

Die Kosten für **Bewässerungs**maßnahmen von Sojabeständen fallen je nach Intensität erheblich aus. Der große Einfluss einer ausreichenden Wasserversorgung für die Ertragsbildung (S. 8) kann sie jedoch zu einer lohnenden Maßnahme machen. Eine Bewässerung ist dabei immer im Zusammenhang mit den erwarteten positiven Auswirkungen auf den Ertrag zu planen.

Bei der Intensität der verschiedenen Arbeitsgänge, wie Grundbodenbearbeitung, Saattbettbereitung oder mechanischer Beikrautregulierung wurden in der Praxis große Spannbreiten ermittelt. Auch wenn die Frage des Aufwandes für jeden Betrieb einzeln bewertet werden muss, so gilt es generell auch immer das Kosten-Nutzen-Verhältnis zu berücksichtigen.

Im Bereich der **Bodenbearbeitung** scheint der Verzicht auf den Pflug vor der Aussaat der Sojabohne eine mögliche Kosteneinsparung darzustellen. Weder die Prüfung der ökonomischen Daten noch die ackerbauliche Auswertung zeigten einen positiven Effekt des Pflugeinsatzes auf den Ertrag. Inwieweit die Bearbeitung mit dem Pflug aus anderen Gründen trotzdem als sinnvoll zu bewerten ist, muss einzelbetrieblich entschieden werden.

Einsparungen bei der mechanischen oder chemischen **Unkrautregulierung** sind mit Vorsicht vorzunehmen. Eine hohe Verunkrautung kann deutliche Ertragseinbußen mit sich bringen. Es sind somit nur

Anbauverfahren sinnvoll, die einen geringen Unkrautdruck gewährleisten. Einsparpotential scheint z. B. im ökologischen Anbausystem bei einzelnen Betrieben durch eine Steigerung der Effektivität der direkten Unkrautregulierungsmaßnahmen zu bestehen.

Die Standortwahl bzw. die Eignung für den Sojaanbau hat einen wesentlichen Einfluss auf den Sojaertrag und damit auf den ökonomischen Erfolg. Wichtig ist der Anbau einer für den Standort und die Verwertungsrichtung geeigneten Sorte. Die richtige Sortenwahl entscheidet maßgeblich über den Reifezeitpunkt und kann damit auch die anfallenden **Trocknungskosten** deutlich beeinflussen.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass man mit dem Anbau der Sojabohne in Deutschland, in entsprechend günstigen Lagen, ein gutes ökonomisches Ergebnis erzielen kann. Dies gilt für beide Bewirtschaftungsformen. Bei einem erfolgreichen Anbau fallen die Deckungsbeiträge entsprechend hoch aus und bewegen sich auf dem Niveau etablierter Feldfrüchte, teilweise sogar darüber. Demzufolge kann die Sojabohne mit diesen Alternativkulturen aus ökonomischer Sicht konkurrieren. Unter Berücksichtigung der genannten Stellschrauben lässt sich der Deckungsbeitrag weiter steigern und optimieren. Insbesondere in konventionell wirtschaftenden Betrieben können Einsparungen auf der Kostenseite das im Vergleich zum Öko-Bereich deutlich niedriger ausfallende Erzeugerpreisniveau zumindest ansatzweise kompensieren.

3 Praxisbeispiele

Im Folgenden werden vier Beispiele erfolgreichen Sojaanbaus detailliert vorgestellt.

Ackerbau

Autoren: Harald Schmidt & Lucas Langanky

Beispiel 1 - konventionell

Standort:

Soja-Eignung nach JKI 13 (gut),
 Ackerzahl 68, stark toniger Schluff (Ut4)
 8 % Sand, 71 % Schluff, 21 % Ton
 Steinanteil < 0,1 %, tiefgründig bis min. 80 cm
 2,0 % organische Substanz, pH 7,3
 Vor Saat in 0-90 cm:
 90 kg/ha N_{min} und 169 l/m² verfügb. Wasser



Vorbewirtschaftung (10 Jahre):

Pfluglos mit Grubber, max. 20 cm tief
 100 % Druschfrüchte, 80 % Winterfrüchte,
 10 % mit Zwischenfrucht

Bewirtschaftung bis zur Saat:

20.07.15 Ernte Winterweizen
 10.08.15 Scheibenegge (8 cm)
 15.08.15 Grunddüngung
 15.09.15 Grubber (20 cm)
 04.11.15 Herbizid (Glyphosat)
 04.05.16 Großzahnfederegge (8 cm)

Saatgut:

Sorte 'Sultana'; Keimfähigkeit 66 %, Triebkraft 62 %; Potential: Ertrag zu 'Merlin' +1,3 dt/ha, Protein zu 'Obelix' +1,4 %
 Impfung: Histick, Betonmischer, direkt vor Saat, Netzmittel dest. Wasser

Beispiel 2 - konventionell

Standort:

Soja-Eignung nach JKI 15 (sehr gut),
 Ackerzahl 68, schluffiger Lehm (Lu)
 16 % Sand, 56 % Schluff, 28 % Ton
 Steinanteil < 0,1 %, tiefgründig bis min. 80 cm
 2,1 % organische Substanz, pH 7,0
 Vor Saat in 0-90 cm:
 68 kg/ha N_{min} und 115 l/m² verfügb. Wasser



Vorbewirtschaftung (10 Jahre):

Pflug und Grubber, max. 28 cm tief
 60 % Druschfrüchte, 50 % Winterfrüchte,
 20 % mit Zwischenfrucht; 10 % Soja

Bewirtschaftung bis zur Saat:

25.07.16 Ernte Winterweizen
 30.08.16 Flachgrubber (14 cm)
 02.09.16 Grubber (20 cm)
 16.10.16 Grubber (28 cm)

Saatgut:

Sorte 'Abelina'; Keimfähigkeit 73 %, Triebkraft 74 %; Potential: Ertrag zu 'Merlin' +1,7 dt/ha, Protein zu 'Obelix' -0,3 %
 Impfung: Force48, mit Hand, direkt vor Saat; gebeizt

3 Praxisbeispiele

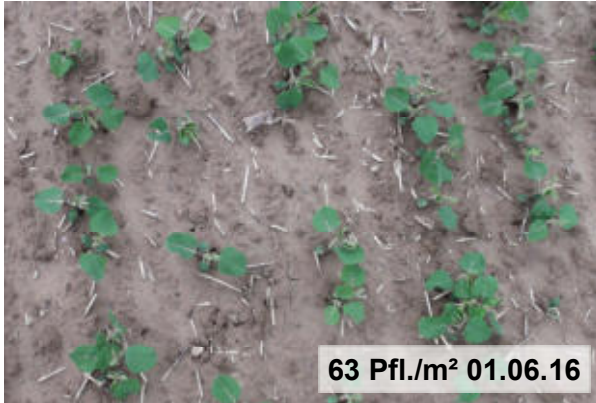
Fortsetzung Beispiel 1 - konventionell

Saat bis Ernte:

06.05.16 Kreiselegge und Drillmaschine
75 K./m², 4 cm tief, 17 cm Reihe

07.05.16 Walze

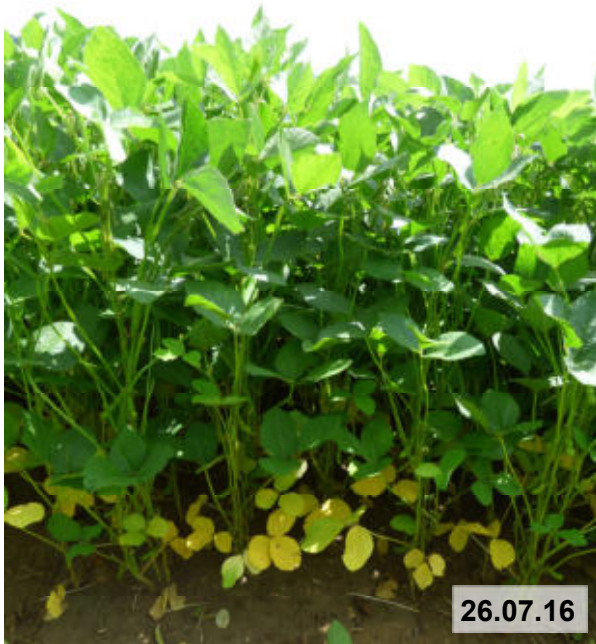
07.05.16 Herbizid (SencorWG u. Centium36)



Temperatur: Ø 1 Woche nach Saat 16,3 °C
Ø Saat bis Blühbeginn 16,1 °C,
im Blühzeitraum 1 Nacht < 10 °C

Niederschlag: 2 Wochen n. Saat bis 2 Wo. vor
Ernte 306 l/m², keine Beregnung

Ende Blüte: 0,5 % Unkrautdeckungsgrad,
sehr homogen (4,8), hoher Knöllchen-
besatz (3,1), Bestandeshöhe 96 cm



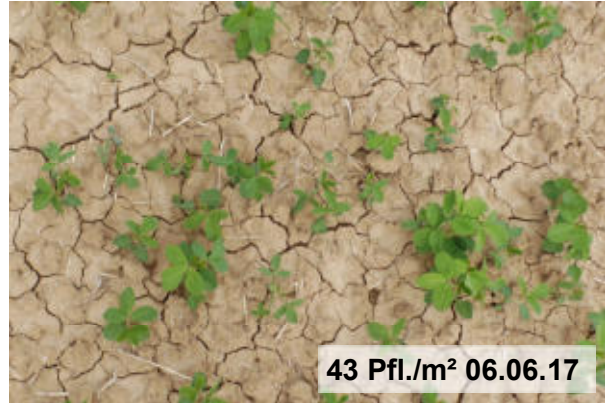
23.09.16 Drusch, 9 cm Normalschneidwerk,
42 dt/ha (86 % TS), Handernte 62 dt/ha,
22,6 Hülsen/Pfl., 42,7 % Protein (i. d. TS)

Fortsetzung Beispiel 2 - konventionell

Saat bis Ernte:

11.05.17 Packer, Kreiselegge u. Drillmasch.
60 K./m², 4,5 cm tief, 12,5 cm Reihe

12.05.17 Herbizid (Centium36)



Temperatur: Ø 1 Woche nach Saat 15,4 °C
Ø Saat bis Blühbeginn 17,4 °C,
im Blühzeitraum 1 Nacht < 10 °C

Niederschlag: 2 Wochen n. Saat bis 2 Wo. vor
Ernte 271 l/m², keine Beregnung

Ende Blüte: 5 % Unkrautdeckungsgrad,
homogen (4,0), hoher Knöllchenbesatz
(2,9), Bestandeshöhe 104 cm



30.09.16 Drusch, 3 cm Flexschneidwerk,
43 dt/ha (86 % TS), Handernte 59 dt/ha,
25,3 Hülsen/Pfl., 43,0 % Protein (i. d. TS)

Beispiel 3 ökologisch

Standort:

Soja-Eignung nach JKI 13 (gut),
 Ackerzahl 78, schluffiger Lehm (Lu)
 15 % Sand, 62 % Schluff, 23 % Ton
 Steinanteil < 0,1 %, tiefgründig bis min. 80 cm
 2,4 % organische Substanz, pH 7,2
 Vor Saat in 0-90 cm:
 46 kg/ha N_{min} und 107 l/m² verfügb. Wasser



Vorbewirtschaftung (10 Jahre):

Pfluglos mit Grubber, max. 18 cm tief
 50 % Druschfrüchte, 80 % Winterfrüchte,
 20 % mit Zwischenfrucht; 30 % Klee gras

Bewirtschaftung bis zur Saat:

24.07.15 Ernte Winterweizen
 29.07.15 Grüngutkompost (20 t/ha)
 07.-08.15 2 x Grubber (5/19 cm)
 01.09.15 Zwischenfruchtsaat (Gemenge)
 03.-04.16 3 x Grubber (5 – 18 cm)
 02.05.16 Saatbettkombination (7 cm)

Saatgut:

Sorte 'ES Mentor'; Keimfähigkeit 87 %,
 Triebkraft 57 %; Potential: Ertrag zu 'Merlin'
 +5,0 dt/ha, Protein zu 'Obelix' +2,4 %
 Impfung: Histick und Force48, mit Hand,
 direkt vor Saat

Beispiel 4 ökologisch

Standort:

Soja-Eignung nach JKI 13 (gut),
 Ackerzahl 68, schluffiger Lehm (Lu)
 16 % Sand, 61 % Schluff, 23 % Ton
 Steinanteil < 0,4 %, tiefgründig bis min. 80 cm
 2,6 % organische Substanz, pH 6,8
 Vor Saat in 0-90 cm:
 42 kg/ha N_{min} und 147 l/m² verfügb. Wasser



Vorbewirtschaftung (10 Jahre):

Pflug, max. 23 cm tief
 100 % Druschfrüchte, 40 % Winterfrüchte,
 90 % mit Zwischenfr.; 10 % Erbse, 10 % Klee

Bewirtschaftung bis zur Saat:

30.10.16 Ernte Körnermais
 25.11.16 Pflug (23 cm)
 31.03.17 Egge (4 cm)
 10.04.17 Egge (4 cm)
 11.05.17 Egge (4 cm)

Saatgut:

Sorte 'Merlin'; Keimfähigkeit 85 %, Triebkraft
 71 %; Potential: Ertrag zu 'Merlin'
 +0,0 dt/ha, Protein zu 'Obelix' 0,2 %
 Impfung: Bidoz und Rizoliq, mit
 Handschaufel, direkt vor Saat

3 Praxisbeispiele

Fortsetzung Beispiel 3 ökologisch

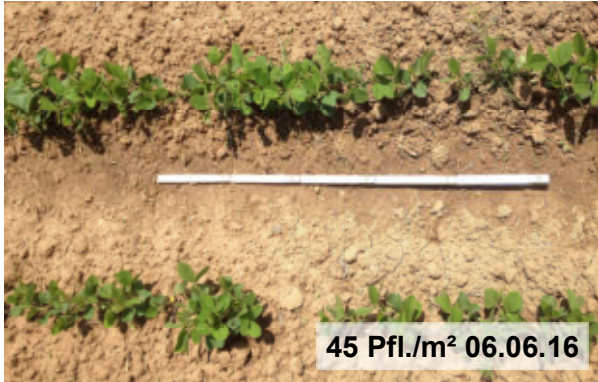
Saat bis Ernte:

03.05.16 Drillmaschine

60 K./m², 4 cm tief, 45 cm Reihe

05.-06.16 4 x Maschinenhacke

05.-06.16 3 x Striegel



Temperatur: Ø 1 Woche nach Saat 14,6 °C

Ø Saat bis Blühbeginn 16,2 °C,
im Blühzeitraum 3 Nächte < 10 °C

Niederschlag: 2 Wochen n. Saat bis 2 Wo. vor Ernte 237 l/m², keine Beregnung

Ende Blüte: 2 % Unkrautdeckungsgrad, homogen (4,1), mittlerer Knöllchenbesatz (2,3), Bestandeshöhe 72 cm



29.09.16 Drusch, 8 cm Normalschneidwerk, 43 dt/ha (86 % TS), Handernte 63 dt/ha, 22,4 Hülsen/Pfl., 42,6 % Protein (i. d. TS)

Fortsetzung Beispiel 4 ökologisch

Saat bis Ernte:

11.05.17 Saatbettkombi und Einzelkornsaat

75 K./m², 4 cm tief, 45 cm Reihe

05.-06.17 3 x Maschinenhacke

05.16 2 x Striegel



Temperatur: Ø 1 Woche nach Saat 16,1 °C

Ø Saat bis Blühbeginn 17,4 °C,
im Blühzeitraum 2 Nächte < 10 °C

Niederschlag: 2 Wochen n. Saat bis 2 Wo. vor Ernte 243 l/m², keine Beregnung

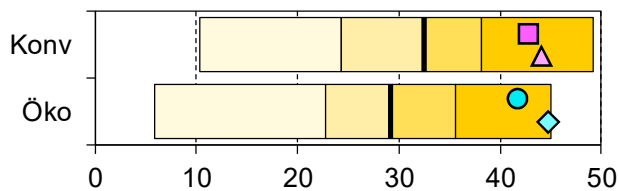
Ende Blüte: 4 % Unkrautdeckungsgrad, sehr homogen (4,5), hoher Knöllchenbesatz (3,0), Bestandeshöhe 88 cm



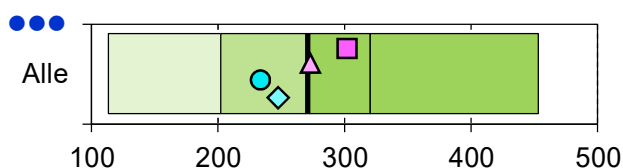
15.09.17 Drusch, 8 cm Normalschneidwerk, 45 dt/ha (86 % TS), Handernte 57 dt/ha, 18,4 Hülsen/Pfl., 40,5 % Protein (i. d. TS)

Einstufung der Beispiele bei den Ertragsfaktoren

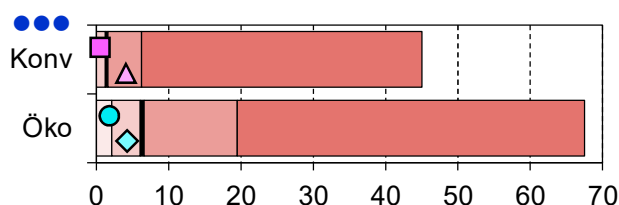
■ Beispiel 1 konventionell, ▲ Beispiel 2 konventionell, ● Beispiel 3 ökologisch, ◆ Beispiel 4 ökologisch. Erläuterungen zu Ertrag und den Faktoren ab Seite 4.



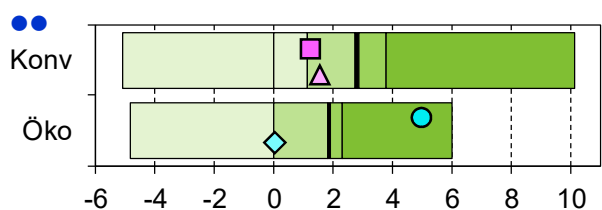
Ertrag [dt/ha, 14 % Feuchte],
vom Betrieb ermittelt: ökologisch im Mittel (Ø) 2,4 dt/ha geringerer Ertrag, vor allem durch höheren Unkrautdruck S.
Fehler! Textmarke nicht definiert.



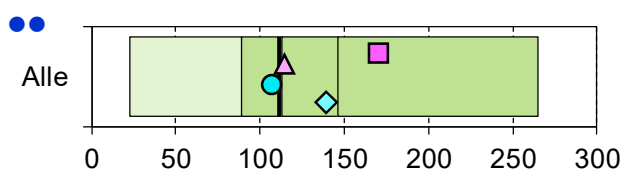
Niederschlag und Beregnung [l/m²],
2 Wochen nach Saat bis ca. 3 Wochen vor Ernte: Ø ca. +3,7 dt/ha pro 50 l/m² (Effekt nur bis 300 l/m²) S. 8



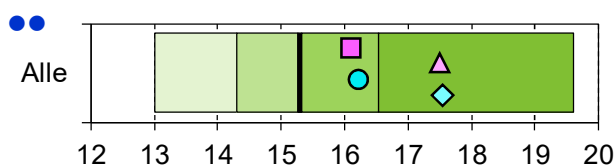
Unkrautdeckungsgrad [%],
Ende Sojablüte:
Ø ca. -3,3 dt/ha pro 10 % Deckungsgrad S. 21



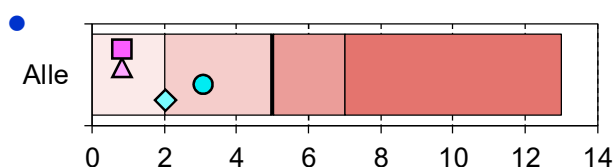
Sortenpotential Ertrag [dt/ha],
Unterschied zur Sorte 'Merlin' (Median deutscher Sortenversuche 2015-2017: 34,1 dt/ha, 14 % Feuchte):
Ø ca. +0,7 dt/ha pro 1 dt/ha S. 12



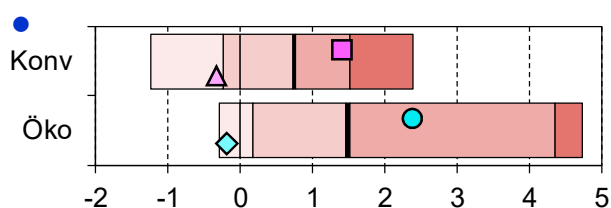
Bodenwasser [l/m²],
pflanzenverfügbar in 0-90 cm, Frühjahr vor Saat [l/m²]: Ø ca. +1 dt/ha pro 10 l/m² (Effekt nur bis 100 l/m²) S. 9



Ø Temperatur [°C],
Tageslufttemperatur Saat bis Blühbeginn:
Ø ca. +1,1 dt/ha pro 1 °C S. 10



Anzahl Nächte mit Minimumtemperatur < 10 °C im Blühzeitraum:
Ø ca. -0,4 dt/ha pro 1 Nacht S. 10

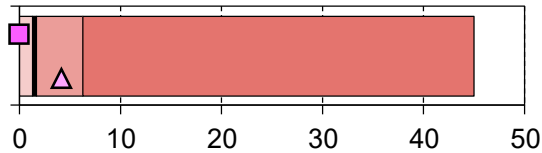


Sortenpotential Protein [% i. d. TS],
Unterschied zur Sorte 'Obelix' (Median deutscher Sortenversuche 2015-2017: 40,7 % i. d. TS):
Ø ca. -0,5 dt/ha pro +1 % S. 13

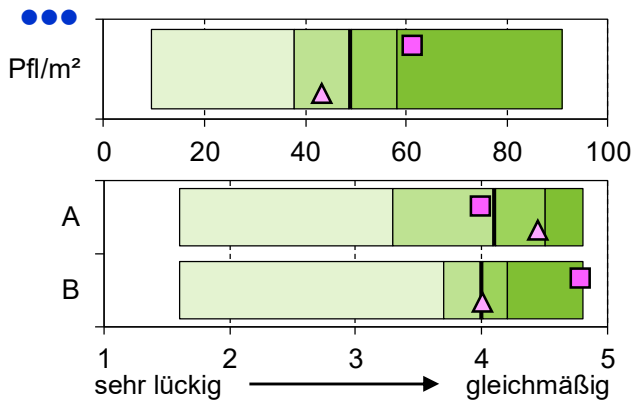
3 Praxisbeispiele

Einstufung der Beispiele bei den Unkrautfaktoren - konventionell

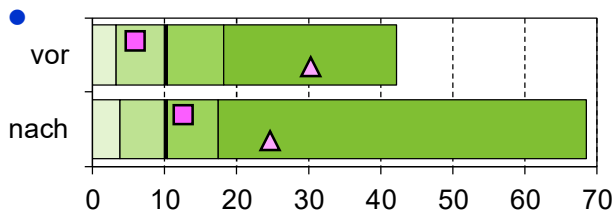
■ Beispiel 1 konventionell, ▲ Beispiel 2 konventionell. Erläuterungen zu Unkraut und den Faktoren ab Seite 21.



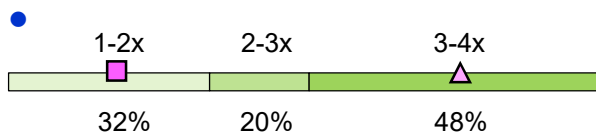
Unkrautdeckungsgrad [%], Ende der Soja-Blüte: Negativer Einfluss auf den Ertrag
S. 26



Pflanzen/m², nach Auflaufen, hängt eng mit der Gleichmäßigkeit der **Pflanzenverteilung** (A) und mit der **Bestandeshomogenität** zum Ende der Blüte (B) zusammen (Boniturnoten 1-5):
Dünne, lückige und ungleichmäßige Bestände sind häufig mit hoher Unkrautdeckung verbunden.
S. 27



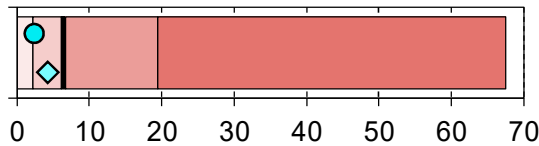
Niederschlag [l/m²],
1 Woche vor und nach der Saat: Häufiger hohe Unkrautdeckung bei trockenen Bedingungen
S. 31



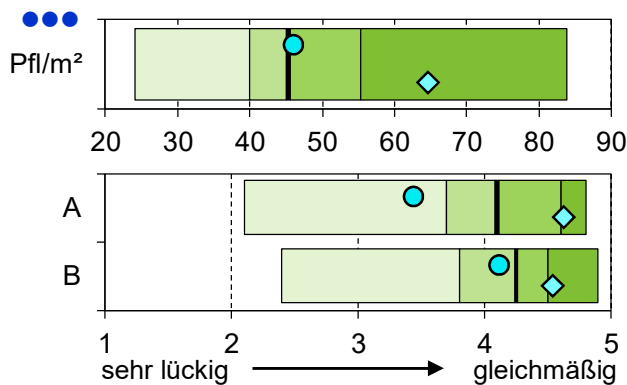
Ø Anzahl Herbizidanwendungen bei Hackfrüchten, langjährig: Oft geringere Unkrautdeckung bei höherer langfristiger Herbizidintensität
S. 31

Einstufung der Beispiele bei den Unkrautfaktoren - ökologisch

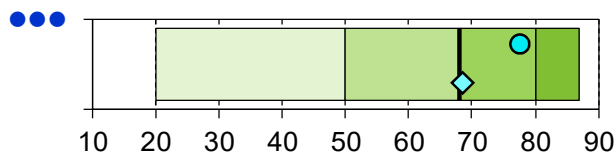
● Beispiel 3 ökologisch, ◆ Beispiel 4 ökologisch. Erläuterungen zu Unkraut und den Faktoren ab Seite 21.



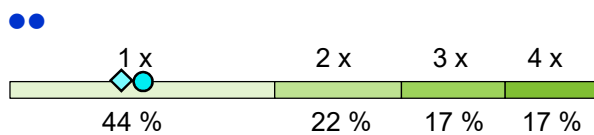
Unkrautdeckungsgrad [%], Ende der Soja-Blüte: Negativer Einfluss auf den Ertrag
S. 26



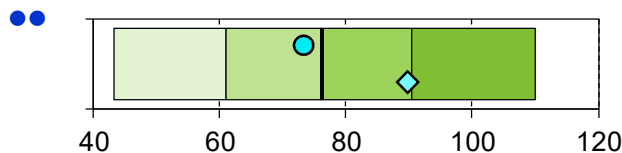
Pflanzen/m² nach Auflaufen, hängt eng mit der Gleichmäßigkeit der **Pflanzenverteilung** (A) und mit der **Bestandeshomogenität** zum Ende der Blüte (B) zusammen (Boniturnoten 1-5):
Dünne, lückige und ungleichmäßige Bestände sind häufig mit hoher Unkrautdeckung verbunden.
S. 27



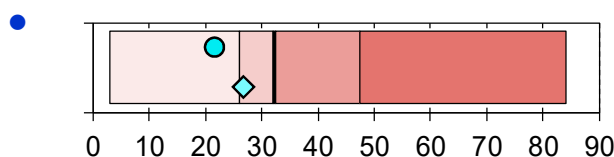
Bodenpunkte:
Häufiger hohe Unkrautdeckung auf schlechteren Böden
S. 35



Ø Anzahl Stoppelbearbeitungsgänge, langjährig: Oft geringere Unkrautdeckung bei höherer Stoppelbearbeitungsintensität
S. 32



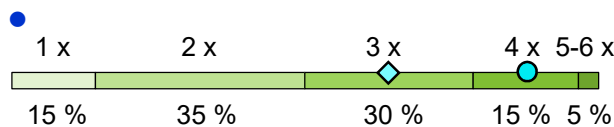
Bestandeshöhe [cm], Ende Sojablüte: Geringere Unkrautdeckung in hohen Beständen
S. 30



N_{min} [kg/ha], 0-30 cm, vor Saat: Oft höhere Unkrautdeckung bei hohen N_{min}-Werten im Oberboden
S. 35



Anzahl „Falsches Saatbett“:
Oft geringere Unkrautdeckung je häufiger „Falsches Saatbett“
S. 32

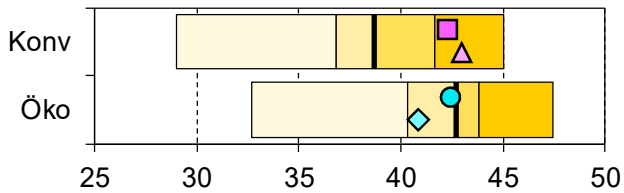


Anzahl Maschinenhackle:
Oft geringere Unkrautdeckung bei häufigerem Hacken
S. 33

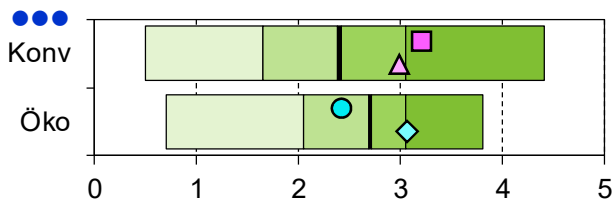
3 Praxisbeispiele

Einstufung der Beispiele bei den Proteingehaltsfaktoren

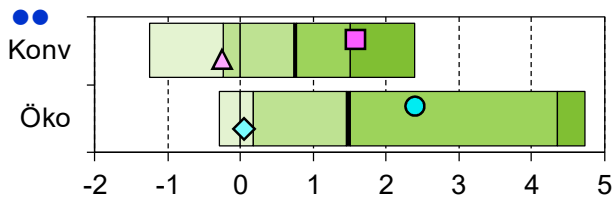
■ Beispiel 1 konventionell, ▲ Beispiel 2 konventionell, ● Beispiel 3 ökologisch, ◆ Beispiel 4 ökologisch. Erläuterungen zu Proteingehalt und den Faktoren ab Seite 38.



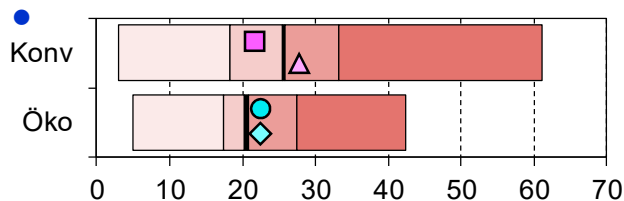
Proteingehalt [% i. d. TS]:
 Ökologisch im Mittel 2,8 Prozentpunkte höher, sowohl aufgrund zufälliger Umweltbedingungen als auch durch Sortenwahl und Bewirtschaftung. S. 41



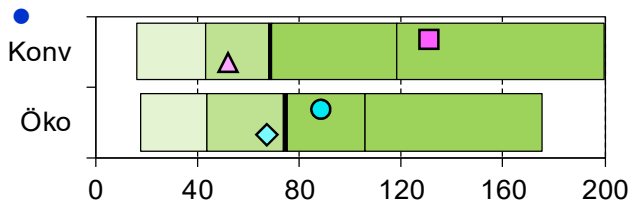
Knöllchenbesatz (Bonitur 0-5),
 Ende Sojablüte:
 Ø ca. **+1,7 Prozentpunkte pro Boniturnote** S. 41



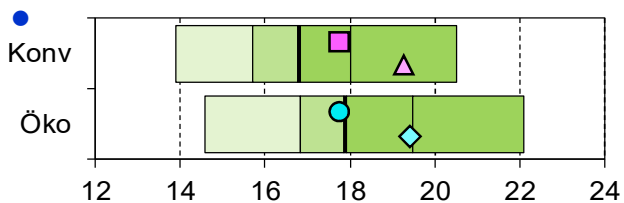
Sortenpotential - Protein [% i. d. TS],
 Unterschied zur Sorte 'Obelix' (Median deutscher Sortenversuche 2015-2017: 40,7 % i. d. TS):
 Ø ca. **+0,6 Prozentpunkte pro +1 %** S. 42



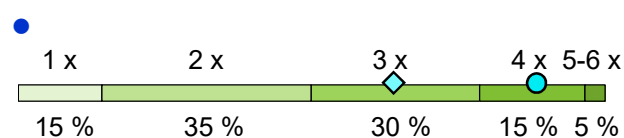
Tongehalt [%],
 0-20 cm:
 Ø ca. **-0,4 Prozentpunkte pro 10 % Ton** S. 45



Niederschlag [l/m²],
 4 bis 8 Wochen nach Saat:
 Ø ca. **+0,2 Prozentpunkte pro 10 l/m²**
 (Effekt nur bis 80 l/m²) S. 43



Ø Temperatur [°C],
 4 bis 8 Wochen nach Saat:
 Ø ca. **+0,3 Prozentpunkte pro 1 °C** S. 44



Anzahl Arbeitsgänge mit der Maschinenhacke, jeweils Anteil der Bestände [%], nur Öko-Schläge:
 Ø ca. **+0,3 Prozentpunkte / Hackgang** S. 45

Fazit Ackerbau der Praxisbeispiele

Beispiel 1 - konventionell

Bei hohen Temperaturen nach der Saat, dank des relativ späten Saattermins, lag der Feldaufgang auf hohem Niveau. Unterstützt durch die gute Wasserversorgung entwickelte sich ein dichter, homogener und wüchsiger Bestand. Nach Totalherbizid im Herbst und effektivem Voraufherbizideinsatz nach der Saat blieb der Bestand fast unkrautfrei und erbrachte einen hohen Ertrag.

Auf dem relativ leichten Boden und bei guter Wasserversorgung in der Jugendentwicklung erbrachte die Impfung einen hohen Knöllchenbesatz der zusammen mit dem überdurchschnittlichen Proteinpotential der Sorte 'Sultana' zu einem sehr hohen Proteingehalt führte.

Beispiel 2 - konventionell

Bei hohen Temperaturen nach der Saat, dank des relativ späten Saattermins, lag der Feldaufgang auf mittlerem Niveau. Trotz nur mäßiger Wasserversorgung entwickelte sich ein homogener und wüchsiger Bestand. Die langfristig intensive Unkrautbekämpfung im Betrieb und der effektive Voraufherbizideinsatz nach der Saat reichte aus, den Unkrautbesatz auf einem unbedeutenden Niveau zu halten. Bei relativ niedrigem Ertragspotential der Sorte 'Abelina' und trotz geringer Schäden durch Taubenfraß wurde mit Einsatz eines Flex-Schneidwerks ein hoher Ertrag erzielt.

Auf dem mittleren Boden wurde trotz geringer Wasserversorgung in der Jugendentwicklung ein hoher Knöllchenbesatz erreicht, was auch mit dem vier Jahre zuvor schon einmal

durchgeführten Sojaanbau begründet sein kann. Es konnte trotz des unterdurchschnittlichen Proteinpotentials der Sorte 'Abelina' ein sehr hoher Proteingehalt erreicht werden.

Beispiel 3 - ökologisch

Trotz hoher Temperaturen nach der Saat lag der Feldaufgang, eventuell aufgrund der geringen Triebkraft des Saatgutes, deutlich unter der Anzahl ausgesäeter, keimfähiger Körner. Bei nur mäßiger Wasserversorgung entwickelte sich ein wüchsiger Bestand mittlerer Dichte und Homogenität. Obwohl seit der Vorfrucht weder Pflug noch falsches Saatbett eingesetzt wurden, blieb der Unkrautdeckungsgrad auf sehr niedrigem Niveau. Allerdings wurde vor der Saat mehrmals gegrubbert und der Bestand relativ häufig gehackt. Bei hohem Ertragspotential der Sorte 'ES Mentor' wurde ein hoher Ertrag erzielt.

Trotz mittleren Bodens und guter Wasserversorgung in der Jugendentwicklung wurde nur ein unterdurchschnittlicher Knöllchenbesatz erreicht. Bei überdurchschnittlichem Proteinpotential der Sorte 'ES Mentor' wurde so nur ein mittlerer Proteingehalt erreicht.

Beispiel 4 - ökologisch

Bei hohen Temperaturen nach der Saat, dank des relativ späten Saattermins, lag der Feldaufgang auf hohem Niveau. Bei nur mäßiger Wasserversorgung entwickelte sich ein dichter, homogener und wüchsiger Bestand. Nach Pflug im Herbst, mehrmaligem Falschem Saatbett und mittlerer Intensität bei der Unkrautregulierung mit Hacke und Striegel blieb der Unkrautdeckungsgrad auf

3 Praxisbeispiele

sehr niedrigem Niveau. Bei unterdurchschnittlichem Ertragspotential der Sorte 'Merlin' wurde ein Spitzenertrag erzielt.

Bei mittlerem Boden und mäßiger Wasserversorgung in der Jugendentwicklung wurde ein hoher Knöllchenbesatz erreicht. Das Proteinpotehtial der Sorte 'Merlin' und der erreichte Proteingehalt lagen auf unterdurchschnittlichem Niveau.

Insgesamt zeigen die Übersichten, dass zur Erreichung eines hohen Ertrags bzw. Proteingehaltes nicht unbedingt alle wesentlichen Faktoren im Optimum liegen müssen. Gemeinsam haben die erfolgreichen Beispiele vielmehr, dass viele Faktoren mindestens im Mittelfeld liegen, Extreme im negativen Bereich hingegen kaum vorkommen. Es ist offensichtlich, dass extreme Bedingungen bei einzelnen Faktoren (z. B. sehr hohe Verunkrautung oder langanhaltende Trockenheit beim Ertrag) auch dann zu schlechten Ergebnissen führen, wenn die anderen Faktoren im Optimum liegen.

Deckungsbeitrag

Autoren: Lukas Wolf & Robert Schätzl

Auf Grundlage der Ackerbauangaben zu den Praxisbeispielen bildet die nachfolgende Tabelle das ökonomische Ergebnis für die vier Schläge ab. Auch in diesem Fall fand eine Differenzierung nach der Bewirtschaftungsform konventionell bzw. ökologisch statt. Darüber hinaus wurde im Öko-Bereich zusätzlich eine Unterscheidung nach dem Verwendungszweck berücksichtigt. In Beispiel 3 ist in diesem Zusammenhang der Deckungsbeitrag für das Produktionsverfahren Sojabohne mit Verwertung der Ernte im Lebensmittelbereich dargestellt. Beispiel 4 zeigt das Ergebnis für die Verarbeitung der Körnerleguminose zu Futtermittel.

Die dargestellten Ergebnisse sollen nicht die maximal im Projektverlauf erreichten Deckungsbeiträge abbilden. Sie sollen vielmehr aufzeigen, in welchem Bereich sich Leistung und Kosten bewegen sollten, um ein

angemessenes ökonomisches Ergebnis im oberen Viertel zu erzielen.

LandwirtInnen haben unterschiedliche Möglichkeiten, einen Einfluss auf das ökonomische Ergebnis zu nehmen. Dies trifft auf der Leistungsseite in einem gewissen Ausmaß sowohl auf den Ertrag als auch auf den Erzeugerpreis zu. Im Kostenbereich können Einsparungen insbesondere in den Bereichen Saatgut, Impfmittel und Pflanzenschutz erzielt werden. In diesen Fällen ist es die Aufwandmenge bzw. die Anzahl an eingesetzten Herbiziden, über die eine Regulierung der Kosten möglich ist. Auch in der Düngung, den variablen Maschinenkosten sowie bei der Trocknung besteht grundsätzlich Potential zur Kosteneinsparung. Eine detaillierte Betrachtung der einzelnen Bereiche ist in den jeweiligen Kapiteln umgesetzt.

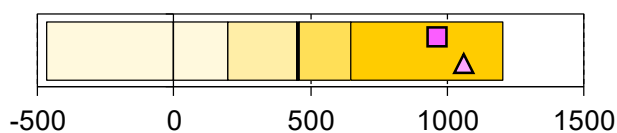
Deckungsbeiträge für das Produktionsverfahren Sojabohne, Verwertungsrichtung: Beispiele 1, 2 und 4: Futtermittel; Beispiel 3: Lebensmittel

Position	Einheit	Beispiel 1	Beispiel 2	Beispiel 3	Beispiel 4
		konventionell		ökologisch	
Leistung					
Ertrag	dt/ha	42	43	43	45
Erzeugerpreis	€/dt	38	39	90	80
Marktleistung	€/ha	1.596	1.677	3.870	3.600
N-Lieferung an Folgefrüchte	€/ha	42	36	199	189
Summe Leistung	€/ha	1.638	1.713	4.069	3.789
Variable Kosten					
Saatgut (gerundet)	€/ha	293	178	399	320
Menge	kg/ha	125	108	112	100
Preis	€/kg	2,34	1,65	3,56	3,20
Impfmittel (gerundet)	€/ha	45	28	30	24
Menge	kg/ha	0,40	0,40	0,40	0,40
Preis	€/kg	112	69	75	60
Nährstoffkosten	€/ha	108	96	161	159
Stickstoff	€/ha	0	0	0	0
Phosphat	€/ha	57	48	68	72
Kali	€/ha	51	48	93	87
Pflanzenschutzmittel	€/ha	49	47	0	0
Variable Maschinenkosten	€/ha	196	283	379	350
Grundbodenbearbeitung	€/ha	10	86	105	59
Saatbettbereitung	€/ha	6	0	10	29
Aussaat	€/ha	23	23	35	16
Walzen	€/ha	6	0	8	8
Dünger streuen	€/ha	3	3	3	3
Pflanzenschutz	€/ha	6	3	0	0
Beikrautregulierung	€/ha	0	0	78	83
Mähdrusch (überbetr.)	€/ha	120	120	126	134
Transport	€/ha	12	37	0	5
Stoppelumbruch nach Soja	€/ha	10	11	14	13
Reinigung (gerundet)	€/ha	0	0	26	40
Reinigungskosten	€/dt	0,00	0,00	0,60	0,88
Trocknung	€/ha	0	0	0	89
Trocknungskosten	€/dt	0,00	0,00	0,00	1,98
Summe var. Kosten	€/ha	691	632	995	982
Deckungsbeitrag	€/ha	947	1.081	3.074	2.807

3 Praxisbeispiele

Einstufung der Beispiele bei den Deckungsbeitragsfaktoren - konventionell

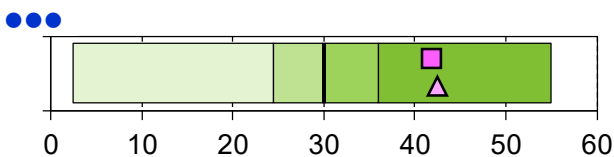
■ Beispiel 1 konventionell, ▲ Beispiel 2 konventionell. Erläuterungen zu Deckungsbeitrag und den Faktoren ab Seite 61.



Deckungsbeitrag [€/ha]:

Unterschied zum Öko-Bereich auf den geringeren Erzeugerpreis zurückzuführen

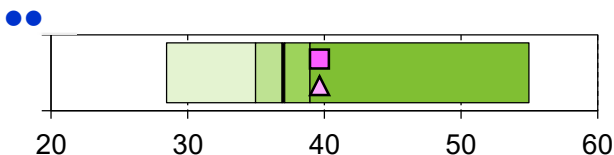
S. 82



Ertrag [dt/ha]:

Im Vergleich zur ökologischen Erzeugung Ø 12 % höher

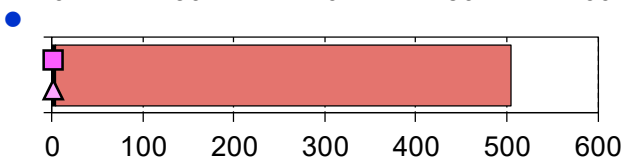
S. 64



Erzeugerpreis [€/dt]:

Fällt im Vergleich zum Öko-Bereich um mehr als die Hälfte niedrigerer aus

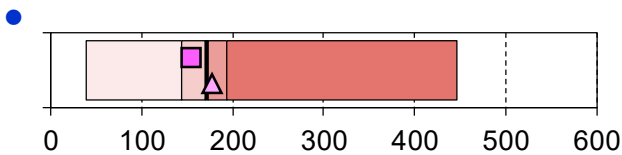
S. 66



Aufbereitungskosten [€/ha]:

Inklusive Reinigung, Toastung, Röstung oder Extrusion

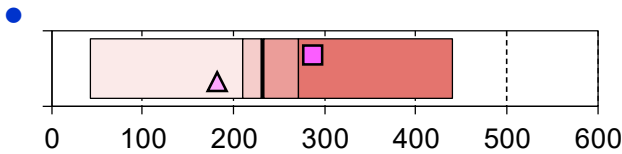
S. 80



Variable Maschinenkosten Rest [€/ha]:

Ohne Berücksichtigung der Bodenbearbeitung

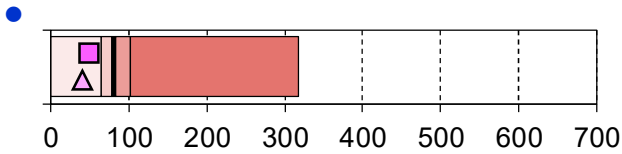
S. 78



Saatgutkosten [€/ha]:

Im Mittel geringere Aussaatmengen und Saatgutpreise als ökol. Betriebe

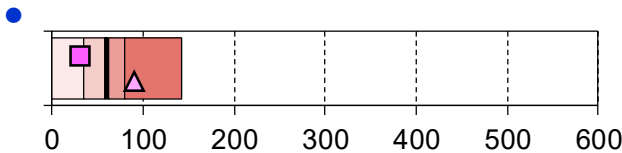
S. 68



Pflanzenschutzmittelkosten [€/ha]:

Ein geringer Beikrautbesatz erfordert nur eine Maßnahme im Voraufbau

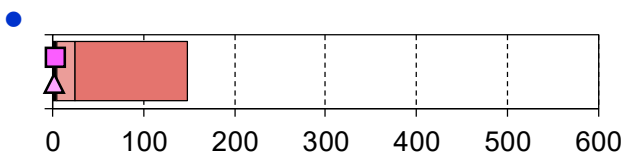
S. 72



Bodenbearbeitung [€/ha],

Var. Maschinenkosten von Grundbodenbearbeitung und Saatbettbereitung

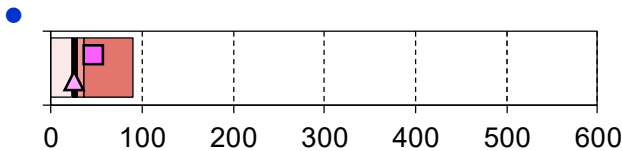
S. 74



Trocknungskosten [€/ha]:

Teilweise sehr feucht geerntete Sojabohnen

S. 80



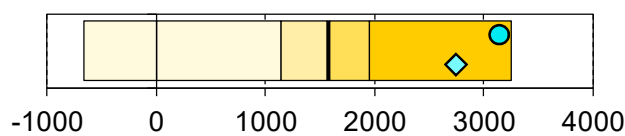
Impfkosten [€/ha]:

Geringe Beträge (Ø ca. 30 €/ha) zur Absicherung der N-Versorgung

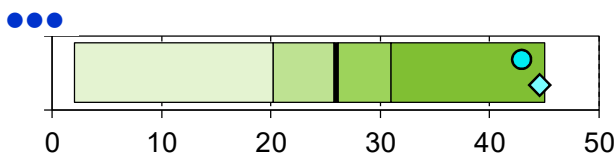
S. 70

Einstufung der Beispiele bei den Deckungsbeitragsfaktoren - ökologisch

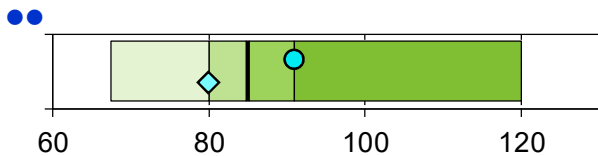
● Beispiel 3 ökologisch, ◆ Beispiel 4 ökologisch. Erläuterungen zu Deckungsbeitrag und den Faktoren ab Seite 59.



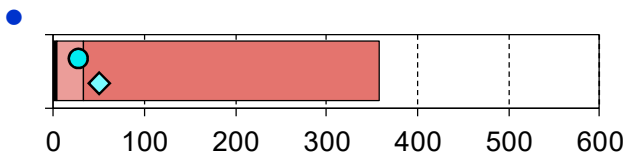
Deckungsbeitrag [€/ha]:
Unterschied zum konv. Bereich auf den höheren Erzeugerpreis zurückzuführen
S. 82



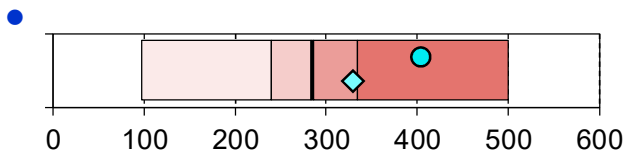
Ertrag [dt/ha]:
Im Vergleich zur konventionellen Erzeugung Ø 12 % geringer
S. 64



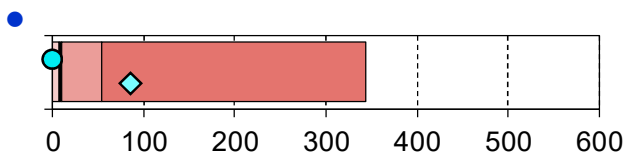
Erzeugerpreis [€/dt]:
Unterschied zwischen Verwertung als Futter- und Lebensmittel Ø ca. 10 €/dt
S. 66



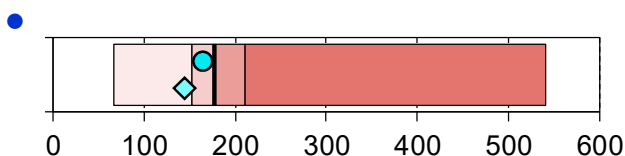
Aufbereitungskosten [€/ha]:
Inklusive Reinigung, Toastung, Röstung oder Extrusion
S. 80



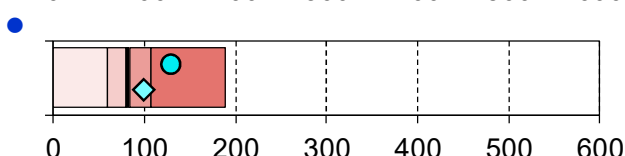
Saatgutkosten [€/ha]:
Im Mittel höhere Aussaatmengen und Saatgutpreise als bei konv. Betrieben
S. 68



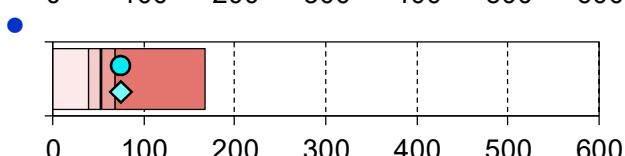
Trocknungskosten [€/ha]:
Teilweise sehr feucht geerntete Sojabohnen
S. 80



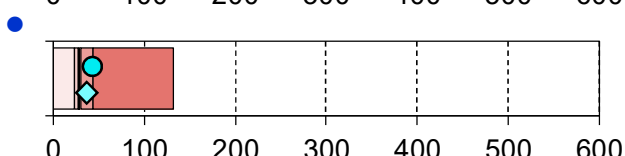
Variable Maschinenkosten Rest [€/ha]:
Ohne Berücksichtigung der Bodenbearbeitung und Unkrautregulierung
S. 78



Bodenbearbeitung [€/ha]:
Var. Maschinenkosten von Grundbodenbearbeitung und Saatbettbereitung
S. 74



Unkrautregulierung [€/ha]:
Var. Maschinenkosten; die meisten Betriebe verwenden Striegel und Hacke
S. 76



Impfkosten [€/ha]:
Geringe Beträge (Ø ca. 30 €/ha) zur Absicherung der N-Versorgung
S. 70

4 Anhang

Autoren: Harald Schmidt & Lucas Langanky

4.1 Ackerbau Methodik

Im Rahmen des von der Eiweißpflanzenstrategie der Bundesregierung geförderten Forschungsprojekts „Erweiterung und ackerbauliche Auswertung der Praxiserhebungen und -untersuchungen im Rahmen der modellhaften Demonstrationsnetzwerke Soja, Lupine, Erbse und Bohne der Eiweißpflanzenstrategie“ (FKZ 2814EPS035) wurden im Zeitraum 2015 bis 2017 Sojabestände in der Praxis untersucht. Auf insgesamt 41 Betrieben, die am Soja-Netzwerk der Eiweißpflanzenstrategie beteiligt waren, wurden Untersuchungsschläge mit einer weiten Spannweite an Böden und Bewirtschaftungssystemen ausgewählt. Jeweils die Hälfte der Betriebe wurde konventionell bzw. ökologisch bewirtschaftet.

Für die Einbeziehung der Sorteneigenschaften wurden von den deutschen Sortenversuchsanstellern die Ergebnisse der Jahre 2015 bis 2017 abgefragt.

Auf jedem Untersuchungsschlag wurden zwei Messparzellen in einem für den Schlag charakteristischen und möglichst homogenen Bereich mit ausreichend Abstand zum Rand bzw. zum Vorgewende ausgewählt. Der Abstand der beiden Messparzellen betrug meist ca. 15 m. Es sollte damit nicht der gesamte Schlag abgebildet werden, sondern ein charakteristischer Bereich des Schlages, mit der dort kleinräumig auftretenden Streuung der einzelnen Parameter.



Punkte für die ackerbauliche Auswertung, die aus der umfassenden Befragung der Betriebsleitung durch die im Soja-Netzwerk tätigen Berater ausgewählt wurden

Bereiche	Konkrete Punkte
Standort	Ackerzahl, Bodenart
Schlaggeschichte	10 Jahre: Fruchtfolge, Düngung, Bodenbearbeitungssystem
Bewirtschaftungsmaßnahmen von Ernte der Vorfrucht bis Saat Sojabohne	Bodenbearbeitung (Art und Termin, Bearbeitungstiefe); Pflanzenschutz; Zwischenfrüchte (Arten, Aufwuchs); mineralische und organische Düngung;
Anbau Körnerleguminose	Sorte, Saatgutkategorie, Beizung; Details zur Impfung; Saattiefe, Saattechnik, Saattermin, Aussaatmenge; Details zur direkten Unkrautregulierung; Erntetermin, Schlagertag; Besonderheiten im Anbaujahr

Parameter, die an den Messpunkten bzw. für den Schlag (Witterung) erhoben wurden

Parameter	Angaben
Boden	
N _{min} und TM	0 - 90 cm; vor Saat
pH, C _{org} , N _t , K, P, Mg, Mn, Zn, Cu, B, S, Na	0 - 20 cm
Korngrößenverteilung (Sand, Schluff, Ton)	0 - 20 cm
Visuelle Beurteilung in Einzelfällen	0 - 40 cm (zur Sojablüte)
Penetrometer	0 - 80 cm; je 10 Einstiche an 2 Messpunkten, Winter/Frühjahr
Leguminose	
Keimfähigkeit, Triebkraft, TKG, Bonitur, Pathogenbesatz	Sojasaatgut
Saattiefe	10 Pflanzen je Parzelle
Pflanzen/m ² , Deckungsgrad (Foto), Schädlings-, Krankheits- und Bestandesbonituren, Prüfung von Symptomen im Bedarfsfall	Nach Auflaufen und zur Sojablüte
Wurzelbonitur (Schädigungen und Knöllchenbesatz) Prüfung von Symptomen im Bedarfsfall	Zur Sojablüte
TM-Ertrag, Bonitur, N _t	Handernte, 2,5 m ² je Parzelle, vor Betriebsernte
Unkraut	
Deckungsgrad	Nach Auflaufen, zur Sojablüte und vor Ernte
Bestimmung der Arten und quantitative Bonitur	Zur Sojablüte
Klima Witterung	
Tageswerte Temperatur und Niederschlag	Dem Schlag nächstgelegene zugängliche Wetterstation

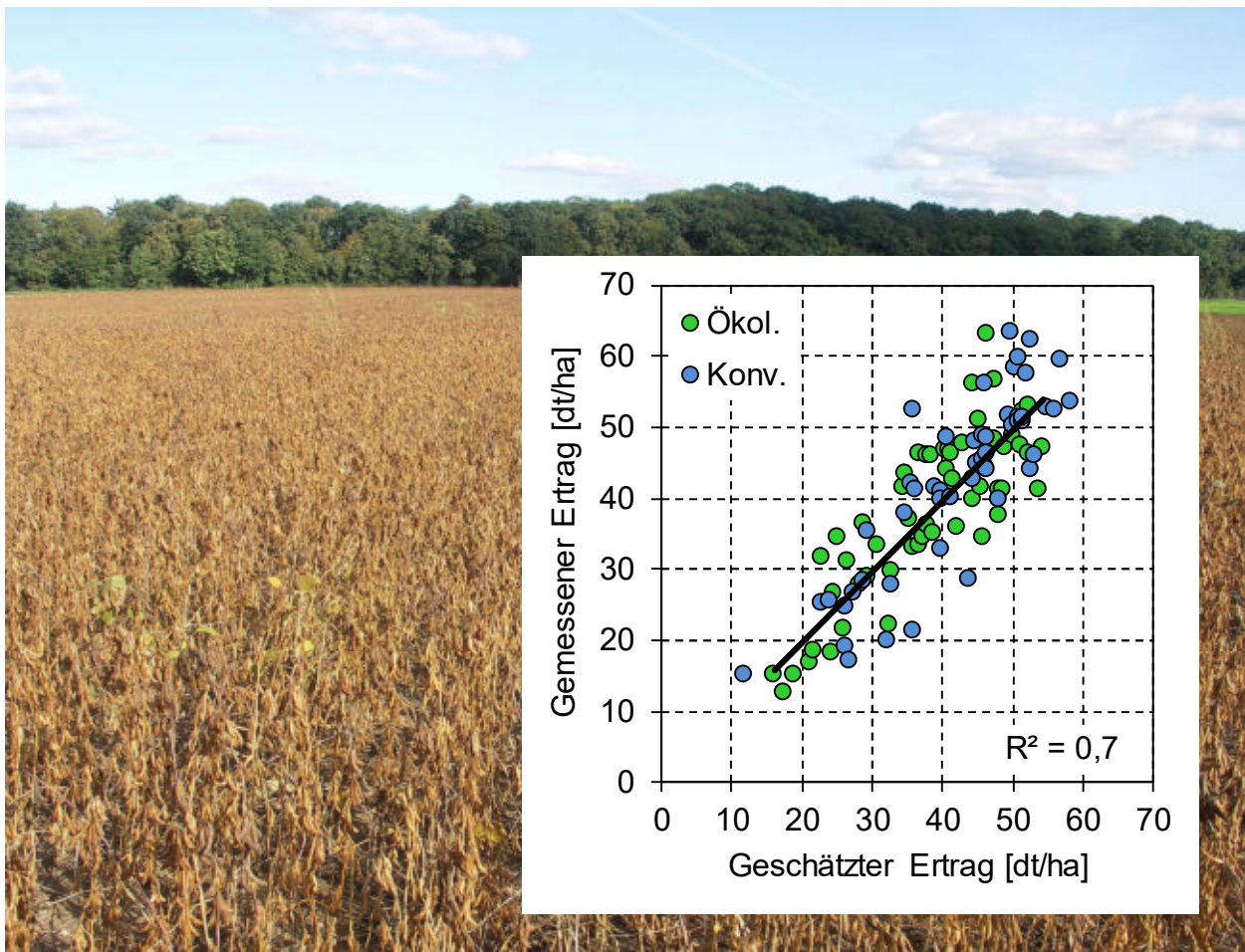
4 Anhang / 4.1 Ackerbau Methodik

Für die Auswertung wurden die erhobenen Informationen und Daten in statistisch verrechenbare Parameter umgesetzt. Nicht quantifizierbare Besonderheiten der einzelnen Fallbeispiele wurden bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt.

Mit statistischen Methoden wurden wesentliche Faktoren der Zielvariablen Ertrag, Unkrautdeckungsgrad und Proteingehalt qualitativ und quantitativ ermittelt. Die Linearität der Zusammenhänge wurde graphisch und mithilfe der Kurvenanpassung geprüft und ggf. einzelne Parameter transformiert oder angepasst. Die ermittelten

wesentlichen Faktoren wurden für die Zielparameter Ertrag, Unkrautdeckungsgrad, Proteingehalt und Deckungsbeitrag mithilfe der multiplen Regression zusammengefasst und gewichtet (Beta-Wert). Die Analyse liefert weiterhin den Anteil der Streuung, den die gewählten Faktoren abdecken.

Zusätzlich zur statistischen Auswertung wurden die Ergebnisse von einzelnen Betrieben bzw. Schlägen im Sinn von Fallstudien geprüft. Dabei wurden besonders diejenigen Betriebe bzw. Schläge beleuchtet, die bei der betriebsübergreifenden Auswertung aufgefallen sind.



Zusammenhang von
Geschätzter Ertrag: aus den wesentlichen Faktoren des Ertrags (S. 5) geschätzter
Messpunktertrag (multiple Regression)
Gemessener Ertrag: an den Messpunkten per Handernnte ermittelter Ertrag

4.2 Auswertung Sortenversuche

Auswertungsergebnisse deutscher Sojasortenversuche 2015 bis 2017 zu den in der Praxisuntersuchung angebauten Sorten und Anteile der untersuchten Schläge je Sorte

Sorte	Reife- gruppe	Ertrag		Protein		Anteil Schläge [%]
		Median ¹ [dt/ha]	Vers. ²	Median ³ [%]	Vers. ⁴	
'Merlin'	000	0,00	81	-0,16	72	16,5
'ES Mentor'	00	4,99	56	2,35	52	13,5
'Sultana'	000	1,25	65	1,4	59	12,5
'Amandine'	000	-0,32	21	0,72	16	10,5
'Primus'	00	2,10	38	4,88	35	10,5
'Lissabon'	000	2,95	42	-0,12	37	5,5
'Silvia PZO'	0/00	10,02	16	-1,05	13	5,5
'Solena'	00/000	2,92	60	1,56	56	4,5
'Abelina'	000	1,65	30	-0,3	27	3,5
'Viola'	000	2,20	47	1,4	45	3,5
'Korus'	00	1,91	30	4,53	31	2,5
'Mavka'	000	k. A.	0	k. A.	0	2,5
'RGT Shouna'	000	3,59	46	1,78	37	2,5
'Sirelia'	000	3,89	34	0,76	34	2,5
'SY Livius'	00/000	4,90	21	0,87	18	2,5
'Amadea'	000	2,16	57	-1,22	52	1,5
'Amarok'	000	1,59	79	1,51	72	1,5
'Lenka'	00	3,30	17	4,01	14	1,5
'Obelix'	000	2,45	76	0	72	1,5
'Pollux'	00/000	4,00	21	0,75	22	1,5
'Protibus'	000	-5,25	2	1,1	1	1,5
'SG Anser'	000	k. A.	0	k. A.	0	1,5
'Simona'	000	k. A.	0	k. A.	0	1,5

1 Ertragsdifferenz zur Sorte 'Merlin', Median deutscher

Sortenversuche 2015 – 2017: Merlin 34,1 dt/ha bei 14 % Feuchte

2 Anzahl der berücksichtigten Sortenversuche 2015 – 2017 für die Ertragsdifferenz

3 Proteingehaltsdifferenz zur Sorte 'Obelix', Median deutscher Sortenversuche 2015 – 2017:

Obelix 40,7 % i. d. TS

4 Anzahl der berücksichtigten Sortenversuche 2015 – 2017 für die Proteingehaltsdifferenz

4.3 Online-Informationen und Literaturhinweise

Umfassende Informationen zu allen Themen des Sojaanbaus

www.sojafoerderring.de

Die aktuellsten Anbauanleitungen für die gemäßigte Zone

Imgraben, H.; Recknagel, J. (2019): Anbauanleitung für Sojabohnen 2019. Hrsg. v. Regierungspräsidium Freiburg, Ref 33, Pflanzliche Erzeugung/Pflanzenschutzdienst. Freiburg i. Br.

<https://rp.baden-wuerttemberg.de/rpf/Abt3/Ref33/Documents/rpf33-anbauanleitung-soja-lang.pdf>

Bernet, T.; Recknagel, J.; Asam, L.; Messmer, M. (2016): Biosoja aus Europa. Empfehlungen für den Anbau und den Handel von biologischer Soja in Europa. Frick, FiBL.

<https://shop.fibl.org/CHde/1690-biosoja-europa.html?ref=1>

Dorsch, K. (2015): Bio-Soja: So gelingt der Anbau. Fabian von Beesten gibt Tipps für den Anbau. top agrar südplus, 03/2015

Hahn, V.; Miedaner, T. (2013): Sojaanbau in der EU - Lohnender Anbau ohne GVO. Agrar Praxis Kompakt, DLG-Verlag GmbH, Frankfurt am Main.

Sammlungen aktueller Forschungsergebnisse zu Soja

Tagungsband Sojatagung 2018 in Würzburg (Hrsg.: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)).

<https://www.lfl.bayern.de/publikationen/kooperationen/203970/index.php>

Tagungsband Sojatagung 2017 in Rastatt (Hrsg.: Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ)).

<http://www.ltz-bw.de/pb/,Lde/Startseite/Arbeitsfelder/Sojatagung+2017>

Publikationen zu Soja in verschiedenen Bereichen

Standorteignung

JKI Geoportal - Anbaueignung für Sojabohnen.

http://geoportal.julius-kuehn.de/map?app=soja_neu

Impfung

Butz, A.; Ott, J. (2019): Wirkung von Bradhyrhizobienpräparaten auf Ertrag und Eiweißgehalt von Sojabohnen. Hrsg.: LTZ Augustenberg (Versuch DGG 15-05).

<http://www.ltz-bw.de> zu finden unter Kulturpflanzen/Körnerleguminosen/Soja

Aigner, A. (2012): Sojabohnen: Sorgfältige Impfung ein Muss. Hrsg.: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft.

https://www.sojafoerderring.de/wp-content/uploads/2013/12/Impfversuche_Internet.pdf

Saatzeitpunkt

Urbatzka, P.; Kimmelman, S.; Jobst, F. (2019): Einfluss der Saatzeit bei Sojabohnen. In: Wolfrum, S. et al. (2017): Beiträge zur 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Verlag Dr. Köster, Berlin, S. 68-69.

<http://orgprints.org/31588/1/Einfluss%20der%20Saatzeit%20bei%20Sojabohnen.pdf>

Aigner, A. (2014): Wann soll die Bohne in den Boden? Soja: Die Gratwanderung zwischen zu früh und zu spät säen bewältigen. In: Bayrisches Landwirtschaftliches Wochenblatt (13), S. 50–51.

<https://www.sojafoerderring.de/wp-content/uploads/2013/12/Artikel-Aigner-aus-BLW.pdf>

Saatstärke und Saattechnik

Aigner, A.; Salzeder, G. (2015): Saattechnik - und Saatstärkeversuche bei Sojabohnen. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Freising.

https://www.sojafoerderring.de/wp-content/uploads/2013/12/Aigner_Poster_Saatst%C3%A4rke_2012_2015.pdf

Unkrautkontrolle

Kreikenbohm, C.; Engels, E. (2017): Mechanische Unkrautregulierung in Körnerleguminosen. In: Tagungsband Sojatagung 2017, Online verfügbar unter: siehe Tagungsband Sojatagung 2017

Urbatzka, P.; Demmel, M.; Jobst, F. (2017): Untersuchung verschiedener Techniken zur Beikrautregulierung beim Anbau von Soja. In: Wolfrum, S. et al. (2017): Beiträge zur 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Verlag Dr. Köster, Berlin, S. 58-61.

<http://orgprints.org/31920/1/Untersuchung%20verschiedener%20Techniken%20zur.pdf>

Bewässerung

Butz, A. (2018): Bewässerung von Soja. In: Tagungsband zur Soja-Tagung 2018, Online verfügbar unter: siehe Tagungsband Sojatagung 2018

Quellen zum Kapitel 2, Ökonomische Ergebnisse

Schaak, D.; Rampold, C.; Quaing, H.; Nusch, T. (2019): Marktbilanz Öko-Landbau 2019. Bonn, Agrarmarkt Informations-Gesellschaft mbH (AMI).

LfL, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2018) LfL-Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten. Online verfügbar unter <https://www.stmelf.bayern.de/idb/> (08.06.2018).

Autoren



Dr. Harald Schmidt
Stiftung Ökologie & Landbau
Bereich Praxisforschung
Himmelsburger Str. 95
53474 Bad Neuenahr-Ahrweiler
Tel. 02641 912205
schmidt@soel.de

Studium der Agrarwissenschaften und Promotion an der Universität Kassel-Witzenhausen. Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Organischen Landbau in Gießen. Seit 2004 Praxisforschung bei der Stiftung Ökologie & Landbau. Themenschwerpunkte sind ackerbauliche Fragestellungen vor allem in den Bereichen Fruchtfolge, Bodenbearbeitung und Unkrautregulierung im Ökolandbau sowie der Körnerleguminosenanbau.



Lucas Langanky
Stiftung Ökologie & Landbau
Bereich Praxisforschung
Hof Aischland 2
97990 Weikersheim
Tel. 0176 34127797
Langanky@soel.de

Studium des Ökologischen Landbaus an der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE). Seit 2015 Praxisforschung bei der Stiftung Ökologie & Landbau mit dem Themenschwerpunkt Körnerleguminosenanbau.

Lukas Wolf
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur
Menzinger Straße 54
80638 München
Lukas.Wolf@lfl.bayern.de

Studium an der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen. Von 2014 bis 2018 Projektmitarbeiter im deutschlandweiten Soja-Netzwerk. In diesem Zusammenhang Betreuung des Teilprojektes Datenmanagement mit der Verantwortung für die Erhebung und Auswertung betriebswirtschaftlicher und pflanzenbaulicher Kennwerte von Ackerschlägen mit Sojabohnen, Vergleichsfrüchten und deren Nachfrüchten.

Dr. Robert Schätzl
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur
Menzinger Straße 54
80638 München
Robert.Schaetzl@lfl.bayern.de

Studium der Agrarwissenschaften und Promotion an der TU München-Weihenstephan. Verschiedene Tätigkeiten in der Regionalentwicklung, in der Forschung sowie als landwirtschaftlicher Berater und als Lehrkraft an Landwirtschaftsschulen. Seit 2008 Leiter der Arbeitsgruppe "Ökonomik des Marktfruchtbaus: Getreide-, Öl- und Eiweißfrüchte", seit 2010 Koordinator des Arbeitsschwerpunkts Eiweiß an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft.

Danksagung

Der Dank der Autoren gilt besonders

- der Geschäftsstelle Eiweißpflanzenstrategie bei der BLE für die Förderung der Projekte „Modellhaftes Demonstrationsnetzwerk zur Ausweitung und Verbesserung des Anbaus und der Verwertung von Sojabohnen in Deutschland“ und „Erweiterung und ackerbauliche Auswertung der Praxiserhebungen und -untersuchungen im Rahmen der modellhaften Demonstrationsnetzwerke Soja, Lupine, Erbse und Bohne der Eiweißpflanzenstrategie“ sowie den Mitarbeitern, die mit ihrer begleitenden Unterstützung der Projekte einen wichtigen Beitrag zum Erfolg geleistet haben,
- allen beteiligten Landwirtinnen und Landwirten, die durch ihre große Kooperationsbereitschaft und ihre geduldige Zusammenarbeit bei den umfangreichen Befragungen die Projekte erst ermöglicht haben,
- den Betriebsberatern und Betriebsberaterinnen im Soja-Netzwerk, deren Einsatz bei der Datenerfassung und den Erhebungen auf dem Acker ein wesentlicher Bestandteil der Projektdurchführung war,
- allen Mitwirkenden im Soja-Netzwerk für den wertvollen fachlichen Austausch und die vielfältigen Anregungen,
- Jürgen Recknagel vom LTZ Augustenberg und Martin Miersch von der Taifun-Tofu GmbH, für die kompetenten und hilfreichen Kommentare und die fachliche Unterstützung beim Verfassen der Broschüre sowie Alexander Kögel von der Bioland-Beratung für die prägnanten und hochwertigen Fotos.

Bildnachweis

C. Kreikenbohm, Soja-Netzwerk-Berater, LWK Niedersachsen: S. 67/1

A. Kögel, Soja-Netzwerk-Berater, Bioland Beratung: S. 3, S. 16/1, S. 19, S. 27/2, S. 31, S. 32/2, S. 34/1, S. 37, S. 47, S. 50/1, S. 55, S. 57, S. 64, S. 65, S. 70, S. 77, S. 88/3

L. Langanky, SÖL: S. 0, S. 30/1, S. 44/2, S. 46/2, S. 50/2, S. 86/2&4, S. 87, S. 88/4

P. Lausmann, Soja-Netzwerk-Berater: S. 24/1, S. 44/1, S. 88/1

J. Matzka, Soja-Netzwerk-Beraterin: Titel/2, S. 16/2, S. 86/3

J. Recknagel, LTZ Augustenberg / Sojaförderring: S. 13, S. 49

A. Reutlinger, Soja-Netzwerk-Beraterin, LTZ Augustenberg: S. 27/3, S. 82

J. Schmid Soja-Netzwerk-Beraterin: S. 4, S. 6/2, S. 7, S. 9, S. 27/1&4, S. 29/2, S. 32/1, S. 73, S. 86

H. Schmidt, SÖL: Titel/1 3&4, S. 6/1, S. 8, S. 11, S. 14, S. 15, S. 17, S. 20, S. 22, S. 24/2, S. 26., S. 29, S. 30/2, S. 34/2, S. 36, S. 38, S. 40, S. 41, S. 45, S. 46/1, S. 52, S. 53, S. 54, S. 56, S. 58, S. 60, S. 67/2, S. 69, S. 75, S. 79, S. 81, S. 85, S. 88/2, S. 98, S. 100

J. Unsleber, Landwirt / Sojaförderring: S. 72

Karte auf Seite 1: Quelle: Bundesanstalt für Kartographie und Geodäsie (BKG) (2014);
Kartenerstellung H. Schmidt, SÖL

Karte auf Seite 60: Quelle: Bundesanstalt für Kartographie und Geodäsie (BKG) (2014);
Kartenerstellung: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LFL) (2014)