

Versuchsbericht

Ökologischer Sojabohnenanbau in Niedersachsen

Versuchszeitraum: 2009 bis 2012



Landwirtschaftskammer Niedersachsen
Fachbereich Ökologischer Landbau



Gefördert von 2009 bis 2011 aus Mitteln des
Niedersächsischen Ministeriums für Ernährung,
Landwirtschaft, Verbraucherschutz
und Landesentwicklung

Impressum

Herausgeber

Landwirtschaftskammer Niedersachsen
Mars-la-Tour-Str. 1 – 13
26121 Oldenburg

Fachbereich 3.10, Ökologischer Landbau
Hans-Böckler-Allee 20
30173 Hannover

Markus Mücke

Tel.: 0511/3665-4378

E-Mail: Markus.Muecke@lwk-niedersachsen.de

Dr. Kirsten Seidel

Tel.: 0511/3665-4294

E-Mail: Kirsten.Seidel@lwk-niedersachsen.de

Armin Meyercordt

Tel.: 0511/3665-4394

E-Mail: Armin.Meyercordt@lwk-niedersachsen.de

www.lwk-niedersachsen.de

Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
1	Einleitung..... 1
2	Zielsetzung..... 2
3	Sojabohnen-Anbausteckbrief..... 3
4	Beschreibung des Versuchsstandortes..... 7
5	Sortenversuch..... 8
5.1	Versuchsbeschreibung..... 8
5.2	Witterung und Besonderheiten in den Versuchsjahren..... 11
5.3	Ergebnisse der Wachstumsbeobachtungen..... 15
5.4	Ergebnisse der Erträge und Qualitäten..... 23
5.5	Zusammenfassung der Sortenversuchsergebnisse..... 29
6	Unkrautregulierungsversuch..... 32
6.1	Versuchsbeschreibung..... 32
6.2	Beschreibung der eingesetzten Regulierungstechnik..... 34
6.3	Beschreibung der Versuchsjahre..... 36
6.4	Boniturergebnisse – Reihenunabhängige Regulierungstechnik..... 37
6.5	Boniturergebnisse – Reihenababhängige Regulierungstechnik..... 40
6.6	Ertrags- und Qualitätsergebnisse..... 43
6.7	Zusammenfassung des Unkrautregulierungsversuchs..... 45
7	Betriebswirtschaftliche Betrachtung des Öko-Sojabohnenanbaus..... 49
8	Zusammenfassung Öko-Sojabohnenanbau in Niedersachsen..... 54
9	Anhang..... 55

1. Einleitung

Der Anbau von Körnerleguminosen ist für Biobetriebe von großer Bedeutung. Zum einen dienen sie der Erzeugung von Futtermitteln, zum anderen leisten sie als Stickstoff bindende Pflanzen einen außerordentlich wertvollen Beitrag zur Stickstoffversorgung. Trotzdem streichen immer mehr Biobetriebe Leguminosen aus ihrer Fruchtfolge. Die Gründe dafür sind vielfältig. Neben tierischen und pilzlichen Schaderregern scheinen phytosanitäre Gründe im Vordergrund zu stehen. Gewissheiten stehen aber immer noch aus. Die Konsequenz dieser Entwicklung: Die Züchtungsaktivitäten werden zurückgefahren, immer weniger neue Sorten kommen auf den Markt.

Mit der Ausdehnung der Viehhaltung nimmt der Bedarf an proteinhaltigen Futterkomponenten im Ökologischen Landbau kontinuierlich zu. Bereits heute fordern einige Verbände 100 % Biofutter, d.h. alle Einzelkomponenten müssen danach ausschließlich aus ökologischer Erzeugung stammen. Entsprechendes gilt für Futtermischungen.

Die Proteinqualität von Ackerbohnen und Erbsen genügen den Anforderungen von Monogastrier nur bedingt. Ohne eine Ergänzung mit hochwertigeren Proteinkomponenten bleiben die Leistungen in der Schweine- und Geflügelhaltung hinter ihren Möglichkeiten zurück. Die erforderliche Qualität liefert hingegen die Sojabohne. Ihr Futterwert übersteigt den von Ackerbohne und Erbse erheblich. Bisher musste Öko-Soja, teilweise über sehr weite Strecken, teuer importiert werden. Durch Neuzüchtungen scheint der Sojabohnenanbau auch in heimischen Gefilden in greifbare Nähe zu rücken. Außerdem ermutigt die Witterung der letzten Jahre dazu, sich mit dieser im norddeutschen Raum bisher fremden Kultur zu beschäftigen. Steigende Durchschnittstemperaturen und intensivere Sonneneinstrahlung während der Vegetationsperiode stimmen zuversichtlich. In Deutschland konzentriert sich der großflächige Anbau bisher auf die südlichen und süd-westlichen Bundesländer. Hier wird Soja auch häufig für den Konsum (z.B. Tofu) angebaut.

Aus produktionstechnischer Sicht ist die Sojabohne interessant. Prinzipiell ist ein Anbau von Soja immer dort möglich, wo auch Körnermais angebaut werden kann. Von großem Vorteil ist, dass die Sojabohne nicht die weiten Anbaupausen wie beispielsweise Körnererbse oder Lupine benötigt. Tierische und pilzliche Schaderreger spielen bislang kaum eine Rolle. Der Wasserbedarf bleibt zunächst gering. Erst ab der Blüte im Juli und zur Hülsenausbildung nimmt er deutlich zu. In dieser Phase kann eine Bewässerung notwendig werden.

Schwachpunkte im Sojaanbau sind vorrangig die schwache Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern, Pflanzenverluste durch Wild- bzw. Vogelfraß und die vergleichsweise späte Abreife.

Zu erwähnen ist auch die Weiterverarbeitung bzw. Aufbereitung der Sojabohnen (Toasten und pressen) als ein wichtiges Bindeglied in der Kette vom Anbau bis zur Verfütterung. Sollen Sojabohnen an Monogastrier (Schwein, Geflügel) verfüttert werden, ist ein Toasten der Sojabohnen unbedingt erforderlich, um die sogenannten Trypsininhibitoren zu vermindern. Diese beeinträchtigen die Proteinverdauung durch Blockierung des Enzyms Trypsin. Neben der Verdaulichkeit verbessert das Toasten auch die Schmackhaftigkeit des Futters.

Seit nunmehr vier Jahren führt der Fachbereich Ökolandbau der Landwirtschaftskammer Niedersachsen Exaktversuche zum Sojabohnenanbau unter ökologischen Anbaubedingungen durch. Die ersten drei Versuchsjahre 2009 bis 2011 wurden aus Mitteln des Niedersächsischen Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung finanziell unterstützt. Die Versuchsschwerpunkte lagen im Bereich der Sortenprüfung und der mechanischen Unkrautregulierung.

Im Sortenversuch wurden Sojabohnensorten geprüft, die aufgrund ihrer Frühreife auch für klimatisch ungünstigere Lagen geeignet erschienen. Beim Unkrautregulierungsversuch wurden insgesamt fünf verschiedene Verfahren verglichen. Diese teilten sich auf in zwei reihenunabhängige und drei reihenabhängige Verfahren.

Ab dem Jahr 2011 wurde das Versuchssortiment um 6 zusätzliche Sorten aus dem BÖLN-Projekt "Ausweitung des Sojaanbaus in Deutschland durch züchterische Anpassung sowie pflanzenbauliche und verarbeitungstechnische Optimierung" (BÖLN 11NA00X) erweitert, um auch zu neu zugelassenen frühreifen Sorten Aussagen machen zu können. Die Versuchsfragen blieben in Gänze bestehen.

Bei der Sortenwahl im Versuch war als Verwertungsrichtung vorrangig die Verfütterung vorgesehen. Für den Konsumanbau von Sojabohnen werden von der abnehmenden Hand ausgewählte Sorten mit besonderen Qualitätseigenschaften nachgefragt. Der überwiegende Teil dieser Sorten sind aber aufgrund ihrer zumeist späteren Reife für niedersächsische Anbaubedingungen nicht geeignet.

Angelegt wurden die Versuche auf einem langjährig ökologisch bewirtschafteten leichten Standort mit Beregnungsmöglichkeit im östlichen Niedersachsen.

2. Zielsetzung

Primäres Ziel war es, mit dem vom Land Niedersachsen finanziell unterstützen dreijährigen Versuchsvorhaben zu prüfen, ob der Sojabohnenanbau mit ausgewählten frühreifen Sorten in Niedersachsen grundsätzlich möglich ist. Neben der Anbaueignung von Sorten sollten außerdem praktikable Lösungsansätze für die mechanische Unkrautregulierung aufgestellt werden. Ein weiteres Ziel des Vorhabens war es, eine ökonomische Bewertung des Sojabohnenanbaus vorzunehmen.

3. Sojabohnen-Anbausteckbrief

Klimaansprüche

Die Sojabohne ist eine Kurztagspflanze mit vergleichsweise hohen Wärmeansprüchen. Zur Ausreife benötigt sie eine Wärmesumme von durchschnittlich 1500°C (Basis 6°C). Als grober Richtwert gilt: Sojasorten der Reifegruppe 000 eignen sich für Körnermaisanbaulagen, wo Maissorten der Reifegruppe 240 - 250 noch sicher abreifen. Bodenfröste verträgt die Sojabohne bis etwa -3°C. Kühle Temperaturen unter 12°C während der Blüte im Juni/Juli können, je nach Sorte, Blütenabfall verursachen. Den höchsten Wasserbedarf hat die Sojabohne in den Monaten Juli bis August zur Blüte und während der Bildung des Hülsenansatzes und des Dickenwachstums der Körner. Das erfordert ausreichende Sommerniederschläge oder Beregnungsmöglichkeit.

Standort- und Bodenansprüche

Die wärmeliebende Sojabohne muss nach der Saat zügig auflaufen und sich im weiteren Wachstumsverlauf rasch weiterentwickeln. Aus diesem Grund sind lockere und leicht erwärmbare Böden mit guter Wasserführung zu bevorzugen. In Betracht kommen:

- tiefgründige mittelschwere Böden (lehmige Sande bis sandige Lehme) oder
- Sandböden mit Beregnungsmöglichkeit

Regionen, die in Niedersachsen in erster Linie in Frage kommen:

- östliches und westliches Niedersachsen
- Börde, Flusstäler, Südhänge

Grundsätzlich sollten folgende Standorte vom Sojaanbau ausgeschlossen werden:

- staunasse Standorte
- flachgründige Standorte
- Moorböden
- Nordhänge
- Kaltluftsenken
- Standorte mit sehr hohem Unkrautdruck, insbesondere von Weißem Gänsefuß, Schwarzem Nachtschatten und Flohknöterich
- Standorte mit sehr hoher Stickstoffnachlieferung, die zu Reifeverzögerungen und Lagergefahr führen können
- Steinige Böden, da der Schneidmesser des Mähdreschers aufgrund des tiefen Hülsenansatzes sehr bodennah geführt werden muss und von der abnehmenden Hand steinfreies Erntegut gefordert wird.

Vorfrucht und Fruchtfolge

Vorfrüchte, die eine vergleichsweise geringe Verkrautung in der Folgefrucht und wenig Reststickstoff im Boden erwarten, sind zu bevorzugen. Am besten geeignet ist Winter- oder Sommergetreide.

Vorfruchtwert

Aufgrund des guten Wurzelwerkes hinterlässt die Sojabohne eine gute Bodengare. Der Vorfruchtwert bezüglich Stickstoffnachlieferung zur Folgefrucht kann mit etwa 30 bis 50 kg N/ha angenommen werden.

Anbaupausen

Im Gegensatz zu anderen Leguminosen ist die Sojabohne deutlich besser mit sich selbst verträglich. Anbaupausen zwischen 3 und 4 Jahren sind nach gegenwärtigem

Kenntnisstand ausreichend. Zu Sklerotinia-Wirtspflanzen wie Sonnenblumen oder Raps sollten mindestens vier Jahre Anbaupause eingehalten werden.

Saatzeit

Aufgrund der vergleichsweise hohen Temperaturansprüche sollte die Aussaat erst ab einer Bodentemperatur von 10°C erfolgen. Je nach Standort und Region kann ab etwa Ende April bis in die erste Maidekade gesät werden. Eine zu frühe Saat bei zu niedrigen Bodentemperaturen und mit nachfolgend feucht-kühler Witterung kann zu erheblichen Auflaufverzögerungen und starken Auflaufschäden führen. Die Sojabohne ist eine Kurztagspflanze. Spätere Saaten nach Mitte Mai sollten deshalb gemieden werden, da die Gefahr einer deutlich verzögerten Abreife und Ernte besteht,

Saatstärke

Bei der Saatstärke sind 60 bis 70 keimfähige Körner/m² anzustreben. Aufgrund möglicher Pflanzenverluste durch die mechanische Unkrautregulierung sind im Ökolandbau 70 Körner/m² auszusäen. Die Bestandesdichte sollte später nicht unter 40 Pflanzen/m² liegen.

Saattiefe

Bewährt hat sich eine Saattiefe von 3 bis 4 cm. Bei sehr trockenen Bodenverhältnissen sollte die Ablage auf etwa 5 cm erfolgen, um einen ausreichenden Wasseranschluss sicher zu stellen. Auch bei intensivem Striegeleinsatz im Voraufbau (Blindstriegelein) sollte auf 4 bis 5 cm abgelegt werden.

Saattechnik

Die pneumatische Einzelkornsaat ist der Drillsaat durch Saatgutkostensparnis und exakte Tiefenablage überlegen. Zudem wird durch die Einzelkornsaat das empfindliche Korn am wenigsten beschädigt. Gleichwohl arbeiten viele Praktiker auch mit herkömmlicher Getreidesätechnik. Durch Schließen entsprechender Saatreihen können auch weitere Reihenabstände realisiert werden. Ein Einsatz von Hacktechnik ist dann ebenso möglich.

Reihenabstand

Der ideale Reihenabstand bei Sojabohnen liegt etwa zwischen 25 und 50 cm. Ausschlaggebend ist die vorhandene Hacktechnik im Betrieb. Häufig kommt Rübenhacktechnik mit 45 cm Reihenabstand zum Einsatz, aber auch Getreidehacktechnik mit 25 cm Abstand ist möglich. Bei Reihenabständen über 50 cm besteht die Gefahr, dass die Sojabohnen keinen vollständigen Reihenschluss erreichen und sich dadurch Spätverkrautung stärker etablieren kann.

Saatgutimpfung

Das Sojabohnensaatgut erfordert für die Knöllchenbildung unbedingt eine Impfung mit speziellen Sojabohnen-Rhizobien! Diese sind besonders bei erstmaligem Sojaanbau in nicht ausreichender Menge im Boden vorhanden. Eine unterlassene Impfung führt zu deutlichen Ertrags- und Qualitätseinbußen. Mit anderen Worten: Impfen ist Pflicht! Die zusätzlichen Kosten der Impfung liegen bei rund 30 €/ha

Bewährt haben sich die Rhizobien-Präparate

- HiStick (Torf-Impfpräparat)
- Force48 (NPPL-Impfpräparat + Haftmittel)
- Biodoz (NPPL-Impfpräparat + Haftmittel)

Beim Umgang mit Impfpräparaten ist folgendes zu beachten:

- Impfpräparate sind sehr empfindlich gegenüber UV-Licht und Temperaturen über 25° C. Deshalb das Impfpräparat oder vorgeimpftes Saatgut kühl und lichtgeschützt lagern. Die gefüllte Sämaschine nicht in der Sonne stehen lassen.
- Erst unmittelbar vor der Aussaat impfen und zügig aussäen!
- Sollte zwischen Impfung und Aussaat mehr wie 24 Stunden liegen (oder 48 Stunden bei Force48), muss erneut geimpft werden.
- Beim erst- und zweimaligen Anbau von Soja auf einer Fläche sollte die doppelte Menge eines Impfpräparates verwendet werden
- Bei einigen Sorten wird auch eine sogenannte FixFertig-Impfung angeboten. Dabei wird das Saatgut bereits fertig geimpft geliefert. Hier sollte bei erstmaligem Sojaanbau zusätzlich mit einem oben aufgeführten Impfpräparat geimpft werden.
- Bei pneumatischer Einzelkornsätechnik sollte ein Impfpräparat mit Haftmittel verwendet werden.

Düngung

Die Grundnährstoffgehalte sollten mindestens in der Versorgungstufe B, besser jedoch in Stufe C liegen. Schwefeldüngungsversuche haben bislang keine Wirkung bei Sojabohnen gezeigt.

Sortenwahl

Die Sojabohnensorten werden in folgende Reifegruppen eingeteilt:

- 000/0000 Sorten (sehr früh)
- 000 Sorten (früh)
- 000/00 (mittelfrüh)
- 00/000 (mittelfrüh-spät)
- 00 (mittelspät)

Für Niedersachsen kommen die Reifegruppen sehr früh bis mittelfrüh in Frage. Die Reifegruppen mittelfrüh-spät bis mittelspät sind in Niedersachsen ungeeignet, da die Abreife viel zu unsicher ist. Details zu den vierjährigen Sortenversuchsergebnissen und zur Sortenwahl sind im Kapitel 5 erläutert.

Schädlinge

Aufgrund der geringen Anbaudichte von Sojabohnen in Niedersachsen spielen Schädlinge bislang keine Rolle. In Süddeutschland kann der Distelfalter Probleme bereiten. Bei heißer Witterung und Massenvermehrung kann im Sommer Kahlfraß durch Raupen (beginnt nesterweise) auftreten. Bevorzugte Mittel, auch mit Zulassung für den Ökolandbau, sind Bacillus thuringiensis-Präparate zur Raupenbekämpfung.

Auf bindigeren Böden kann es in der Auflaufphase zu Schneckenfraß kommen. Ein abgesetztes Saatbeet mit wenigen Hohlräumen kann vorbeugen, gegebenenfalls sollte eine Rückverfestigung erfolgen. Bei Schneckenbefall ist eine Randbehandlung mit einem für im Ökolandbau zugelassenen Schneckenbekämpfungsmittel angeraten (z.B. Ferramol).

Wild- und Vogelfraß

Sojabohnen sind in der Auflaufphase besonders durch Tauben- aber auch gelegentlich durch Krähenfraß gefährdet. Später fressen Hasen und Rehe an den Sojapflanzen, wobei der Schaden dann häufig nur partiell auftritt. Gegenmaßnahmen gegen Tauben wie beispielsweise gasbetriebene Schussapparate oder Vogelscheuch-Drachen können das Risiko zwar mindern, aber nicht gänzlich ausschließen.

Auch Maßnahmen wie diverse vergällend wirkende Naturstoffe zur Saatgutbehandlung oder eine tiefere Saatgutablage garantieren keine verlässliche Abschreckung. Durch tieferes Ablegen der Saat können sich allerdings Aufgang und Jugendentwicklung deutlich verzögern.

Unkrautregulierung

Eine erfolgreiche Unkrautregulierung ist entscheidend für den Anbauerfolg. Detaillierte Versuchsergebnisse und Empfehlungen sind im Kapitel 6 aufgeführt.

Beregnung

Den größten Wasserbedarf hat die Sojabohne im Juli und im August. Auch auf Beregnungsstandorten ist in der Regel erst ab Blühbeginn eine erste Beregnungsgabe einzuplanen. Sofern erforderlich, sollte die letzte Beregnungsgabe zur Hülsenbildung etwa bis Mitte/Ende August (oder bis etwa bis 3 bis 4 Wochen vor der voraussichtlichen Ernte) gegeben werden. Maximal 30 mm sind in einer Gabe zu beregnen, um die Lagergefahr nicht zu erhöhen. Außerdem sollte auch nicht zu häufig beregnet werden, um Sklerotiniabefall vorzubeugen.

Ernte

Die Abreife beginnt mit der Gelbfärbung der Blätter und anschließenden Blattfall. Die Sojabohne ist druschreif, wenn die Körner frei in den Hülsen liegen. Je nach Aussaattermin und Witterung sind die für Niedersachsen empfohlenen 000-Sojasorten etwa ab Ende September erntereif. Bei unbeständiger Witterung kann sich die Ernte unter Umständen bis in den Oktober hinauszögern.

Die ideale Erntefeuchte beträgt 14 bis 16 %. In der Regel ist eine Nachtrocknung einzuplanen. Die Sojabohne sollte auf mindestens 12 %, oder besser 9 % bei längerer Lagerung, getrocknet werden.

Bei verspäteter Ernte im Oktober können die Erntefeuchten allerdings auch bei über 20 % liegen. Bei nicht standortangepasster Sortenwahl (spätreife Sorten) besteht die Gefahr, dass die noch grünen Stängelteile das Erntegut im Mähdrescher wieder befeuchten.

Zur Ernte sollte der Schneidtisch möglichst bodennah geführt werden. Ein Manko bei Sojabohnen ist der vergleichsweise tiefe erste Hülsenansatz, der sich durchschnittlich bei etwa 10 cm über der Bodenoberfläche befindet. Die Gefahr ist groß, dass bei der Ernte Steine bzw. Boden vom Schneidwerk erfasst werden.

Am Mähdrescher sollte die Trommeldrehzahl runtergefahren, der Dreschkorb weit aufgestellt und viel Wind gegeben werden.

Quellen:

DIERAUER, H. (2009): Biosoja. In: FiBL Merkblatt. Hrsg.: von Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL)

IMGRABEN, H.; RECKNAGEL, J. (2013): Anbauanleitung für Sojabohnen 2013. Hrsg.: Deutscher Sojaförderring. Online verfügbar unter http://www.sojafoerderring.de/media/dokumente/Anbauanleitung_fuer_Sojabohnen_2013_lang.pdf, zuletzt geprüft am 02.05.2013.

Weitere Informationsquellen zur Sojabohne:

www.sojainfo.de

www.sojafoerderring.de (Deutscher Sojaförderring)

4. Beschreibung des Versuchsstandortes

Beim Versuchsstandort handelt es sich um einen sandigen Standort in Ehra-Lessien im Landkreis Gifhorn, der bereits langjährig nach Bioland-Richtlinien bewirtschaftet wird. Im Betrieb wird bereits Sojabohnenanbau praktiziert. Somit bestand die Möglichkeit, den Versuch innerhalb der Sojabohnenpraxisfläche zu integrieren. Eine sehr wichtige Voraussetzung um Vogel- und Wildfraßverluste zumindest zu verringern. Außerdem ist auf dem Standort bei Bedarf eine Bewässerung gewährleistet. Da der Versuchsstandort als spätfrostgefährdet gilt, sind die Aussattermine stets in die erste Maidekade gelegt worden. Aufgrund der niedrigen Kaliumgehalte in Versorgungsstufe A, wurden die Versuchsflächen in den Jahren 2010, 2011 und 2012 zusätzlich mit Kalimagnesia gedüngt. Die Standortdaten sind der Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1: Standortbeschreibung Sojabohnenanbauversuche 2009 bis 2012

Versuchsdaten	Betrieb: Dieter Gruhs, Ehra-Lessien, Verband: Bioland			
	2009	2010	2011	2012
Höhe NN:	74 m	74 m	74 m	74 m
Bodenart:	Sand	Sand	Sand	Sand
Ackerzahl:	18	18	18	18
Grundnährstoffe:	pH: 5,0 P: (B) K: (A) Mg: (B)	pH: 5,0 P: (B) K: (A) Mg: (B)	pH: 5,3 P: (B) K: (A) Mg: (B)	pH: 5,1 P: (B) K: (A) Mg: (A)
Vorfrucht:	Silomais	Hafer	Hafer	Hafer
Vorvorfrucht:	Grassamen	Sommertriticale	Sommertriticale	Sommertriticale
Bodenbearbeitung:	Pflug	Pflug	Pflug	Pflug
Aussaattermin:	12.05.2009	10.05.2010	05.05.2011	08.05.2012
Aussaatstärke:	70 Kö./qm	70 Kö./qm	70 Kö./qm	70 Kö./qm
Saattiefe:	4 cm	3 cm	5 cm	3 cm
Reihenabstand:	40 cm	40 cm	40 cm	40 cm
Org. Düngung:	Stallmist	ohne	ohne	ohne
Mineral. Düngung:	ohne	Kalimagnesia 2,5 dt/ha	Kalimagnesia 2,5 dt/ha	Kalimagnesia 2,3 dt/ha
Beregnung:	1.) 25 mm / 25.06. 2.) 25 mm / 17.08.	1.) 30 mm / 19.06. 2.) 30 mm / 01.07. 3.) 30 mm / 09.07. 4.) 30 mm / 19.07.	1.) 10mm / 12.05. 2.) 25 mm / 07.06. 3.) 20 mm / 29.06. 4.) 20 mm / 21.08.	1.) 20 mm / 23.07. 2.) 20 mm / 03.08.
Ernte:	28.09.2009	04.10.2010	21.09.2011 und 29.09.2011	19.09.2012 und 11.10.2012

5. Sortenversuch

5.1 Versuchsbeschreibung

Die bislang in den vier Versuchsjahren geprüften Sojabohnensorten sind in der Tabelle 2 aufgeführt. Sojabohnensorten werden in folgende Reifegruppen eingeteilt:

- Reifegruppe 000/0000: sehr früh
- Reifegruppe 000: früh
- Reifegruppe 000/00: mittelfrüh
- Reifegruppe 00/000: mittelfrüh-spät
- Reifegruppe 00: mittelspät

Aus dem sehr frühen 000/0000-Reifesegment wurden bislang drei Sorten geprüft. Der überwiegende Teil der Prüfsorten stammte aus der frühen 000-Reifegruppe. Zwei weitere Sorten sind aus der mittelfrühen 000/00-Gruppe ausgewählt worden. Zusätzlich ist auch eine Sorte aus dem mittelfrüh-späten 00/000-Segment in das Sortiment eingestellt worden, um die möglichen Grenzen dieser Reifegruppe in Niedersachsen aufzuzeigen.

Tabelle 2: Prüfsorten in den Sojabohnen-Sortenversuchen 2009 bis 2012

Nr.	Sorten	Reifegruppe	Züchter / Vertrieb	Prüfzeitraum
1	Klaxon*	000/0000	Caussade	2009 - 2011
2	Bohemians	000/0000	ProGrain-Zia	2011 - 2012
3	Annushka	000/0000	Eurosivo	2012
4	Merlin*	000	Saatbau Linz	2009 - 2012
5	Lissabon*	000	Saatbau Linz	2010 - 2012
6	Sultana	000	RAGT	2011 - 2012
7	Aligator	000	RWA	2011 - 2012
8	Aveline	000	DSP	2011 - 2012
9	Aldana	000	Hodowla Roslin Strzelce (PL)	2011 - 2012
10	Augusta	000	Universität Posen (PL)	2011 - 2012
11	Amandine	000	DSP	2012
12	Sirelia	000	RAGT	2012
13	Solena	000	RAGT	2012
14	Gallec*	000/00	DSP	2009 - 2012
15	Protina*	000/00	RAGT	2009 - 2012
16	Cordoba*	00/000	Saatbau Linz	2009 - 2011

* diese Sorten wurden im Rahmen der vom Land Niedersachsen geförderten Sortenversuche geprüft

Folgende Parameter wurden in den Sortenversuchen untersucht:

- Aufgang
- Jugendentwicklung/Massenbildung
- Pflanzenlänge
- Neigung zu Lager
- Krankheiten
- Höhe des untersten Hülsenansatzes zur Bodenoberfläche
- Abreifeverhalten
- Tausendkorngewicht
- Ertrag
- Rohprotein- und Ölgehalt

Da die Sojabohne nicht zu den regelmäßig angebauten Kulturen zählt, fehlen im Boden die für die Ertragsbildung sehr wichtigen, symbiotisch an den Wurzeln lebenden Knöllchenbakterien. Das Sojabohnensaatgut muss daher unbedingt mit speziellen Sojabohnen-Rhizobien geimpft werden. Im Versuch wurden die Sorten mit dem Präparat HiStick geimpft. Es wurde in allen vier Versuchsjahren die doppelte Aufwandmenge verwendet, was bei erstmaligem Sojaanbau grundsätzlich empfohlen wird.

Tabelle 3: Versuchsanlage Sojabohnen-Sortenversuche 2009 bis 2012

Wiederholung:	4-fache Anlage je Sorte		
Anlagemethode:	Blockanlage		
Parzellengröße:	1,50 m x 12 m		
Reihenabstand	40 cm		
Saatgutimpfung	HiStick		
Unkrautregulierung im Sortenversuch			
2009	2010	2011	2012
27. Mai Scharhacke anschl. Striegel	3. Juni Scharhacke anschl. Striegel	25. Mai Scharhacke + Torsionshacke	25. Mai Scharhacke + Torsionshacke
3. Juni Scharhacke anschl. Striegel	9. Juni Scharhacke + Torsionshacke	31. Mai Striegel	5. Juni Scharhacke + Torsionshacke
22. Juni Scharhacke + Flachhäufler	18. Juni Scharhacke + Torsionshacke	07. Juni Scharhacke + Flachhäufler	14. Juni Scharhacke + Flachhäufler
13. Juli Handbereinigung	30. Juni Scharhacke + Flachhäufler und Handbereinigung	17. Juni Scharhacke + Flachhäufler	29. Juni Scharhacke + Flachhäufler
	7. Juli Scharhacke + Flachhäufler	29. Juni Scharhacke + Flachhäufler und Handbereinigung	

Der Sojabohnensortenversuch ist als Blockanlage mit vierfacher Wiederholung angelegt worden. Die Parzellengröße betrug 1,50 m x 12 m. und der Reihenabstand 40 cm. Die Aussaat erfolgte mit einer Parzellensämaschine und die Ernte mit einem Parzellenmähdrescher.

Zur Unkrautregulierung stand ein Zinkenstriegel und eine Scharhacke mit drei zur Auswahl stehenden Zusatzaggregaten zur Verfügung, die auch innerhalb der Kulturreihen arbeiten (s. Unkrautregulierungsversuch, Kapitel 6). Die Auswahl und der Einsatztermin der Geräte erfolgte individuell in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium der Sojabohnen und der Unkräuter (Tabelle 3). Bis auf das Jahr 2012 wurde in den Sortenversuchen zusätzlich eine Handbereinigung der Restverkrautung vorgenommen. Aufgrund des hohen Regulierungserfolges der mechanischen Maßnahmen war eine Handbereinigung im Jahr 2012 nicht erforderlich (Abbildung 1).



Abbildung 1: Sojabohnensortenversuch 2012 nach erfolgreicher mechanischer Krautregulierung

5.2 Witterung und Besonderheiten in den Versuchsjahren

Im folgenden Abschnitt wird auf die Besonderheiten der Witterung und der Pflanzenentwicklung im vierjährigen Versuchszeitraum eingegangen. Dazu wurden die Wetterdaten der zum Versuchsstandort nächstgelegenen Wetterstation Hillerse (Landkreis Gifhorn) als Datengrundlage verwendet. Abbildung 2 zeigt die durchschnittlichen Tagestemperaturen, die Temperatursumme und Niederschlagsmengen im Zeitraum Mai bis September.

Die Sojabohne ist eine Kurztagspflanze mit vergleichsweise hohen Wärmeansprüchen. Als Richtgröße gilt: Sorten der Reifegruppe „000“ (sehr früh) eignen sich für Körnermaislagen, in denen mittelfrühe Körnermaissorten ab K240 – K250 noch abreifen. Entsprechend wird eine Temperatursumme von 1500°C während der Vegetationszeit (Bezug: Basis 6°C) als Minimum genannt. In allen vier Versuchsjahren wurde diese Temperatursumme in der Anbauregion erreicht (Abbildung 2).

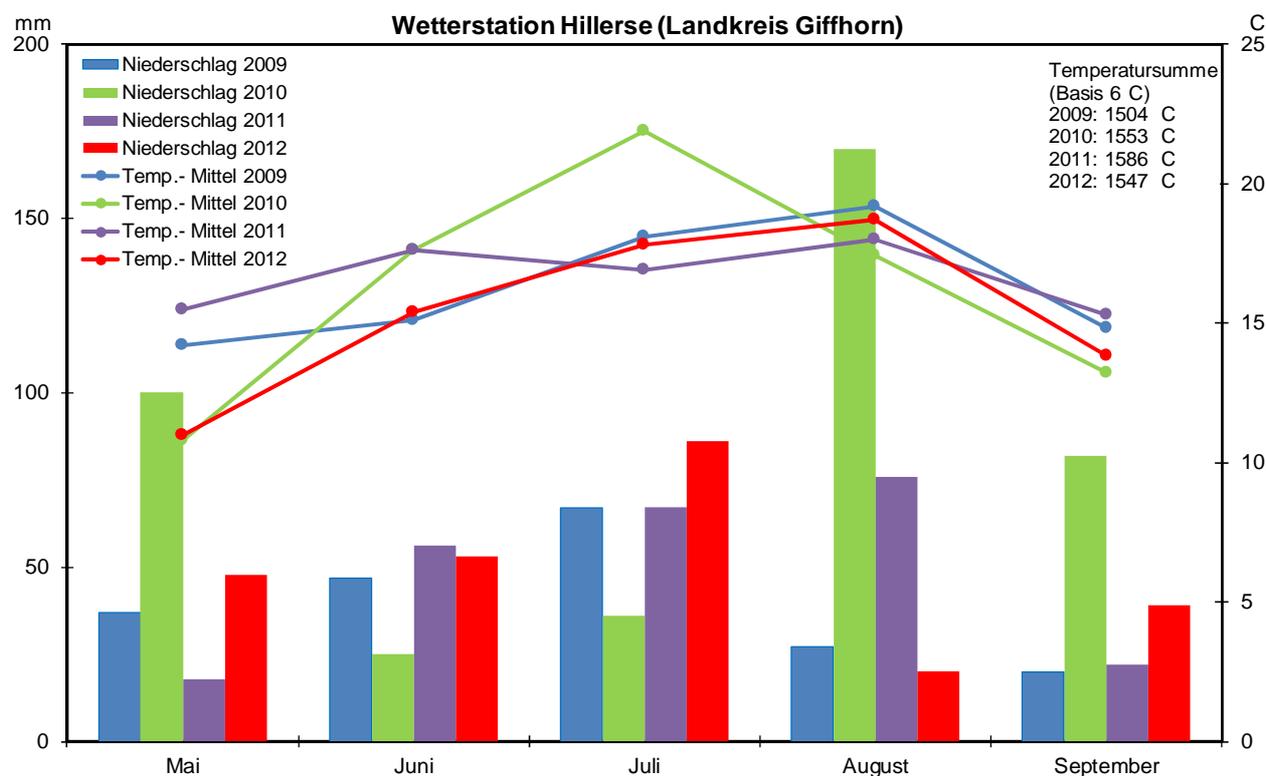


Abbildung 2: Niederschlagsmenge, Temperatursumme und durchschnittliche Tagestemperatur in den Monaten Mai bis September (2009 - 2012), Wetterstation Hillerse (Landkreis Gifhorn)

Witterung und Sojabohnenentwicklung 2009

Der Monat Mai war 2009 außergewöhnlich warm, ausgewogen bei den Niederschlägen und sonnenscheinreich. Die Sojabohnen liefen durch den gut erwärmten Boden bereits nach rund acht Tagen zügig auf (Tabelle 4). Der Juni zeigte ebenfalls eine ausgewogene Niederschlagsverteilung, war aber insgesamt zu kühl. Eine erste Beregnungsgabe erfolgte am 25. Juni zum Beginn der Blüte. Der Juli fiel regional durch teils kräftige Gewitterniederschläge auf. Am Versuchsstandort selbst entspannte sich dadurch die Wasserknappheit, so dass eine weitere Beregnungsgabe in diesem Monat nicht erforderlich war.

Die Monate August und September waren ausgesprochen trocken, warm und sonnenreich. Das erforderte eine zweite Beregnungsgabe am 17. August zur Hülsenbildung. Der warme und sonnenreiche September begünstigte eine beschleunigte Abreife der Sojabohnen.

Am 28. September 2009 erfolgte die Ernte des Versuches mit einem Parzellenmähdrescher. Ein angekündigter Wetterumschwung mit Abkühlung und Niederschlägen führte zum Entschluss, die Ernte nicht weiter hinauszuzögern. Die Wassergehalte zur Ernte bewegten sich je nach Sorte zwischen 15 und 20 %.

Zusammenfassend betrachtet konnten die Witterungsbedingungen für den Sojabohnenanbau in 2009 kaum besser sein.

Tabelle 4: Tage von Aussaat bis Aufgang 2009 - 2012

Reifegruppe	Tage von Aussaat bis Aufgang			
	2009	2010	2011	2012
000/0000				
Klaxon	8	16	14	-
Bohemians	-	-	14	13
Annushka	-	-	-	14
000				
Merlin	6	13	12	11
Lissabon	-	14	14	14
Sultana	-	-	15	14
Aligator	-	-	16	17
Aveline	-	-	14	14
Aldana	-	-	15	15
Augusta	-	-	16	13
Amandine	-	-	-	13
Sirelia	-	-	-	12
Solena	-	-	-	12
000/00				
Gallec	8	15	13	13
Protina	8	15	14	13
00/000				
Cordoba	8	16	15	-
Mittel	8	15	15	13

Witterung und Sojabohnenentwicklung 2010

Der Mai 2010 war deutlich zu kalt und durch häufige und ergiebige Niederschläge gekennzeichnet. Liefen die Sojabohnen in dem deutlich wärmeren Mai 2009 bereits nach rund acht Tagen auf, so vergingen in 2010 aufgrund der kühlen Temperaturen über vierzehn Tage, bis die ersten Sojabohnenpflanzen aufliefen (Tabelle 4). Aufgrund der kühl-feuchten Bodenverhältnisse kam es zu auffälligen Auflaufverzögerungen. Teilweise verfaulten die Samen bzw. starben die Keimlinge im Boden ab (Abbildung 3).



Abbildung 3: Abgestorbener Keimling

Durch die unbeständige Maiwitterung wurde zudem die mechanische Unkrautregulierung erschwert. Ab etwa Mitte Juni 2010 stiegen die Temperaturen merklich an. Im Juli wurde es sogar extrem heiß und trocken. Musste 2009 nur an zwei Terminen beregnet werden, so sind 2010 insgesamt vier Durchgänge erforderlich gewesen. Allein drei Beregnungsgaben waren im Juli zur Blüte notwendig (Tabelle 1). Die Sojabohnen konnten im Juni/Juli ihren Wachstumsrückstand durch den zu kalten Mai zwar wieder etwas aufholen, gleichwohl blieben sie im Wuchs geschwächt. Es stellte sich heraus, dass trotz der Impfung mit speziellen Rhizobien die Knöllchenbildung an den Wurzeln ausgesprochen schlecht war (Abbildung 4). Deutlicher Stickstoffmangel war die Folge. Auch einzelne Praktiker – erstmalig in den Sojaanbau eingestiegen – machten ähnlich negative Erfahrungen. Die unzureichende Knöllchenbildung war unabhängig vom eingesetzten Impfpräparat zu beobachten. Nach Rücksprache mit Herstellern der Impfpräparate wird vermutet, dass die Ursache die nasskalte Witterung im Mai gewesen war. Kälte und Sauerstoffarmut im Boden und die sehr späte Wurzelbildung aufgrund der verzögerten Keimung haben möglicherweise zum Absterben der Rhizobien beigetragen.



Abbildung 4: Sojabohnenwurzeln mit (links) und ohne Knöllchen (rechts)

Der August war durch kühles und sehr niederschlagsreiches Wetter geprägt. Dadurch wurde die weitere Entwicklung der Sojabohnen erneut verzögert. Auch der September blieb unbeständig und kühl. Erst in der zweiten Monatshälfte stellte sich Spätsommerwetter ein, so dass die Abreife der Pflanzen dann doch noch voranschreiten konnte. Die Ernte erfolgte erst am 4. Oktober 2010 bei einer durchschnittlichen Kornfeuchte von 22 %. Im Gegensatz zu 2009 wurden im zweiten Versuchsjahr 2010 die Grenzen des Sojabohnenanbaus sehr deutlich.

Witterung und Sojabohnenentwicklung 2011

Der Mai 2011 war ausgesprochen warm und trocken. Durch die vorangegangene Trockenheit im April war der Boden zur Aussaat bereits erheblich ausgetrocknet. Um die Restfeuchte im Boden zu nutzen, wurde die Sojaaussaat unmittelbar nach dem Pflügen durchgeführt und die Saatgutablage erfolgte zudem tiefer auf rund 5 cm. Da trotz hoher Bodentemperaturen auch nach einer Woche noch keine Keimung zu beobachten war, wurde eine Beregnung mit rund 10 mm durchgeführt. Diese Maßnahme führte zu einem vergleichsweise zügigen und gleichmäßigen Aufgang. Der trockene Mai ermöglichte aber auch ideale Einsatzbedingungen für die mechanische Unkrautregulierung. Der Juni blieb warm und trocken, so dass weiterhin gute Bedingungen für die Krautregulierung vorlagen. Die Knöllchenbildung an den Wurzeln war ausgezeichnet. Der Juli und auch der August fielen gegenüber den beiden Vorjahren tendenziell kühler und unbeständiger aus. Der September war durch warmes und trockenes Wetter gekennzeichnet. Die Abreife der Sojabohnen schritt zügig voran, wodurch die sehr frühen Sorten bereits am 21. September gedroschen werden konnten. Die Ernte der restlichen Sorten erfolgte Ende September. Die Erträge lagen 2011 im Mittel bei erfreulichen 28 dt/ha. Einen maßgeblichen Einfluss dürfte die vergleichsweise ausgewogene Witterung in 2011 gehabt haben. Besonders die gleichmäßige Niederschlagsverteilung von Juni bis August und das überdurchschnittliche Wärmeangebot im Mai und Juni trugen zu diesem hervorragenden Ergebnis bei.

Witterung und Sojabohnenentwicklung 2012

Der Mai war anfänglich vergleichsweise kühl. Bis Mitte Mai traten vereinzelt leichte Bodenfröste auf, die aber keine Schäden verursachten. Die Niederschläge nahmen besonders Ende Mai zu. Der Aufgang der Sojabohnen war nach rund vierzehn Tagen ausgesprochen gleichmäßig. Der Juni blieb kühl, und häufiges Schauerwetter erschwerte die mechanische Unkrautregulierung. Durch die kühle Witterung blieben die Sojabohnen im Wuchs zurück. Erst die höheren Temperaturen im Juli verhalfen den Sojabohnen, den Wachstumsrückstand wieder aufzuholen. Die Knöllchenbildung zu Beginn der Blüte war ausgesprochen gut. Die sehr frühen Sorten konnten bereits am 19. September gedroschen werden. Die Ernte der restlichen Sorten erfolgte allerdings witterungsbedingt erst am 11. Oktober.

Krankheiten und Schädlinge

Krankheiten und Schädlinge spielten in allen Versuchsjahren keine nennenswerte Rolle. Gegen Vogelfraß kamen in jedem Jahr vorsorglich Vogelscheuchdrachen zum Einsatz. Ab dem Versuchsjahr 2011 wurden die Versuche direkt nach der Aussaat bis zum 1-Blattstadium zusätzlich mit einem Vogelschutznetz gesichert, da der Anflug von Tauben zunahm. Fraßschäden durch Hasen und Rehe traten nur vereinzelt in den Randbereichen der Versuche auf. Besondere Schutzmaßnahmen wurden aber nicht ergriffen.

5.3 Ergebnisse der Wachstumsbeobachtungen

An Wachstumsbeobachtungen sind in den Versuchen Massenbildung, Pflanzenlänge, die Höhe des untersten Hülsenansatzes zur Bodenoberfläche und die Reifeverzögerung des Strohs erfasst worden. Lager trat in allen vier Versuchsjahren bei keiner geprüften Sorte auf und ist nachfolgend nicht gesondert aufgeführt. Auch Krankheiten und Schädlinge spielten in den Versuchen keine wesentliche Rolle, so dass im Folgenden auch nicht näher darauf eingegangen wird.

Massenbildung

Die Massenbildung kann als Parameter für das Unkrautunterdrückungsvermögen einer Sorte herangezogen werden. Besonders unter ökologischen Anbaubedingungen sind Sorten mit einer überdurchschnittlichen Wüchsigkeit bzw. Massenbildung zu bevorzugen. Die Massenbildung der Sorten wurde an drei unterschiedlichen Entwicklungsstadien der Sojabohne bonitiert.

1. Bonitur: BBCH 12 (2-Blatt)
2. Bonitur: BBCH 15 (5-Blatt)
3. Bonitur: BBCH 55 (Beginn Blüte)

Bonitiert wurde die Massenbildung mit den Boniturnoten 1 – 9. Je größer die Note, umso besser ist die Massenbildung. Dargestellt werden nachfolgend die Mittelwerte der Versuchsjahre der Bonituren (Abbildung 5). Die Ergebnisse der einzelnen Jahre sind im Anhang aufgeführt.

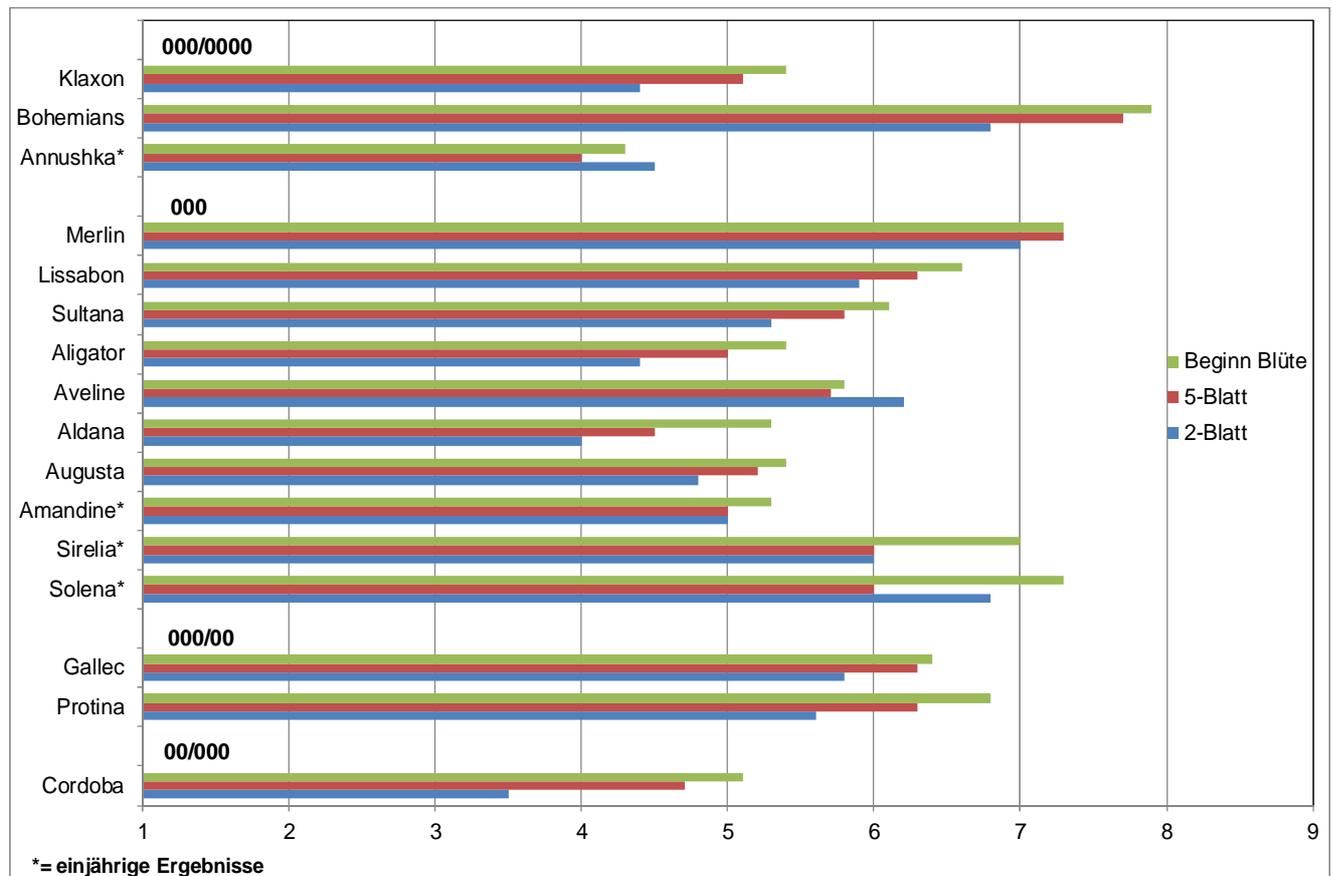


Abbildung 5: Massenbildung der Sojabohnensorten – Mittel der Versuchsjahre (Je größer die Boniturnote, umso besser die Massenbildung)

Die Sortenunterschiede bei der Massenbildung fielen in jedem Versuchsjahr sehr deutlich aus. Ein eindeutiger Trend zwischen den Reifegruppen konnte aber nicht festgestellt werden.

Bei der ersten Massenbildungsbonitur in der frühen Jugendentwicklung in BBCH 12 zeigte bei den mehrjährig geprüften Sorten deutlich die Sorte Merlin im Durchschnitt die zügigste Entwicklung. Die sehr frühe Sorte Bohemians war bei der Massenbildung ähnlich gut. Ein zügiges Wachstum konnte auch bei der Sorte Aveline festgestellt werden. Von den einjährig geprüften Sorten vermochte Solena auf Anhieb zu überzeugen. Hier gilt es aber weitere Ergebnisse abzuwarten. Eine vergleichsweise schwache Jugendentwicklung zeigten die Sorten Cordoba, Klaxon, Aligator, Annushka und Aldana.

Beim zweiten Boniturtermin in BBCH 15 zeigte die Sorte Bohemians mit Abstand die beste Massenbildung. Auch Merlin vermochte erneut zu überzeugen. Gegenüber der ersten Bonitur konnten sich die Sorten Gallec, Protina und Lissabon verbessern. Vergleichsweise schwach in der Massenbildung blieben Cordoba, Klaxon, Aligator, Amandine, Aldana, Augusta und Annushka.

Zur Abschlussbonitur zu Beginn der Blüte hielt Bohemians den deutlichen Abstand zum übrigen Sortiment bei. Auch die Sorte Merlin behauptete sich erneut. Auffällig ist, dass sich die Sorte Protina in der Massenbildung nochmals verbessern konnte. Ausschlaggebend war besonders ihr vergleichsweise großes Blattwerk. Auch Lissabon, Gallec und Sultana schnitten mit einer guten Massenbildung ab. Wiederum bei diesem letzten Boniturtermin enttäuschten Cordoba und Klaxon im Schnitt der drei Versuchsjahre mit einer schwachen Massenbildung. Von den zweijährig geprüften Sorten behielten Aligator, Aldana und Augusta die schwächere Massenbildung bei. Bei den einjährig geprüften Sorten verbesserte sich vor allem Solena und Sirelia. Die Sorte Annushka blieb auch bei dieser letzten Bonitur schwach im Wuchs.

Auffällig war zudem, dass die Sorten Annushka, Aldana und Augusta die Reihen bei 40 cm Abstand nicht vollständig schlossen.

Wie einzelne Sojabohnensorten bei der Massenbildung differenzierten, verdeutlicht Abbildung 6 im Versuchsjahr 2012. Das linke Bild zeigt die schnellwüchsige Sorte Bohemians. Rechts daneben steht die Sorte Annushka mit einem deutlich schwächeren Wuchs (jeweils die vier mittleren Reihen im Bild).



Abbildung 6: Unterschiedliche Massenbildung der Sojasorten Bohemians (linkes Bild) und Annushka (rechtes Bild) am 29.06.2012

Pflanzenlänge

Neben der Massenbildung kann auch die Pflanzenlänge als weiterer Parameter für das Unkrautunterdrückungsvermögen einer Sorte betrachtet werden. Wie bereits beschrieben, ist die Sojabohne vergleichsweise konkurrenzschwach gegenüber dem Unkraut. Langstrohige Sorten lassen ein besseres Unterdrückungsvermögen erwarten als kurze Sojabohnensorten. Im Ökolandbau sollte deshalb bei der Sortenwahl vorrangig auf langstrohigere Sorten gesetzt werden. Mehrjährig geprüfte Sorten mit überdurchschnittlicher Pflanzenlänge waren Protina, Gallec und Merlin. Von den zweijährig geprüften Sorten tendierte Aveline zu längerem Wuchs. Weitestgehend durchschnittliche Wuchslängen wiesen Sultana, und Aligator auf. Sorten mit einem kürzeren Wuchs waren Klaxon, Lissabon, Bohemians, Cordoba und vor allem Aldana, sowie Augusta. Von den erst einjährig geprüften Sorten zeigten Amandine, gefolgt von Sirelia und Solena einen tendenziell längeren Wuchs. Nur Annushka blieb knapp unter dem Versuchsmittel.

Tabelle 5: Pflanzenlänge 2009 - 2012

Reifegruppe	Pflanzenlänge (cm)			
Sorte	2009	2010	2011	2012
000/0000				
Klaxon	76	71	63	-
Bohemians	-	-	63	62
Annushka	-	-	-	62
000				
Merlin	86	86	74	68
Lissabon	-	73	70	59
Sultana	-	-	67	63
Aligator	-	-	67	61
Aveline	-	-	78	68
Aldana	-	-	61	48
Augusta	-	-	59	55
Amandine	-	-	-	74
Sirelia	-	-	-	69
Solena	-	-	-	67
000/00				
Gallec	92	75	81	77
Protina	94	77	80	76
00/000				
Cordoba	74	72	69	-
Mittel	84	76	69	65

Höhe des untersten Hülsenansatzes

Ein Manko bei Sojabohnen ist der vergleichsweise tief sitzende erste Hülsenansatz. In den Versuchen wurden nur tendenzielle Sortenunterschiede festgestellt (Tabelle 6). Allerdings schwankten die Einzelmesswerte je Parzelle und Wiederholung bei einigen Sorten erheblich. Dadurch ist die Aussagekraft der Ergebnisse nur eingeschränkt. Beim Großteil der Sorten sitzen die ersten Hülsen rund 10 cm über der Bodenoberfläche. Bei einem Ansatz unter 10 cm wird es technisch zunehmend schwierig, die untersten Hülsen vollständig mit dem Schneidwerk des Mähdreschers zu erfassen. Die Gefahr ist dann groß, dass Steine bzw. Boden vom Schneidwerk erfasst werden. Sorten die in unseren Versuchen zumindest tendenziell einen niedrigeren Hülsenansatz unter 10 cm zeigten waren Klaxon, Cordoba, Aldana und Augusta.

Tabelle 6: Höhe des untersten Hülsenansatzes 2009 - 2012

Reifegruppe	Höhe unterster Hülsenansatz (cm)			
	2009	2010	2011	2012
000/0000				
Klaxon	7	6	7	-
Bohemians	-	-	8	10
Annushka	-	-	-	10
000				
Merlin	10	12	10	10
Lissabon	-	9	9	12
Sultana	-	-	9	10
Aligator	-	-	9	9
Aveline	-	-	10	10
Aldana	-	-	7	8
Augusta	-	-	6	10
Amandine	-	-	-	11
Sirelia	-	-	-	10
Solena	-	-	-	10
000/00				
Gallec	12	10	10	11
Protina	10	10	9	10
00/000				
Cordoba	11	8	8	-
Mittel	10	9	9	10

In der Annahme, dass, wie in Abbildung 7 von jeder zweiten Sojapflanze die unterste Hülse mit 3 Bohnen vom Mähdrescher nicht erfasst werden, muss mit Ernteverlusten von etwa 1,5 bis 2 dt/ha, bei einer Bestandesdichte von 60 Pflanzen/m², gerechnet werden.



Abbildung 7: Unterster Hülseansatz (Bild links) und vom Schneidwerk nicht erfasste Hülsen nach der Ernte (Bild rechts)

Züchterisch haben sich hinsichtlich der Höhe des ersten Hülseansatzes bei Sojabohnen noch keine deutlichen Verbesserungen bei den Sorten ergeben. Offensichtlich steht dieser Parameter auch nicht besonders weit oben auf der Prioritätenliste der Züchterhäuser.

Zumindest stehen technische Alternativen bei der Schneidwerkstechnik zur Verfügung. Diverse Mähdrescher- und Schneidwerkshersteller bieten beispielsweise Schneidwerke oder Schneidwerksvorsätze mit einem flexiblen Schneidtablett oder Messerbalken an. So soll vor allem eine flexiblere Boden Anpassung gewährleistet werden. Die folgenden Abbildungen zeigen beispielhaft einen flexiblen Messerbalken der Firma Claas, der bis zu 180 mm flexibel sein soll (Abbildung 8). Die Firma Biso bietet einen flexiblen Schneidtablettvorsatz, der ebenfalls eine bessere bzw. flachere Boden Anpassung gewährleisten soll (Abbildung 9).



Abbildung 8: Flexibler Messerbalken (Maxflex) der Firma Claas

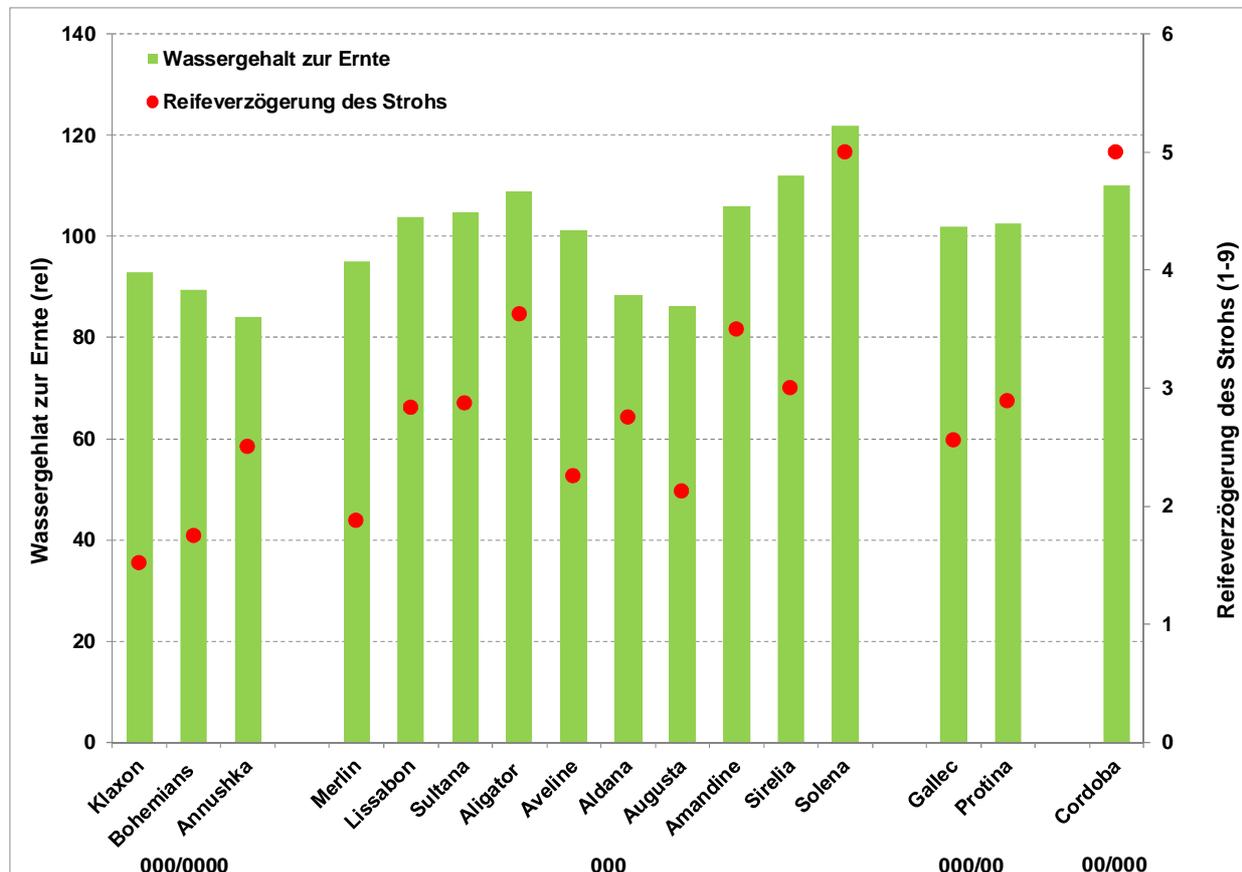


Werkbild: Biso

Abbildung 9: Flexibler Schneidtablettvorsatz (Soja Flex) der Firma Biso

Reifeverzögerung des Strohs und Erntefeuchte

Das Abreifeverhalten der Sojabohnensorten wurde mit der Bonitur „Reifeverzögerung des Strohs“ und dem Wassergehalt im Korn zur Ernte beurteilt. Die Abreifebonituren und die Wassergehalte in Erntegut sind in den Tabellen 7 und 8 aufgeführt. Da zwischen beiden Parametern Zusammenhänge zu erkennen waren, sind die Mittelwerte der Versuchsjahre beider Parameter in der folgenden Abbildung 10 aufgeführt.



**Abbildung 10: Abreifeverzögerung des Strohs und Wassergehalt zur Ernte
Mittel der Versuchsjahre 2009 bis 2012**

Eine auffällig gute und zügige Abreife zeigten die sehr frühen 000/0000-Sorten Klaxon, Bohemians und Annushka. Bei den frühen 000-Sorten fielen Aldana und Augusta mit sehr geringen Wassergehalten im Korn auf, und auch das Stroh war bereits weit abgereift. Beide Sorten würden deshalb besser in die sehr frühe 000/0000-Reifegruppe passen. Die Sorten Bohemians, Aldana und Augusta konnten in beiden geprüften Versuchsjahren rund 10 Tage früher als das übrige Sortiment geerntet werden. Auch die einjährig geprüfte Sorte Annushka war ebenfalls bereits so zeitig erntereif.

Eine sehr sichere Abreife mit geringen Wassergehalten im Korn zeigte im frühen 000-Segment auch die Sorte Merlin. Ein ausgewogenes Abreifeverhalten wurde bei den Sorten Sultana, Lissabon, Gallec, Aveline und Protina festgestellt. Aligator, Amandine und Sirelia neigten dagegen zu einer verzögerten Abreife mit leicht erhöhten Wassergehalten im Korn. Eine ausgesprochen unsichere Abreife wurde bei den Sorten Cordoba und Solena festgestellt.

Unterschiede in der Abreife zwischen Sojabohnensorten zeigt beispielhaft Abbildung 12.

Tabelle 7: Reifeverzögerung Stroh 2009 – 2012

Reifegruppe Sorte	Reifeverzögerung Stroh (1-9)*			
	2009	2010	2011	2012
000/0000				
Klaxon	1,3	2,0	1,3	-
Bohemians	-	-	1,5	2,0
Annushka	-	-	-	2,5
000				
Merlin	1,5	2,5	1,5	2,0
Lissabon	-	3,0	2,5	3,0
Sultana	-	-	2,3	3,5
Aligator	-	-	3,3	4,0
Aveline	-	-	2,3	2,3
Aldana	-	-	2,0	3,5
Augusta	-	-	1,5	2,8
Amandine	-	-	-	3,5
Sirelia	-	-	-	3,0
Solena	-	-	-	5,0
000/00				
Gallec	3,0	2,8	2,0	2,5
Protina	3,3	3,5	2,8	2,0
00/000				
Cordoba	4,8	6,3	4,0	-
Mittel	2,8	3,3	2,2	3,0

*je höher die Boniturnote, desto höher die Reifeverzögerung

Tabelle 8: Wassergehalt zur Ernte 2009 – 2012

Sorte	Wassergehalt zur Ernte (%)			
	2009	2010	2011	2012
000/0000				
Klaxon	15,0	28,0	14,7	-
Bohemians	-	-	16,0	16,4
Annushka	-	-	-	17,8
000				
Merlin	14,6	28,3	14,4	22,2
Lissabon	-	28,7	16,5	22,8
Sultana	-	-	16,4	22,4
Aligator	-	-	16,5	24,0
Aveline	-	-	15,3	22,3
Aldana	-	-	15,6	16,5
Augusta	-	-	15,3	16,0
Amandine	-	-	-	22,6
Sirelia	-	-	-	23,7
Solena	-	-	-	26,0
000/00				
Gallec	18,2	29,5	15,2	21,6
Protina	16,8	28,7	16,4	23,0
00/000				
Cordoba	20,5	29,7	16,8	-
Mittel	17,0	28,8	15,8	21,2



Abbildung 11: Einsetzende Abreife bei Sojabohnen



Abbildung 12: Das Abreifeverhalten von Sojasorten ist ein wichtiges Auswahlkriterium

5.4 Ergebnisse der Erträge und Qualitäten

Erträge

Die durchschnittlichen Erträge der vierjährigen Versuche zeigten deutliche Schwankungen (Tabelle 9). Gute Erträge wurden 2009 mit rund 20 dt/ha und 2011 mit sogar 28 dt/ha im Versuchsmittel erzielt. Dagegen konnte das Jahr 2010 mit 12 dt/ha nicht zufriedenstellen. Nasskalte Witterung in der Jugendentwicklung und eine unzureichende Wirkung der Rhizobienimpfung waren die Ursache (s. Kapitel 5.2). Im Jahr 2012 sind im Versuchsschnitt rund 15 dt/ha eingefahren worden. Bleiben die auffällig ertragsschwachen, früher geernteten Sorten Bohemians, Aldana, Augusta und Annushka unberücksichtigt, so liegt der Ertrag im Durchschnitt bei immerhin noch zufriedenstellenden 19 dt/ha.

Tabelle 9: Erträge 2009 bis 2012

Reifegruppe Sorte	Ertrag 86 % TM (relativ)				rel. Mittel der Versuche***
	2009	2010	2011	2012	
000/0000					
Klaxon	83	71	80	-	78
Bohemians**	-	-	62	79	71
Annushka**	-	-	-	40	(40)
000					
Merlin*	107	122	104	97	108
Lissabon	-	97	95	89	94
Sultana	-	-	91	91	91
Aligator	-	-	99	80	90
Aveline	-	-	89	69	79
Aldana**	-	-	54	42	48
Augusta**	-	-	37	69	53
Amandine	-	-	-	99	(99)
Sirelia	-	-	-	87	(87)
Solena	-	-	-	72	(72)
000/00					
Gallec*	95	85	104	115	100
Protina*	99	93	93	88	93
00/000					
Cordoba	70	78	92	-	80
Versuchsmittel	20,0	11,5	27,8	15,2	
Standardmittel	22,1	12,6	32,5	19,1	
GD 5% (relativ)	15,2	19,6	8,9	15,0	
*Sorten des Standardmittels ***()= einjährige Ergebnisse					
**Ernte dieser Sorten am 21.09.2011. Die übrigen Sorten am 29.09.2011					
**Ernte dieser Sorten am 19.09.2012. Die übrigen Sorten am 11.10.2012					

Bei den mehrjährig geprüften Sorten überzeugte Merlin in fast allen Versuchsjahren mit überdurchschnittlichen Erträgen. Nur in 2012 rutschte der Ertrag knapp unter das Standardmittel. Die Sorte Gallec schwankte demgegenüber etwas stärker bei den Erträgen. Besonders in 2010 fiel er deutlich ab. In 2011 und 2012 konnten sich Gallec dagegen an der Ertragsspitze behaupten. Protina erreichte in den Jahren 2009 bis 2011 stets das Ertragsmittelfeld. Dagegen brach der Ertrag im Jahr 2012 überraschend deutlich ein. Die Sorte Lissabon erreichte 2010 und 2011 fast das Versuchsmittel. Allerdings konnte sie in 2012 dies nicht wiederholen und rutschte deutlich im Ertrag ab. Die spätreifere Sorte Cordoba und die sehr frühreife Sorte Klaxon wurden bis 2011 dreijährig geprüft. Beide vermochten bei den Erträgen allerdings nicht zu überzeugen.

Bei den zweijährig geprüften Sorten zeigte Sultana in beiden Jahren Ertragskontinuität, allerdings auf leicht unterdurchschnittlichem Niveau. Die Sorte Aligator vermochte das vergleichsweise gute Vorjahresergebnis von 2011 nicht zu wiederholen und rutschte 2012 im Ertrag deutlich ab. Die Sorte Aveline drosch im Vorjahr bereits unterdurchschnittlich und fiel in 2012 noch weiter im Ertrag ab. Die Sorten Bohemians, Aldana, Augusta und Annushka fielen, wie schon erwähnt, durch eine besonders frühe Abreife auf und konnten tatsächlich auch rund 10 Tage früher als das übrige Sortiment gedroschen werden. Allerdings korreliert offensichtlich die frühe Abreife negativ mit dem Ertrag. Alle Sorten fielen darin erheblich ab.

Von den Neuzugängen erreichte Amandine auf Anhieb einen guten Ertrag, der nah am Versuchsmittel lag. Sirelia und Solena droschen dagegen weit unterdurchschnittlich. Solena war zum Zeitpunkt der vergleichsweise späten Ernte 2012 immer noch nicht vollständig abgereift. Aufgrund der einjährigen Ergebnisse sollten bei diesen Sorten weitere Versuche abgewartet werden.

Tausendkorngewicht

Abgesehen vom Ausnahmejahr 2010 bewegte sich das durchschnittliche Tausendkorngewicht (TKG) in den Jahren 2009, 2011 und 2012 bei rund 200 g (Tabelle 10).

Zu unterdurchschnittlichem Tausendkorngewicht neigten die Sorten Klaxon, Protina und Augusta. Ein durchschnittliches TKG wiesen die Sorten Merlin, Gallec, Lissabon und Amandine auf. Überdurchschnittlich waren die Sorten Aligator, Cordoba, Sultana, Aveline und Bohemians. Bei den einjährig geprüften Sorten wiesen Sirelia, Solena und Amandine ein überdurchschnittliches TKG auf, Annushka schnitt dagegen weit unterdurchschnittlich ab.

Tabelle 10: Tausendkorngewichte 2009 bis 2012

Reifegruppe	Tausendkorngewicht (g)			
	2009	2010	2011	2012
000/0000				
Klaxon	189	134	192	-
Bohemians	-	-	244	202
Annushka	-	-	-	101
000				
Merlin	243	139	200	206
Lissabon	-	129	224	196
Sultana	-	-	226	233
Aligator	-	-	243	242
Aveline	-	-	228	226
Aldana	-	-	234	139
Augusta	-	-	153	105
Amandine	-	-	-	205
Sirelia	-	-	-	225
Solena	-	-	-	221
000/00				
Gallec	198	155	214	235
Protina	208	128	205	189
00/000				
Cordoba	222	183	250	-
Mittel	212	145	218	195

Rohproteingehalte

Hohe Rohproteingehalte werden sowohl in der Fütterung als auch in der Lebensmittelverarbeitung angestrebt. Soja-Verarbeiter im Konsumbereich fordern in der Regel einen Mindest-Rohproteingehalt von 40 % (Tofuherstellung). Bei höheren Gehalten werden Zuschläge gewährt.

In fast allen Versuchsjahren wurden Rohproteingehalte von teilweise über 40 % im Versuchsmittel erreicht. Nur in 2010 fielen die Rohproteingehalte aufgrund der mangelhaften Knöllchenbildung deutlich ab.

Als absoluter Spitzenreiter trat in allen vier Jahren die Sorte Protina hervor. Sie lag stets um fast 5 Prozentpunkte über dem Versuchsdurchschnitt. Mehrjährig geprüfte Sorten, die ebenfalls zu höheren Rohproteingehalten tendierten waren Sultana, Klaxon, Gallec und Aligator. Vorwiegend unterdurchschnittliche Rohproteingehalte erzielten dagegen Merlin, Lissabon, Aldana, Augusta und Cordoba. Die Rohproteingehalte der erstmalig geprüften Sorte Solena, aber auch von Sirelia und Amandine fielen auf Anhieb erfreulich aus. Nur Annushka enttäuschte. Weitere Ergebnisse gilt es aber abzuwarten.

Tabelle 11: Rohproteingehalte 2009 bis 2012

Reifegruppe	Rohprotein % in TM			
	2009	2010	2011	2012
000/0000				
Klaxon	43,5	31,9	42,8	-
Bohemians	-	-	41,8	41,6
Annushka	-	-	-	34,4
000				
Merlin	40,9	27,0	42,9	38,7
Lissabon	-	28,1	42,8	39,4
Sultana	-	-	44,9	42,6
Aligator	-	-	44,4	41,3
Aveline	-	-	44,3	38,4
Aldana	-	-	42,3	37,3
Augusta	-	-	40,7	35,0
Amandine	-	-	-	41,3
Sirelia	-	-	-	41,0
Solena	-	-	-	43,5
000/00				
Gallec	43,4	32,5	41,2	42,6
Protina	48,6	35,8	49,6	44,7
00/000				
Cordoba	40,1	28,1	40,3	-
Mittel	43,3	30,6	43,2	40,1

Rohproteinträge

Die höchsten Rohproteinträge erreichten in allen vier Versuchsjahren mit teilweise deutlichen Abstand zum übrigen Sortiment die Sorten Protina, Merlin und Gallec. Auch die zwei- bzw. dreijährig geprüften Sorten Sultana, Aligator und Lissabon vermochten mit überdurchschnittlichen Rohproteinträgen zu überzeugen.

Tabelle 12: Rohproteinträge 2009 bis 2012

Reifegruppe	Rohproteintrag dt/ha			
	2009	2010	2011	2012
000/0000				
Klaxon	8,0	3,0	11,1	-
Bohemians	-	-	10,7	6,3
Annushka	-	-	-	2,6
000				
Merlin	9,7	4,2	14,5	7,2
Lissabon	-	3,4	13,2	6,7
Sultana	-	-	13,3	7,4
Aligator	-	-	14,3	6,3
Aveline	-	-	12,8	5,1
Aldana	-	-	5,8	3,0
Augusta	-	-	9,1	4,6
Amandine	-	-	-	7,8
Sirelia	-	-	-	6,8
Solena	-	-	-	6,0
000/00				
Gallec	9,1	3,5	13,9	9,4
Protina	10,6	4,2	15,0	7,5
00/000				
Cordoba	6,2	2,9	12,1	-
Mittel	8,7	3,5	12,2	6,2

Ölgehalte

Der Ölgehalt spielt bei der Wertbestimmung eine eher untergeordnete Rolle. Erstaunlich ist, dass der Ölgehalt entgegen der über die Jahre stark schwankenden Erträge sich auf weitgehend ähnlichem Niveau bewegte.

Die mehrjährig geprüften Sorten Gallec, Cordoba, Klaxon und Lissabon lagen mit Werten die um den Mittelwert schwankten, vergleichsweise eng zusammen. Merlin erreichte stets überdurchschnittliche Ölgehalte. Die Sorte Protina dagegen fiel in allen vier Versuchsjahren mit den niedrigsten Ölgehalten auf, die im Schnitt um etwa 2 bis 3 Prozentpunkte unter dem Versuchsmittel lagen.

Bei den zweijährig geprüften Sorten Sultana und Aligator bewegten sich die Ölgehalte auf leicht unterdurchschnittlichem Niveau. Aldana, Aveline und Augusta tendierten im Gegensatz dazu zu überdurchschnittlichen Ölgehalten, wobei die Werte der beiden letzteren Sorten deutlicheren Schwankungen unterworfen waren.

Die erst einjährig geprüften Sorten Amandine, Sirelia und Solena erzielten unterdurchschnittliche Werte. Bei Annushka fielen sie dagegen auf anheb ausgesprochen hoch aus.

Tabelle 13: Ölgehalte 2009 bis 2012

Reifegruppe	Ölgehalt % in TM			
	2009	2010	2011	2012
Sorte				
000/0000				
Klaxon	19,3	16,8	18,4	-
Bohemians	-	-	17,4	15,8
Annushka	-	-	-	18,8
000				
Merlin	20,6	20,2	19,0	16,7
Lissabon	-	17,8	18,3	16,3
Sultana	-	-	16,5	15,4
Aligator	-	-	16,7	15,8
Aveline	-	-	15,9	18,1
Aldana	-	-	17,8	18,1
Augusta	-	-	17,4	19,1
Amandine	-	-	-	16,0
Sirelia	-	-	-	15,7
Solena	-	-	-	15,3
000/00				
Gallec	19,4	17,5	18,4	14,9
Protina	16,3	15,2	14,0	14,3
00/000				
Cordoba	20,2	17,9	17,8	-
Mittel	19,2	17,6	17,3	16,5

5.5 Zusammenfassung der Sortenversuchsergebnisse

Für die Sortenauswahl in der Praxis werden nachfolgend die Leistungen sowie die pflanzenbaulichen Eigenschaften der geprüften Sorten zusammenfassend beschrieben (Tabelle 14).

Tabelle 14: Einstufung – Erträge, Qualitäten und wichtige Merkmale

Sorte	Ertrag	TKG	Rohprotein- gehalt	Ölgehalt	Massen- bildung	Pflanzen- länge	Abstand Hülsen	Abreife
000/0000								
Klaxon	-	-	+	o	-	-	-	++
Bohemians	-	+	o	o	++	-	o	++
Annushka*	--	--	--	+	--	-	o	++
000								
Merlin	++	o	-	+	++	+	+	++
Lissabon	o	o	-	o	+	-	o	o
Sultana	o	+	+	-	o	-	o	o
Aligator	o	+	o	-	-	-	o	-
Aveline	-	+	o	o	o	+	o	+
Aldana	--	o	-	+	-	--	-	++
Augusta	--	--	-	+	-	--	o	++
Amandine*	o	o	o	-	-	+	o	-
Sirelia*	-	+	o	-	+	+	o	-
Solena*	-	+	+	-	+	+	o	--
000/00								
Gallec	+	o	o	o	+	++	+	+
Protina	o	-	++	--	+	++	o	o
00/000								
Cordoba	--	+	-	+	-	-	-	-
*Einjährige Ergebnisse - Vorläufige Einstufung + = überdurchschnittlich o = durchschnittlich - = unterdurchschnittlich ++ = weit überdurchschnittlich -- = weit unterdurchschnittlich								

Drei- und vierjährig geprüfte Sorten

Merlin

In unseren vierjährigen Sortenversuchen hat sich besonders die Sorte Merlin bewährt. Sie zeigte in allen Versuchsjahren einen zügigen Aufgang und eine überdurchschnittliche Wüchsigkeit in der Jugendentwicklung. Daraus resultiert eine vergleichsweise gute Konkurrenzkraft gegenüber dem Kraut. Besonders im nasskalten Frühjahr 2010 konnte sie das unter Beweis stellen. Merlin reifte stets sicher ab. In fast allen Versuchsjahren erwies sie sich auch als ertragsstärkste Sorte. Aufgrund ihrer ausgesprochen guten Kältetoleranz, der ausgeprägten Massenbildung, der zügigen Abreife und der Ertragsstabilität ist die Sorte Merlin ohne Zweifel für niedersächsische Anbaubedingungen die erste Wahl.

Gallec

Eine vergleichbar gute Jugendentwicklung und Kältetoleranz wie Merlin wies auch Galllec auf. Auch das Abreifeverhalten ist dem von Merlin ähnlich. Beim Ertrag zeigte Galllec allerdings stärkere Schwankungen. Im Jahr 2012 fuhr sie sogar den besten Ertrag ein. Aufgrund der überwiegend positiven Eigenschaften kommt auch Galllec für den Anbau in Frage.

Protina

Die Sorte Protina zeigte eine durchschnittliche Wüchsigkeit während der Jugendentwicklung. Zu überzeugen vermochte sie allerdings im weiteren Wachstumsverlauf mit ihrem großen und dichten Blattwerk. Sie reifte nur tendenziell später als Merlin und Gallec ab. Die Erträge waren überwiegend ausgewogen. Zudem überzeugte sie mit sehr hohen Rohprotein- und den niedrigsten Ölgehalten im Sortiment. Damit besitzt sie hervorragende Futtereigenschaften, dürfte aber möglicherweise auch für den Konsumanbau geeignet sein. Auch Protina kann in die engere Wahl genommen werden.

Klaxon

Positiv hervorzuheben ist die frühe und sichere Abreife von Klaxon. In allen drei Versuchsjahren stellte sie dies unter Beweis. Wenig überzeugend waren dagegen die Erträge. In der Wüchsigkeit vor allem in der Jugendentwicklung blieb Klaxon ebenfalls unterdurchschnittlich. Entsprechend wenig hatte sie auch den Unkräutern entgegenzusetzen. Tendenziell neigte sie auch zu einem niedrigeren ersten Hülsenansatz. Für den Anbau ist sie nicht erste Wahl.

Lissabon

Die Sorte Lissabon ist bei den Parametern Wüchsigkeit und Abreife ausgewogen, in der Pflanzenlänge jedoch tendenziell kürzer im Wuchs. Mit Ausnahme des letzten Versuchsjahres 2012 fuhr sie gute Erträge ein. Insgesamt ist Lissabon eine ausgewogene Sorte, die auch für den Anbau gewählt werden kann.

Cordoba

Das Schlusslicht in vielerlei Hinsicht bildete in den drei Versuchsjahren Cordoba. Sie litt erheblich unter den nasskalten Witterungsbedingungen im Mai 2010. Aufgrund der unterdurchschnittlichen Wüchsigkeit und dem kürzeren Wuchs war die Konkurrenzskraft gegenüber Unkräutern unbefriedigend. Cordoba war mit Abstand die spätreifste Sorte im Sortiment und vermochte auch im Ertrag keineswegs zu überzeugen. Sie dürfte deshalb zumindest unter den niedersächsischen Klimabedingungen für den Anbau nicht in Frage kommen.

Zweijährig geprüfte Sorten

Sultana

Die Sorte Sultana zeigte in beiden Jahren Ertragskontinuität, allerdings auf leicht unterdurchschnittlichem Niveau. Die Rohproteingehalte lagen über dem Versuchsmittel. Die ausgewogene Wüchsigkeit und Abreife gibt keinen Anlass zur Kritik. Über einen Probeanbau kann nachgedacht werden.

Aligator

Die Sorte Aligator zeigte in den Versuchen schwankende Erträge. Ein Manko ist zudem die langsame Jugendentwicklung, was eine schwache Konkurrenzkraft gegenüber dem Kraut erwarten lässt. Das Abreifeverhalten ist noch akzeptabel.

Aveline

Die **Sorte Aveline** drosch im ersten Jahr bereits unterdurchschnittlich und fiel im zweiten Jahr noch weiter im Ertrag ab. Die pflanzenbaulichen Eigenschaften bewegen sich überwiegend auf durchschnittlichem Niveau.

Bohemians, Aldana und Augusta

Die Sorten Bohemians, Aldana und Augusta fielen in beiden Versuchsjahren durch eine besonders frühe Abreife und Ernte auf. Allerdings droschen sie teilweise weit unterdurchschnittlich. In beiden Jahren machte die Sorte Bohemians mit einer ausgesprochen zügigen Jugendentwicklung und Massenbildung auf sich aufmerksam. Aldana und Augusta zeigten sich dagegen schwächer in der Massenbildung. Alle drei Sorten sind vergleichsweise kurz im Wuchs und haben tendenziell auch einen kürzeren Abstand des ersten Hülsenansatzes zur Bodenoberfläche. Ein gesteigertes Interesse für einen Anbau dürfte bei diesen Sorten trotz der Frühreife kaum gegeben sein.

Einjährig geprüfte Sorten

Amandine, Sirelia und Solena

Bei den Neuzugängen erreichte **Amandine** auf Anhieb noch einen guten Ertrag auf Höhe des Versuchsmittels. **Sirelia** erbrachte zwar einen unterdurchschnittlichen Ertrag, überzeugte aber mit einer auffällig guten Wüchsigkeit. **Solena** zeigte ebenfalls eine gute Massenbildung, drosch aber weit unterdurchschnittlich und war zum Zeitpunkt der vergleichsweise späten Ernte immer noch nicht vollständig abgereift. Aufgrund der einjährigen Ergebnisse sollten bei diesen Sorten noch weitere Versuchsergebnisse abgewartet werden.

6. Unkrautregulierungsversuch

Die Anbaubedeutung der Sojabohne ist im Ökolandbau noch vergleichsweise gering. Als Grund wird häufig seitens der Praxis unter anderem die aufwendige Unkrautregulierung genannt. Die Sojabohne ist besonders während der Jugendentwicklung konkurrenzschwach. Der Anbauerfolg hängt deshalb nicht unerheblich vom Gelingen der Unkrautregulierung ab. Neben Berücksichtigung von beispielsweise Fruchtfolge, Standort- und Sortenwahl gilt es, die mechanischen Regulierungsmaßnahmen gezielt einzusetzen. Unbeständige Witterung aber auch Arbeitsspitzen können allerdings schnell eine termingerechte Maßnahme verhindern.

Versuche zur mechanischen Regulierung in Sojabohnen lagen bislang kaum vor. Das gilt insbesondere für das Striegeln und den Einsatz von Zusatzwerkzeugen an der Scharhacke, die innerhalb der Kulturreihe arbeiten.

Gründe genug, sich mit dem wichtigen Thema der Unkrautregulierung in Sojabohnen zu beschäftigen. Mit finanzieller Unterstützung des Niedersächsischen Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung konnte von 2009 bis 2011 ein dreijähriger Unkrautregulierungsversuch durchgeführt werden.

6.1 Versuchsbeschreibung

Auch dieser Versuch ist auf dem im Kapitel 4 beschriebenen sandigen Standort in Ehra-Lessien durchgeführt worden. Insgesamt wurden 5 Varianten geprüft (Tabelle 15). Diese teilten sich auf in zwei reihenunabhängige Verfahren (Var. 1 und 2) und drei reihenabhängige Verfahren (Var. 3, 4 und 5).

Tabelle 15: Varianten des Unkrautregulierungsversuchs in Sojabohnen

Nr.	Variante	Reihenabstand
	Reihenunabhängig	
1	Sternrollhacke - Rotary Hoe (System Yetter)*	12,5 cm
2	Zinkenstriegel (Hatzenbichler)	12,5 cm
	Reihenabhängig	
3	Scharhacke + Fingerhacke (K.U.L.T. – Kress)	40 cm
4	Scharhacke + Torsionshacke (Frato)	40 cm
5	Scharhacke + Flachhäufler (K.U.L.T. – Kress)	40 cm
*Die Sternrollhacke kam nur zweijährig (2010 und 2011) zum Einsatz Bodenart: Sand; Ackerzahl: 18; Sorte: Merlin; Aussaatstärke: 70 Kö./qm; Saattiefe: 3 - 4 cm; Anlage: 4-fache Wiederholung der Varianten; Parzellengröße: 1,50 m x 24 m		

Bei den reihenunabhängigen Regulierungsverfahren wurden die Sojabohnen als Drillsaat mit 12,5 cm Reihenabstand ausgesät. In der Variante 1 kam ausschließlich die Sternrollhacke (Rotary Hoe) zum Einsatz. Dieses Gerät stand aber erst ab dem 2. Versuchsjahr zur Verfügung, so dass nur zweijährige Ergebnisse vorliegen.

In der Variante 2 kam ausschließlich der Zinkenstriegel zum Einsatz. Um einen direkten Vergleich zu gewährleisten, wurden beide reihenunabhängigen Geräte stets zum gleichen Termin eingesetzt.

Bei den reihenabhängigen Regulierungsverfahren erfolgte die Aussaat der Sojabohnen mit einem Reihenabstand von 40 cm. Hier kamen drei verschiedene Werkzeuge zum Einsatz, die die Unkräuter auch innerhalb der Pflanzenreihe regulieren können. Geprüft wurden Fingerhacke, Torsionshacke und Flachhäufler. Diese Werkzeuge kamen stets in Kombination mit einer Scharhacke zum Einsatz. Um die drei Werkzeuge miteinander vergleichen zu können, wurden sie stets zum gleichen Termin eingesetzt. Der erste Einsatz erfolgte in der Regel ab dem 2-Blattstadium der Sojabohne (BBCH 12). Vor diesem Stadium erfolgte in allen drei Varianten eine einheitliche Unkrautregulierung mit Striegel und Scharhacke ohne den oben genannten Zusatzaggregaten. Der Regulierungserfolg und die Kulturpflanzenverluste dieser Einsätze wurde nicht ermittelt.

Eine detailliertere Beschreibung der eingesetzten Regulierungstechnik ist in Kapitel 6.2 aufgeführt.

Versuchsdurchführung und Bonituren

Folgende Parameter wurden in den 5 Versuchsvarianten bonitiert bzw. ermittelt:

- Unkrautregulierungserfolg je Arbeitsgang
- Kulturpflanzenverluste je Arbeitsgang
- Ertrag, Rohprotein- und Ölgehalt

Die Länge der Versuchspartellen betrug 24 m, um die erforderliche Arbeitsgeschwindigkeit und eine effektive Arbeit der Werkzeuge sicherzustellen.

Für die Bonitur des Unkrautregulierungserfolges und der Kulturpflanzenverluste wurden feste Boniturstellen im mittleren Bereich der Partellen angelegt.

Zur Zählung der Unkräuter ist der „Göttinger Zählrahmen“ (30 x 30 cm) verwendet worden. Die Kulturpflanzenverluste wurden am laufenden Meter gezählt.

Die Bonituren des Regulierungserfolges in den Varianten 3, 4 und 5 bezogen sich auf einen festgelegten Bereich (12 cm breiter Bereich) innerhalb der Sojapflanzenreihen, der von den Gänsefußscharen nicht erfasst wurde.

Vor jedem Einsatztermin wurden die Geräte/Werkzeuge in gesondert angelegten Partellen eingestellt und Testläufe unterzogen.

Eine Bereinigung der Restverkräutung von Hand wurde in allen Versuchsjahren konsequent vermieden, um möglichst praxisnahe Bedingungen abzubilden.

Die Ertragsermittlungen erfolgten mit einem Partellenmähdrescher.

6.2 Beschreibung der eingesetzten Regulierungstechnik

Abbildung 13: Zinkenstriegel

Hersteller: Hatzenbichler

Zinkenstärke: 6 mm

Arbeitsweise: Reihenunabhängig

Hauptwirkung: Verschütten

Beschreibung:

Die direkt gefederten Zinken streichen durch den Boden. Die Unkräuter werden überwiegend verschüttet.



Abbildung 14: Sternrollhacke (Rotary Hoe)

Hersteller: (System Yetter)

Arbeitsweise: Reihenunabhängig

Hauptwirkung: Entwurzeln/Verschütten

Beschreibung:

Durch die abrollenden und federnd aufgehängten Sternräder mit löffelartigen Spitzen, die in den Boden einstecken, hat die Sternrollhacke eine krustenbrechende und lockernde Wirkung.

Junge Unkräuter werden entwurzelt oder verschüttet. Die Sternrollhacke wurde im Versuch bei den frühen Arbeitsgängen ab Aufgang bis einschließlich zum Einblattstadium (BBCH 11) der Sojabohnen mit einer einmaligen Überfahrt eingesetzt. Ab dem Zweiblattstadium (BBCH 12) kam sie in doppelter Überfahrt je Arbeitsgang in entgegengesetzter Richtung zum Einsatz. Hintergrund ist die Arbeitsweise der Sternrollhacke. Laut Vertrieb ist sie vorrangig zum Brechen von Bodenkrusten konzipiert. Optimal



arbeitet sie deshalb auf lehmigen Böden, da größere zusammenhängende Bodenbestandteile gelöst werden und so der Boden größtenteils auch vollständig bearbeitet wird. Aufgrund der lockeren Struktur auf Sandböden bleiben zwangsläufig Bereiche der Bodenoberfläche unbearbeitet. Durch eine doppelte Überfahrt sollte eine möglichst vollständige Bearbeitung der Bodenoberfläche erreicht werden.

Abbildung 15: Fingerhacke

Hersteller: K.U.L.T. (Kress)

Arbeitsweise: Reihenabhängig

Hauptwirkung: Entwurzeln/Verschütten

Beschreibung:

Sie wird als Zusatzwerkzeug an die Scharhacke montiert. Angetrieben über den Boden, arbeitet jeweils eine mit flexiblen Gummifingern bestückte, drehbare Metallscheibe von beiden Seiten in die Pflanzenreihe hinein. Der Abstand der beiden Fingerscheiben zueinander und die Höhe ist verstellbar.



Abbildung 16: Torsionshacke

Hersteller: Frato

Arbeitsweise: Reihenabhängig

Hauptwirkung: Entwurzeln/Verschütten

Beschreibung:

Zu beiden Seiten der Pflanzenreihe arbeitet jeweils ein gefederter, am Ende leicht gekröpfter Zinken mit 7 mm Zinkenstärke. Beide Zinken greifen von rechts und links in die Pflanzenreihe ein und arbeiten vibrierend in einem flachen Anstellwinkel in einer Tiefe von etwa 2 cm. Die Neigung und der Abstand zur Kulturpflanze sind verstellbar.



Abbildung 17: Flachhäufler

Hersteller: K.U.L.T. (Kress)

Arbeitsweise: Reihenabhängig

Hauptwirkung: Verschütten/Häufeln

Beschreibung:

Montiert am Stiel des hinteren Hack-schares schieben sie den gelockerten Boden zur Kulturpflanzenreihe. Die Unkräuter werden verschüttet.



6.3 Beschreibung der Versuchsjahre

Die einzelnen Einsatztermine und Einsatzhäufigkeiten der Geräte sowie deren Arbeitsgeschwindigkeiten in den jeweiligen Versuchsjahren sind detaillierter im Anhang aufgeführt.

1. Versuchsjahr 2009

Im ersten Versuchsjahr 2009 bot die warme und niederschlagsarme Witterung stets ideale Bedingungen für die mechanische Unkrautregulierung. Das Wachstum der Sojabohnen verlief zügig. Der Unkrautdruck war vergleichsweise hoch.

- **Unkrautbesatz:** Durchschnittlich 150 Pflanzen/m². Die Spanne in den Wiederholungen bewegte sich zwischen 50 und 300 Pflanzen/m².
- **Leitverkrautung:** Flohknöterich, Windenknöterich, Weißer Gänsefuß, Hirse (vereinzelt) und Franzosenkraut (als Spätverkrautung).

Der Striegel kam nur an zwei Terminen zum Einsatz. Ein dritter späterer Striegeltermin wurde nicht mehr durchgeführt, da die meisten Unkräuter bereits zu groß waren. Ursprünglich war auch ein Striegeln im Aufgang der Sojabohnen vorgesehen. Aufgrund des sehr zügigen Aufgangs der Sojabohnen innerhalb von 8 Tagen wurde dieser Einsatztermin verpasst.

Nach einem standardmäßigen Einsatz von Zinkenstriegel und Scharhacke in allen reihenabhängigen Parzellen erfolgte anschließend zu zwei Terminen der Einsatz von Fingerhacke, Torsionshacke und Flachhäufel.

2. Versuchsjahr 2010

Im zweiten Versuchsjahr 2010 wurde die optimale Terminierung der mechanischen Unkrautregulierung durch die unbeständige Witterung erheblich erschwert. Der hohe Unkrautdruck und das vergleichsweise langsame Wachstum der Sojabohnen erforderte eine nahezu doppelt so hohe Einsatzhäufigkeit im Vergleich zum Vorjahr.

- **Unkrautbesatz:** Durchschnittlich 135 Pflanzen/m². Die Spanne in den Wiederholungen bewegte sich zwischen 90 und 270 Pflanzen/m².
- **Leitverkrautung:** Windenknöterich, Weißer Gänsefuß, Hirse, Quecke und vereinzelt Franzosenkraut, Flohknöterich sowie Hirtentäschel.

Der Striegel kam an insgesamt fünf Terminen zum Einsatz. Die Sternrollhacke ist dagegen viermal eingesetzt worden. Auf den späten 5. Termin ist verzichtet worden, da die Unkräuter bereits zu groß waren und keine ausreichende Wirkung mehr erwartet wurde. Die reihenabhängigen Zusatzwerkzeuge kamen dreimal zum Einsatz.

3. Versuchsjahr 2011

Der trockene Mai ermöglichte ideale Einsatzbedingungen für die mechanische Unkrautregulierung. Der Juni blieb warm und trocken, so dass weiterhin gute Bedingungen für die Krautregulierung vorlagen.

- **Unkrautbesatz:** Durchschnittlich 143 Pflanzen/m². Die Spanne in den Wiederholungen bewegte sich zwischen 70 und 310 Pflanzen/m².
- **Leitverkrautung:** Windenknöterich, Weißer Gänsefuß, Quecke und vereinzelt Franzosenkraut, Flohknöterich sowie Hirtentäschel.

Striegel und Sternrollhacke kamen fünfmal zum Einsatz. An drei Terminen sind die reihenabhängigen Zusatzwerkzeuge eingesetzt worden.

6.4 Boniturergebnisse – Reihenunabhängige Regulierungstechnik

Die Abbildung 18 zeigt den Regulierungserfolg und die Kulturpflanzenverluste der Sternrollhacke und des Zinkenstriegels als Mittelwerte der Versuchsjahre 2009 bis 2011. Die Ergebnisse der Einzeljahre befinden sich im Anhang.

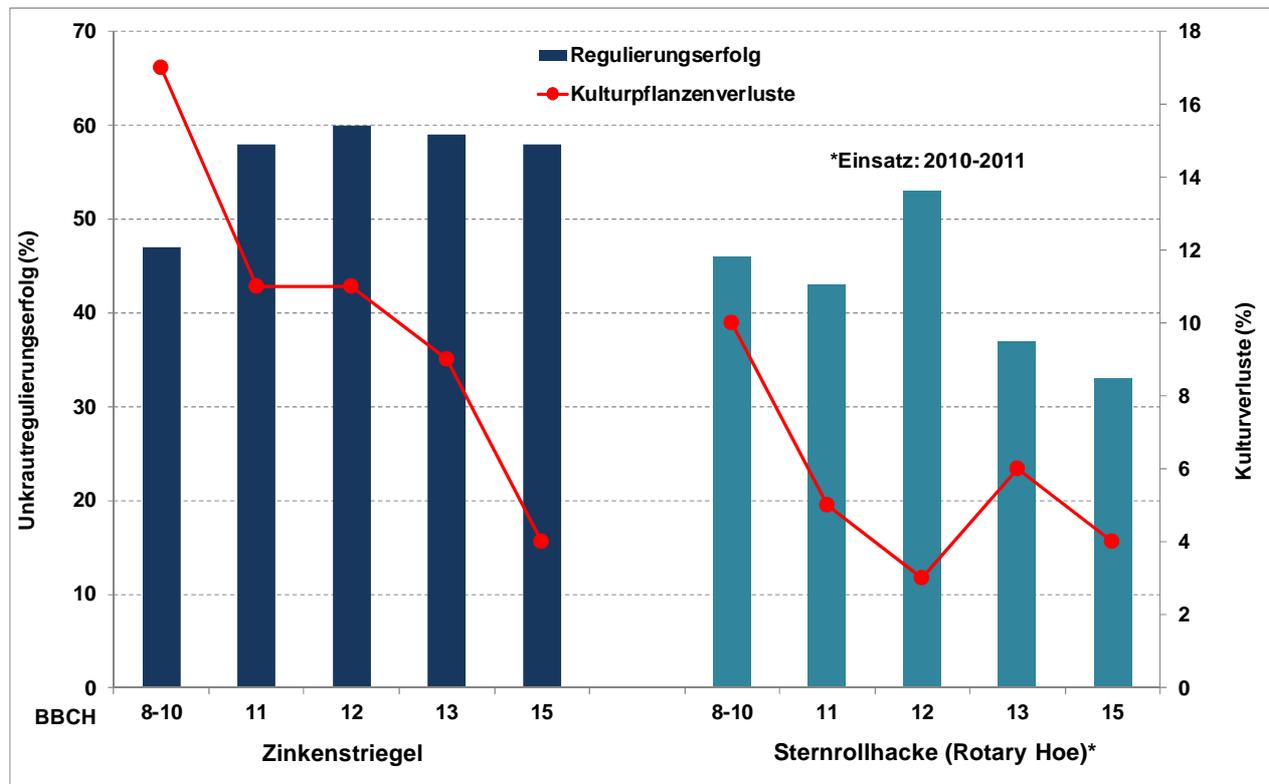


Abbildung 18: Regulierungserfolg und Kulturpflanzenverluste von Sternrollhacke und Zinkenstriegel – Mittelwerte 2009 bis 2011

In der vergleichsweise empfindlichen Auflaufphase der Sojabohne (BBCH 8 bis 10) erreichten die Sternrollhacke und der Zinkenstriegel im Mittel der Versuche nahezu den gleichen Regulierungserfolg von etwa 45 % je Durchgang. Auffällig sind aber die deutlich höheren Sojabohnenverluste beim Zinkenstriegel von rund 17 %. Die Sternrollhacke schnitt dagegen mit rund 10 % erheblich kulturschonender ab.

Vergleicht man die Einsätze im weiteren Wachstumsverlauf (BBCH 11 bis 15), so zeigte der Zinkenstriegel einen auffällig gleichmäßigen Regulierungserfolg je Durchgang von jeweils fast 60 %. Bei der Sternrollhacke nahm der Regulierungserfolg mit jedem weiteren Durchgang fast kontinuierlich ab. Vor allem Unkräuter, die bereits das 3. Laubblattpaar entwickelt hatten, konnte die Sternrollhacke auf dem Sandboden nicht mehr ausreichend regulieren. Unter den sandigen Standortbedingungen wurden die Unkräuter durch die löffelartigen Spitzen der Sternrollhacke in erster Linie punktuell entwurzelt und freigelegt oder herausgerissen. Der Verschüttungseffekt war bei weitem nicht so ausgeprägt wie beim Zinkenstriegel, obwohl die Abbildung 19 dies vermuten lässt. Teilweise blieben Bodenbereiche und damit auch Unkräuter völlig unberührt.

Durch eine zweite Überfahrt je Arbeitsgang in entgegengesetzter Richtung (s. Kapitel 6.2) konnte die Unkrautregulierung allerdings verbessert werden.

Die Kulturpflanzenverluste nahmen beim Zinkenstriegel mit voranschreitender Sojabohnenentwicklung deutlich ab. Die Sternrollhacke zeigte gegenüber dem Zinkenstriegel auch nach dem Aufgang im BBCH 11 und 12 der Sojabohne eine auffällig bessere Kulturverträglichkeit. Teilweise lagen die Sojabohnenverluste sogar nur bei 3 bis 5 %.



Abbildung 19: Sternrollhacke (Rotary Hoe) im Einsatz

Im BBCH 13 nahmen die Verluste bei der Sternrollhacke allerdings wieder leicht zu. Dabei wurde festgestellt, dass die Sternrollhacke in dem lockeren Sandboden aufgrund der doppelten Überfahrten (s Kapitel 6.2) zu tief arbeitete. Dadurch verloren einzelne Sojapflanzen ihren festen Sitz im Boden. Als Folge zeigten sich mit zunehmender Zahl an Überfahrten Wuchsbeeinträchtigungen an den Sojapflanzen. Zu erkennen war das in beiden Versuchsjahren an den deutlich geringen Bestandeshöhen nach Abschluss der Einsätze der Sternrollhacke im Vergleich zu den übrigen Regulierungsvarianten (Tabelle 16).

Tabelle 16: Pflanzenlänge der Regulierungsvarianten zur Hülsenbildung

Varianten	Pflanzenlänge (cm)		
	2009	2010	2011
1 Sternrollhacke (Rotary Hoe)	-*	48	58
2 Zinkenstriegel	74	75	64
3 Fingerhacke	79	83	68
4 Torsionshacke	81	79	69
5 Flachhäufler	83	87	70
Mittelwert	79	74	66
* Sternrollhacke wurde erst ab 2010 eingesetzt			

Beim Zinkenstriegel waren ebenfalls Wuchsbeeinträchtigungen zu beobachten. Vom ersten Laubblattpaar (BBCH 11) bis etwa zum vierten Laubblattpaar (BBCH 14) vertrug die Sojabohne das Striegeln vergleichsweise gut. Späteres Striegeln über das vierte Laubblattpaar hinaus führte zu unerwünschten Nebeneffekten, wie sie die Abbildung 20 zeigt. Nach dem Striegeln im BBCH 15 bis 16 haben sich die Sojabohnen in den Striegelparzellen nicht wieder gerade aufgerichtet, sondern sind „S-förmig“ weitergewachsen. Dadurch sind negative Auswirkungen auf die Standfestigkeit und die Beerntbarkeit zu erwarten.



Abbildung 20: Wuchsbeeinträchtigungen an Sojabohne durch spätes Striegeln

6.5 Boniturergebnisse – Reihenabhängige Regulierungstechnik

Die Abbildung 21 zeigt den Regulierungserfolg und die Kulturpflanzenverluste der reihenabhängigen Werkzeuge als Mittelwerte der Versuchsjahre 2009 bis 2011. Die Ergebnisse der Einzeljahre befinden sich im Anhang.

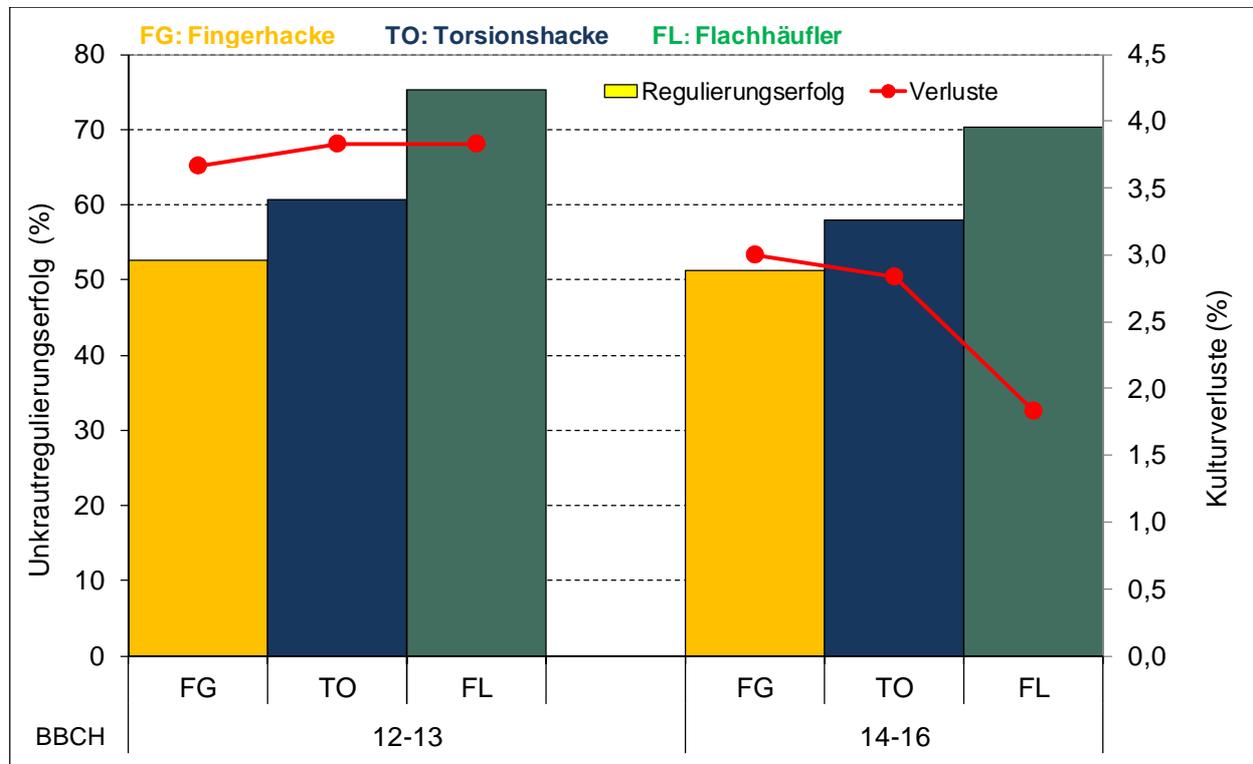


Abbildung 21: Regulierungserfolg und Kulturpflanzenverluste der reihenabhängigen Werkzeuge – Mittelwerte 2009 bis 2011

Den auffällig besten Regulierungserfolg innerhalb der Kulturpflanzenreihen mit durchschnittlich 70 % erzielten sowohl in den früheren wie auch in den späteren Entwicklungsstadien der Sojabohne die Flachhäufler. Die Torsionshacke erreichte den zweitbesten Regulierungserfolg mit rund 60 %. Die Fingerhacke regulierte im Schnitt je Durchgang rund 50 % der Unkräuter und hatte somit gegenüber den vorgennannten Werkzeugen das Nachsehen.

Bei den Kulturpflanzenverlusten lagen alle drei Aggregate bei den früheren Einsatzterminen (BBCH 12 bis 13) auf ähnlichem Niveau von knapp 4 %. Bei den späteren Einsätzen im BBCH 14 bis 16 gingen die Kulturpflanzenverluste aufgrund der zunehmenden Widerstandskraft der Sojapflanze weiter zurück. Die Fingerhacke und die Torsionshacke lagen mit 3 % je Durchgang auf etwa gleichem Niveau. Die Flachhäufler schnitten mit Verlusten knapp unter 2 % ausgesprochen kulturschonend ab. Bezüglich der Kulturpflanzenverluste zeigten sich somit zwischen den geprüften Werkzeugen vergleichsweise geringe Unterschiede.

Allerdings wurden bei den reihenabhängigen Verfahren noch folgende Besonderheiten festgestellt:

Im Versuchsjahr 2010 hatte die Fingerhacke in allen vier Wiederholungen zu Wuchsbeeinträchtigungen bei den Sojabohnen geführt (Abbildung 22). Die Sojabohnen, die mit der Fingerhacke bearbeitet wurden (linkes Bild), zeigten einen auffallend schwächeren Wuchs gegenüber der Torsionshacke (mittleres Bild). Die Flachhäufler hoben sich gegenüber den beiden zuvor genannten Werkzeugen sogar mit einem deutlichen Wachstumsvorsprung erfreulich positiv ab (rechtes Bild).



**Fingerhacke
30.06.2010**



**Torsionshacke
30.06.2010**



**Flachhäufler
30.06.2010**

Abbildung 22: Unkrautregulierungsversuch in Sojabohnen 2010 – Auswirkung der reihenunabhängigen Werkzeuge auf die Sojaentwicklung

Eine Erklärung dafür ist möglicherweise die ausgeprägte Hitze in dem oben genannten Zeitraum. Vermutlich wurden die oberen Wurzeln der Sojapflanzen durch die Fingerhacke freigelegt bzw. beschädigt oder sogar die ganze Sojapflanze gelockert. Dadurch sind die Pflanzen in Trockenstress geraten. In Gegensatz dazu wurde der Wurzelraum durch die Scharhacke in Verbindung mit den Flachhäuflern nicht so intensiv bearbeitet, so dass die Sojapflanzen im Wuchs nicht beeinträchtigt wurden.

Aber auch die Flachhäufler kamen auf dem Versuchsstandort an ihre Grenzen. Durch das Häufeln wurden oberflächennahe Steine direkt an die Sojapflanzen geschoben (Abbildung 23). Wegen des tiefen ersten Hülsenansatzes bei den Sojabohnen sind so Erntebehinderungen nicht auszuschließen.



Abbildung 23: Flachhäufler können Steine an die Sojapflanzen schieben

Unkrautdeckungsgrade der Regulierungsverfahren

Die Unkrautdeckungsgrade nach Abschluss der Regulierungsmaßnahmen (Tabelle 17) waren erwartungsgemäß bei den reihenunabhängigen Verfahren Zinkenstriegel und Sternrollhacke deutlich höher gegenüber den reihenabhängigen Werkzeugen. Die Sternrollhacke zeigte einen höheren Unkrautdeckungsgrad als der Zinkenstriegel.

Bei den reihenabhängigen Verfahren lagen die Unkrautdeckungsgrade von Fingerhacke und Torsionshacke vergleichsweise dicht beieinander. In den Jahren 2010 und 2011 zeigte die Torsionshacke tendenziell niedrigere Deckungsgrade. Die geringsten Deckungsgrade nach Abschluss der Unkrautregulierung wurde in allen drei Versuchsjahren bei den Flachhäuflern festgestellt.

Tabelle 17: Unkrautdeckungsgrade nach Abschluss der Regulierung

Varianten	Unkrautdeckungsgrade %**		
	2009	2010	2011
1 Sternrollhacke (Rotary Hoe)	-*	45	30
2 Zinkenstriegel	30	25	20
3 Fingerhacke	15	15	10
4 Torsionshacke	15	10	5
5 Flachhäufler	5	5	2

* Sternrollhacke wurde erst ab 2010 eingesetzt
** 1 Woche nach Abschluss der Regulierungsmaßnahmen ermittelt

6.6 Ertrags- und Qualitätsergebnisse

Die dreijährigen Ertragsergebnisse der fünf Regulierungsvarianten sind in der folgenden Abbildung 24 dargestellt. Die Ergebnisse der Einzeljahre befinden sich im Anhang.

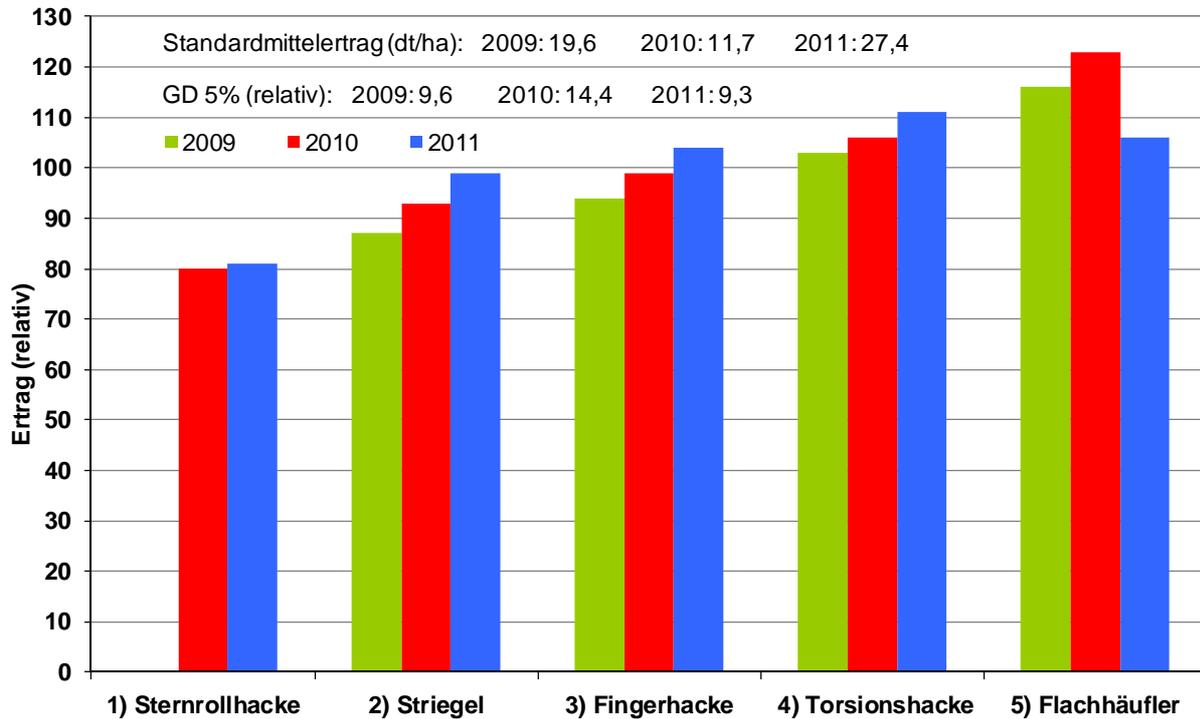


Abbildung 24: Relativerträge 2009 bis 2011

Die reihenunabhängigen Regulierungsverfahren (Varianten 1 und 2), mit 12,5 cm Reihenabstand, waren den reihenabhängigen Varianten (3, 4 und 5) mit 40 cm Reihenabstand in jedem Versuchsjahr im Ertrag größtenteils deutlich unterlegen.

Der ausschließliche Einsatz der Sternrollhacke (1) vermochte in beiden Jahren mit einem Relativertrag von nur 80 % nicht zu überzeugen. Der unzureichende Regulierungserfolg, besonders bei älteren Unkräutern, und die unter Kapitel 6.4 bereits beschriebenen Wachstumsbeeinträchtigungen dürften maßgeblich dafür verantwortlich gewesen sein.

Der ausschließliche Striegeleinsatz (2) fiel im Vergleich zur Sternrollhacke nicht ganz so deutlich im Ertrag ab, obwohl die Sojabohnenverluste vorrangig bei den sehr frühen Einsätzen höher ausfielen. Dagegen zeigte der Striegel bei älterer Verkrautung einen besseren Regulierungserfolg. Sichtbar war das auch bei den geringeren Unkrautdeckungsgraden (Tabelle 16). Außerdem führte der Striegel zu geringeren Wachstumsbeeinträchtigungen, so dass die Erträge vermutlich auch deswegen gegenüber der Sternrollhacke besser ausfielen.

Bei den reihenabhängigen Varianten schnitt die Fingerhacke (3) besonders in den ersten beiden Jahren im Ertrag schwächer ab als die Torsionshacke (4) und die Flachhäufel (5). Das dürfte in erster Linie an dem geringeren Unkrautregulierungserfolg gelegen haben (Kapitel 6.5). Die Torsionshacke erzielte in allen drei Versuchsjahren gute Regulierungserfolge und geringe Pflanzenausfälle. Dementsprechend lagen auch die Erträge stets auf überdurchschnittlichem Niveau.

Die besten Erträge erreichten, mit Ausnahme von 2011, die Flachhäufel. Neben den sehr guten Regulierungserfolgen und ausgesprochen geringen Kulturpflanzenverlusten wirkte sich das Häufeln offensichtlich auch positiv auf das Sojabohnenwachstum aus. Allerdings überraschte der Ertragseinbruch im Versuchsjahr 2011.

Die dreijährigen Rohprotein- und Rohfettergebnisse der Regulierungsvarianten sind in den folgenden Abbildungen 25 und 26 dargestellt. Im Gegensatz zu den Erträgen sind bei beiden Untersuchungsparametern in allen drei Versuchsjahren keine nennenswerten Unterschiede zwischen den Regulierungsvarianten festgestellt worden.

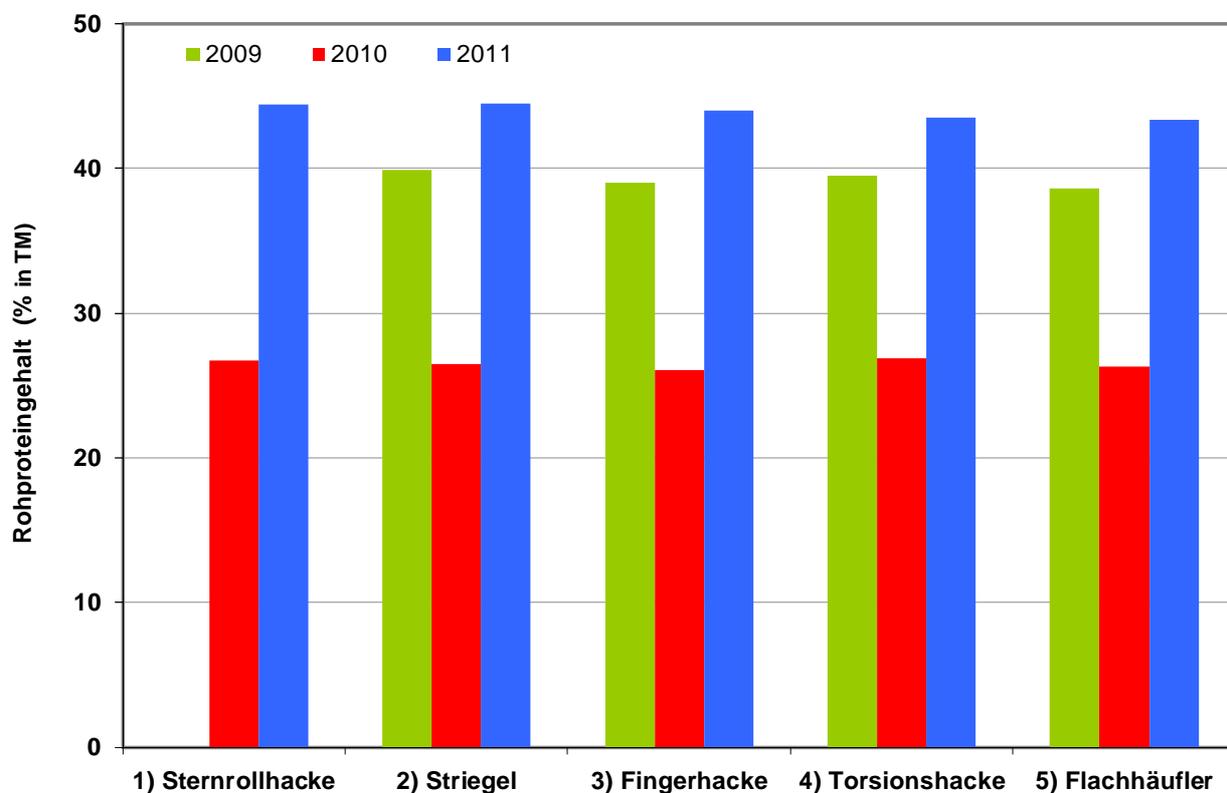


Abbildung 25: Rohproteingehalte 2009 - 2011

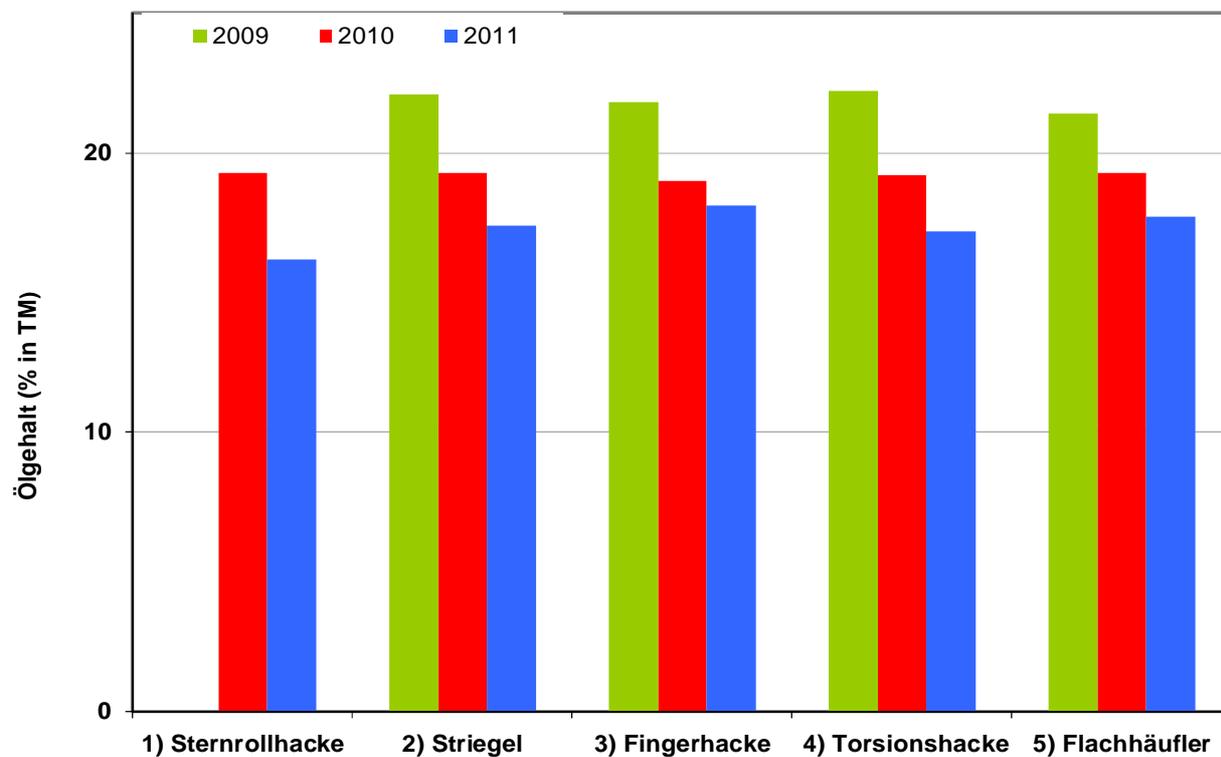


Abbildung 26: Ölgehalte 2009 bis 2011

6.7 Zusammenfassung der Unkrautregulierungsversuche

Auf Grundlage der dreijährigen Versuchsergebnisse wird für die geprüfte Unkrautregulierungstechnik nachfolgend eine Bewertung und eine Empfehlung für den Einsatz in der Praxis abgeleitet. Zu berücksichtigen ist, dass die Einsätze der Regulierungstechnik ausschließlich auf einem leichten Sandboden erfolgte. Es ist deshalb nicht auszuschließen, dass beispielsweise auf lehmigeren Standorten andere Wirkungen auftreten.

Der Sojabohnenanbau mit einfachem Getreidereihenabstand und mehrmaligem Einsatz des Zinkenstriegels oder der Sternrollhacke (Rotary Hoe) vermochte in den dreijährigen Versuchen nicht zu überzeugen. Die hohe Restverkrautung führte stets zu teils deutlichen Ertragseinbußen gegenüber dem Sojaanbau als Hackfrucht. Ein Anbau mit einfachem Getreidereihenabstand ist nur auf Flächen zu empfehlen, wo sicher von einem geringen Krautdruck ausgegangen werden kann und vor allem konkurrenzstarke Unkräuter wie Weißer Gänsefuß, Nachtschatten, Windenknöterich und Flohknöterich nicht zu befürchten sind.

Zur Ertragsabsicherung sollten Sojabohnen bevorzugt als Hackfrucht angebaut werden. Gleichwohl ist im Unkrautregulierungskonzept der Einsatz von Zinkenstriegel- oder Rollstriegeltechnik ergänzend zu den Hackmaßnahmen auf jeden Fall mit einzuplanen. Gegenüber den reihenunabhängigen Verfahren konnte in allen Versuchsjahren mit den reihenabhängigen Zusatzwerkzeugen für den Einsatz innerhalb der Kulturreihe bessere Regulierungserfolge, geringere Sojabohnenverluste und schließlich auch höhere Erträge erzielt werden. Um das Unkraut auch innerhalb der Pflanzenreihen sicher zu erfassen, sollte deshalb die Scharhacke mit Zusatzwerkzeugen ausgestattet sein, die im Zwischenraum der Pflanzenreihen arbeiten. Die geprüften Werkzeuge Fingerhacke, Torsionshacke und Flachhäufler sind grundsätzlich alle in Sojabohnen einsetzbar.

Empfehlungen für den Praxiseinsatz

Einsatz des Striegels in Sojabohnen

Bei der Unkrautregulierung in Sojabohnen leistet der Striegel wichtige Vorarbeit. Er sollte daher in das Regulierungskonzept integriert werden (Abbildung 27). Die Hauptwirkung des Striegels ist das Verschütten der noch kleinen Unkräuter. Je nach Bodentemperatur und –feuchte können die ersten Unkräuter schon wenige Tage nach der Aussaat keimen, dann sollte man zeitnah im Voraufbau ein erstes Blindstriegeln einplanen. In diesem Zeitraum muss die Unkrautentwicklung intensiv beobachtet und die Wetterprognosen im Auge behalten werden. Ideal ist es, wenn schon das Fädchenstadium – die unterirdischen Keimlinge der Unkräuter sind sichtbar – mit dem Striegel erfasst wird (Abbildung 28). Spätestens im Keimblattstadium der Unkräuter sollte zum ersten Mal gestriegelt werden. Mit jeder Bodenbewegung werden weitere Unkrautsamen zum Keimen angeregt. Die folgenden Striegeleinsätze müssen daher konsequent an erneut keimenden Unkräutern ausgerichtet werden.

Sojabohnen werden in der Regel auf 3 bis 4 cm Saattiefe abgelegt. Soll ein Blindstriegeln erfolgen, muss auf eine möglichst ebene Ackerfläche und auf eine exakt geführte flache Arbeitstiefe des Striegels geachtet werden. Außerdem sind der Zinkendruck und die Arbeitsgeschwindigkeit des Striegels anzupassen.

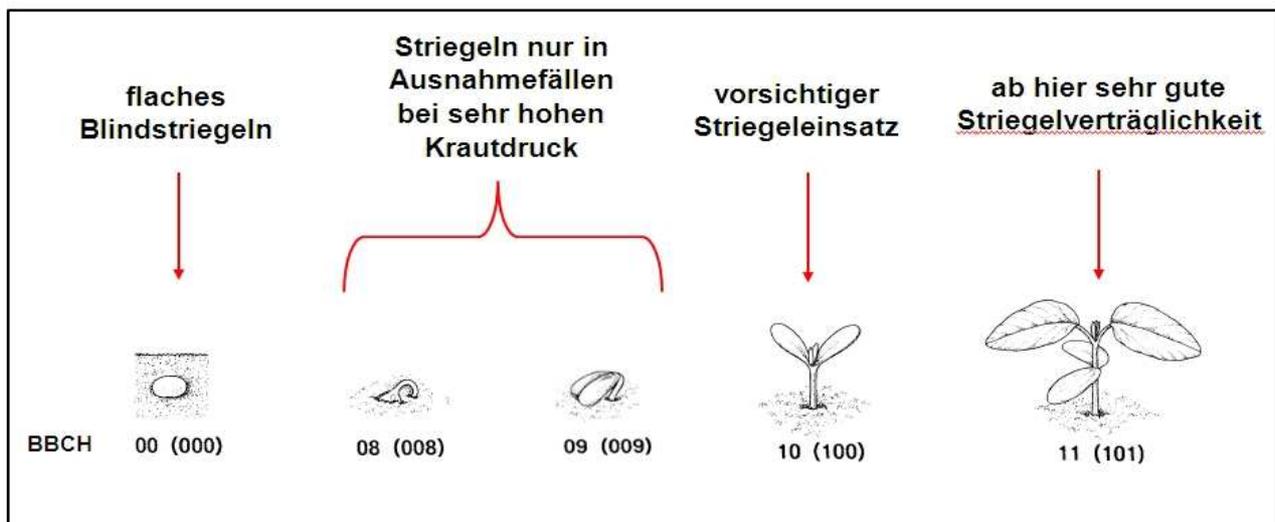


Abbildung 27: Einsatzzeiträume des Zinkenstriegels in Sojabohnen

Während des Auflaufens der Sojabohne ist das Striegeln kritisch. Die Versuche haben gezeigt, dass die Verluste der Sojabohnen aufgrund der epigäischen (oberirdischen) Keimung exponentiell ansteigen. Nur in Ausnahmefällen kann vorsichtig mit angepasster Arbeitsgeschwindigkeit gestriegelt werden.

Ab dem ersten bis etwa zum vierten Laubblatt oder bis etwa 15 cm Wuchshöhe verträgt die Sojabohne das Striegeln wieder ausgesprochen gut. Spätere Striegeleinsätze machen in der Regel keinen Sinn mehr, da die Gefahr von Pflanzenschäden wieder zunimmt (s. Kapitel 6.4). Außerdem lässt auch der Regulierungserfolg bei größerer Verkrautung schnell nach.

Wenn möglich, sollten Striegeleinsätze grundsätzlich erst ab dem späten Vormittag erfolgen. Die Sojapflanzen haben dann einen geringeren Tugordruck, sind elastischer und brechen nicht so leicht ab.



Abbildung 28: Fädchenstadium

Einsatz der Sternrollhacke (Rotary Hoe) in Sojabohnen

Die Sternrollhacke (Rotary Hoe) arbeitet wie der Striegel reihenunabhängig. Durch die abrollenden Werkzeuge mit löffelartigen Spitzen, die in den Boden einstecken, hat sie eine krustenbrechende und lockernde Wirkung. Junge Unkrautpflanzen werden entwurzelt, herausgerissen oder verschüttet. Dieses Arbeitsprinzip dürfte besonders auf festeren, lehmigeren oder auch verschlämmten Böden optimal funktionieren, da größere Bodenteile gelöst werden. Unter den sandigen Versuchsbedingungen wurden die Unkräuter in erster Linie nur punktuell freigelegt oder herausgerissen. Mit einer doppelten Überfahrt, d.h. hin und zurück in entgegengesetzter Richtung, konnte die Wirkung verbessert werden. Ältere Unkräuter ab etwa dem 3-Blattstadium wurden aber nur noch in geringem Umfang reguliert.

Allerdings zeigten sich mit zunehmender Zahl an Überfahrten Wuchsbeeinträchtigungen an den Sojapflanzen. Vor allem die geringere Bestandeshöhe im Vergleich zu den anderen Varianten fiel deutlich auf. Neben der höheren Restverkräutung dürfte dies auch zu den Ertragseinbußen beigetragen haben.

Positiv hervorzuheben ist aber die kulturschonende Arbeitsweise in der empfindlichen Aufgangsphase der Sojabohne. Hier lagen die Kulturpflanzenverluste nur etwa halb so hoch wie beim Striegel. Die Sternrollhacke kann deshalb bereits frühzeitig eingesetzt werden. Die Einsätze sind konsequent am Fädchenstadium (Abbildung 28) oder spätestens am Keimblattstadium der Unkräuter und zweitrangig am Entwicklungsstadium der Sojabohnen auszurichten (Abbildung 29). Weitere Arbeitsgänge folgen bei erneut keimenden bzw. auflaufenden Unkräutern. Doppelte Überfahrten in entgegengesetzter Fahrtrichtung verbessern die Unkrautregulierung. Auf Sandböden sind hier aber Grenzen gesetzt, da die Sternrollhacke in der lockeren Bodenstruktur schnell zu tief arbeitet und zu Pflanzenschäden führen kann. Zu fahren ist die Sternrollhacke mit vergleichsweise hohen Arbeitsgeschwindigkeiten zwischen 15 bis 20 km/h.

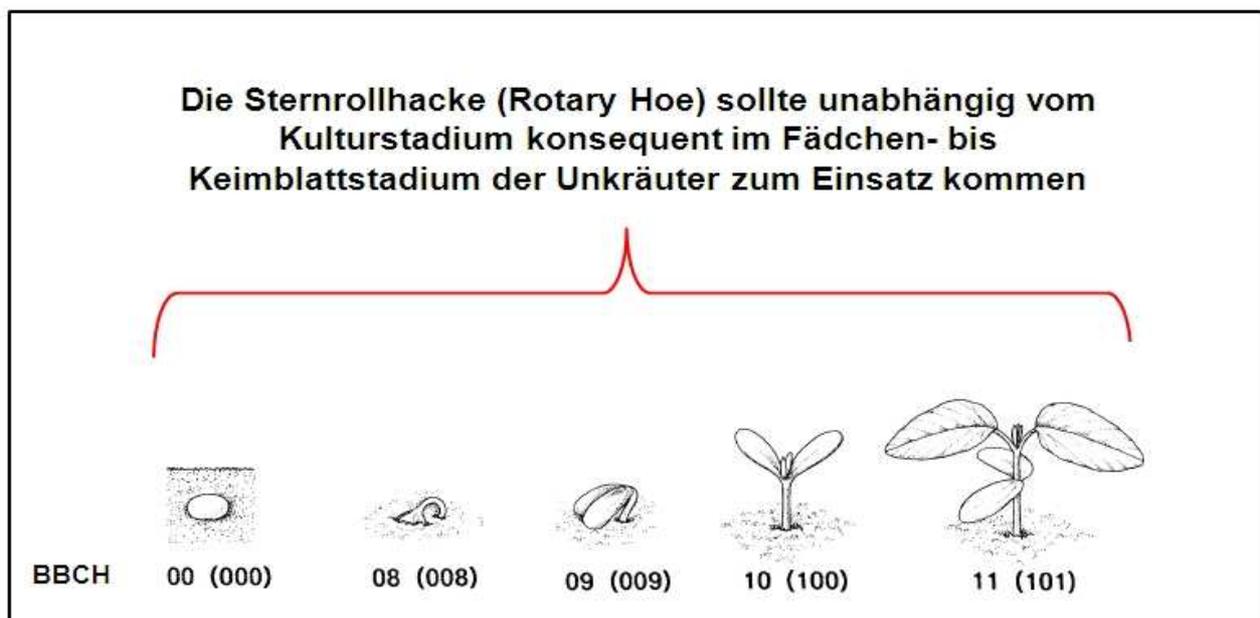


Abbildung 29: Einsatzzeiträume der Sternrollhacke (Rotary Hoe) in Sojabohnen

Einsatz der Fingerhacke in Sojabohnen

Die Fingerhacke ist auf nahezu allen Böden einsetzbar und erfasst auch ältere Unkräuter bis etwa zum 4-Blattstadium meist noch gut. Allerdings ist der Aufwand für Einstellung und Steuerung vergleichsweise hoch. Sie muss sehr genau erfolgen, um Kulturschäden zu vermeiden. Auch darf nicht zu schnell gefahren werden. Verschiedene Hersteller wie beispielsweise Kress, Schmotzer und Einböck haben die Fingerhacke im Programm. Allerdings sind die Anschaffungskosten mit durchschnittlich 700 Euro pro Reihe vergleichsweise hoch.

Einsatz der Torsionshacke in Sojabohnen

Unkräuter bis etwa zum 3-Blattstadium werden durch die Torsionshacke gelockert, teilweise mitgezogen und von Erde befreit, so dass sie vertrocknen. Die beste Wirkung wird aber im Keimblatt- bis Einblattstadium der Unkräuter erzielt. Der Aufwand für die Maschineneinstellung ist gering. Der Regulierungserfolg sowie die Kulturverträglichkeit waren auf dem Sandboden ausgesprochen gut. Die Anschaffungskosten liegen bei rund 200 Euro pro Reihe. Allerdings ist der Anbau an eine vorhandene Scharhacke – je nach Fabrikat – häufig nicht einfach. Gegebenenfalls entstehen zusätzliche Kosten für Anbauelemente bzw. Halterungen für die Scharhacke. Angeboten wird die Torsionshacke von der niederländischen Firma Frato. Auch die Firma Kress hat eine ähnliche Torsionshacke für die Nachrüstung an die vorhandene Scharhacke im Angebot.

Einsatz der Flachhäufler in Sojabohnen

Dem Anhäufeln von Sojabohnen sind aufgrund des tiefen Hülsenansatzes Grenzen gesetzt. Gleichwohl zeigten die Flachhäufler in unseren Versuchen eine hervorragend regulierende Wirkung in der Reihe und schonten die Kultur am besten. Da sich die flachen Dämme bis zur Sojaernte wieder absetzen, ist eine Behinderung der Ernte kaum zu erwarten. Nur auf steinigem Boden sind die Flachhäufler zu meiden, da sie die Steine direkt an die Sojapflanzen schieben. Erntebehinderungen oder Störungen bei der Ernte sind dann nicht auszuschließen. Die Flachhäufler sind mit rund 130 Euro pro Reihe vergleichsweise preiswert.

Alternativ können neben den kostengünstigen Flachhäuflern auch einfache Lösungen, wie steiler angestellte Hackschare oder aufgeschweißte Flacheisen auf den Hackscharen gute Häufel effekte in der Reihe bewirken. Auch spezielle Häufelschare werden angeboten.

7. Betriebswirtschaftliche Betrachtung des Öko-Sojabohnenanbaus

Wie bereits einleitend beschrieben, war ein wesentlicher Grund für den Einstieg in die zuvor beschriebenen Sojabohnenversuche u.a. die zunehmenden Ertragsrisiken beim Anbau von Lupinen, Körnererbsen und Ackerbohnen. Immer mehr Biobetriebe streichen deshalb diese Früchte aus ihrer Fruchtfolge. Flankierend hat aber durch die Ausdehnung der Geflügel- und Schweinehaltung im Ökolandbau die Nachfrage nach heimischen Eiweißfuttermitteln, insbesondere nach Bio-Soja, deutlich zugenommen. Auch vor dem Hintergrund 100%-Biofütterung ist von einer steigenden Nachfrage auszugehen. Die Erzeugerpreise für Öko-Futtersoja sind gegenwärtig deutlich angestiegen. Aktuell werden rund 83 Euro je Dezitonne incl. MwSt. gezahlt. Bisher kam der Großteil zertifizierter Bio-Ware aus dem Ausland. Es gibt aber durchaus Indizien dafür, dass heimische Ware bevorzugt nachgefragt wird. Die Infrastruktur für die Verarbeitung von Soja hat sich regional verbessert. Ein Biobetrieb in Südniedersachsen verarbeitet seit geraumer Zeit Öko-Sojabohnen zur Verwendung in der Fütterung. Grundsätzlich erfordert die Verfütterung von Soja an Monogastrier (Schwein, Geflügel) eine Aufbereitung. Damit erhöht sich Verdaulichkeit aber auch Schmackhaftigkeit des Futters. Grundlage sind Erhitzungsprozesse wie Toasten oder auch Extrudieren.

Die Ergebnisse unserer mehrjährigen Versuche haben gezeigt, dass ein Sojabohnenanbau aus pflanzenbaulicher Sicht grundsätzlich auch in Niedersachsen möglich ist. Entscheidend für den Einstieg in den Anbau sind letztlich auskömmliche Deckungsbeiträge. Hier bieten Richtwertdeckungsbeiträge eine gute Vergleichsmöglichkeit zu anderen Kulturen und erleichtern die Entscheidung. Der Deckungsbeitrag errechnet sich für jedes Produktionsverfahren als Differenz aus den in Geld gemessenen Erträgen und den Aufwendungen für die variablen Produktionsfaktoren.

Nachfolgend werden die Sojabohnendeckungsbeiträge bei verschiedenen Ertragsannahmen vorgestellt. Ein sich anschließender horizontaler Vergleich von Deckungsbeiträgen zeigt auf, wie die betriebswirtschaftliche Vorzüglichkeit der Sojabohne zu anderen Körnerleguminosen ausfällt.

Berechnungsgrundlagen

Die Erzeugerpreise sind als Durchschnitt aus dem Zeitraum 2010 bis 2013 dargestellt. Die in den Deckungsbeiträgen angesetzten Erzeugerpreise verstehen sich inkl. 10,7 % Umsatzsteuer. Alle übrigen Preise sind inklusive der produktspezifischen Umsatzsteuer (7 %/10,7 %/19 %) kalkuliert. Für die meisten Arbeiten werden eine Erledigung mit eigenen Maschinen und deren Auslastung an der Abschreibungsschwelle unterstellt. Demzufolge sind in der Deckungsbeitragsberechnung nur die variablen Maschinenkosten in Ansatz zu bringen. Die Berechnung basiert auf Angaben der Datensammlung Betriebsplanung Landwirtschaft 2010 des KTBL. Für die durchschnittliche Schlaggröße werden 5 ha und für die durchschnittliche Hof-Feld-Entfernung 2 km angenommen. Die mit dem Erntegut abgefahrenen Nährstoffe werden unabhängig von einer tatsächlich erfolgten Düngung mit Reinnährstoffkosten bewertet. Die Reinnährstoffkosten werden anhand von Preisen für Düngemittel berechnet, die im ökologischen Landbau zugelassen sind. Es wurden möglichst praxisnahe Zahlen und Annahmen in den Berechnungen verwendet. Gleichwohl können selbstverständlich betriebsindividuelle Abweichungen und Besonderheiten nicht in Gänze berücksichtigt werden. Das hier abgebildete Grundgerüst an Daten kann aber sehr gut durch betriebsindividuelle Zahlen ausgetauscht werden.

Richtwertdeckungsbeiträge von Öko-Sojabohnen

In Tabelle 18 ist der Deckungsbeitrag der Sojabohne mit drei verschiedenen Ertragsannahmen berechnet. Dabei kann ein Ertrag von 20 dt/ha im Ökolandbau als realistischer Ertrag unter Praxisbedingungen angenommen werden. Der Durchschnittsertrag

der vierjährigen Versuche lag ebenfalls bei rund 20 dt/ha. Angenommen wurde außerdem ein jeweils dreimaliger Einsatz von Striegel und Scharhacke, sowie zwei Beregnungsdurchgänge. Als Erzeugerpreis wurde der Durchschnitt der Jahre 2010 bis 2013 angesetzt. Im unteren Bereich der Tabelle sind zum Vergleich zusätzlich Deckungsbeiträge mit den aktuellen Erzeugerpreisen (Stand März 2013) in Höhe von 83 Euro je Dezitonne aufgeführt. Die durchschnittlichen variablen Kosten bewegen sich bei rund 800 Euro/ha. Davon liegen allein die Kosten für Saatgut und Impfung bereits bei 300 Euro/ha. Hier wird von einem 100 prozentigen Saatgutzukauf ohne eigenen Nachbau ausgegangen. Bei einem Ertrag von 15 dt/ha muss von einem vergleichsweise niedrigen Deckungsbeitrag von 317 Euro je Hektar ausgegangen werden. Erst ab einem Ertrag von 20 dt/ha verbessert sich der Deckungsbeitrag deutlich auf 646 Euro je Hektar. Mit 25 dt/ha Ertrag ergeben sich 985 Euro je Hektar Deckungsbeitrag. Setzt man den gegenwärtigen hohen Erzeugerpreis von 83 Euro je Dezitonne an, so verbessert sich die Vorzüglichkeit der Sojabohne deutlich.

Tabelle 18: Richtwertdeckungsbeiträge von Öko-Sojabohnen

	Sojabohne 15 dt/ha	Sojabohne 20 dt/ha	Sojabohne 25 dt/ha
Ertrag dt/ha	15	20	25
Preis €/dt (Durchschnitt 2010 bis 2013)	70	70	70
Erlös €/ha	1050	1400	1750
Saatgut	270	270	270
Saatgutimpfung	30	30	30
Phosphor (Entzug)	22	30	37
Kali (Entzug)	26	35	44
Magnesium (Entzug)	3	4	5
Kalk	5	5	5
Versicherung, Bodenunters., Sonstiges	21	24	28
Direktkosten €/ha	377	398	419
direktkostenfreie Leistung €/ha	673	1002	1331
Grundbodenbearbeitung	48	48	48
Saatbettbereitung und Bestellung	35	35	35
Hackstriegel 3 x	30	30	30
Scharhacke 3 x	50	50	50
Beregnung	82	82	82
Ernte	125	125	125
Transport und Einlagerung	4	6	7
Trocknung	28	40	47
Zinsanspruch	9	10	10
Summe Variable Kosten €/ha	788	824	853
Vorfruchtwert €/ha	55	70	88
Deckungsbeitrag €/ha (Durchschnittlicher Preis 2010-2013)	317	646	985
Deckungsbeitrag €/ha (Aktueller Preis: 83 €/dt)	512	906	1319

Richtwertdeckungsbeiträge von Öko-Körnerleguminosen auf Sandboden

In dem folgenden horizontalen Vergleich (Tabelle 19) werden die Deckungsbeiträge von Sojabohne, Körnererbse und Blaue Lupine auf einem sandigen Standort gegenübergestellt. Die Sojabohne wird zweimal und die Erbse einmal berechnet. Die Lupine wird nicht berechnet. Bei den Erträgen wurde der Durchschnitt aus unseren langjährigen Öko-Sortenversuchen angenommen. Bei den Erzeugerpreisen kam der vierjährige Durchschnitt zum Ansatz.

Tabelle 19: Vergleich von Öko-Richtwertdeckungsbeiträgen (Sandboden)

Sandboden	Sojabohne	Körnererbse	Blaue Lupine
Ertrag dt/ha	20	30	20
Preis €/dt (Durchschnitt 2010 bis 2013)	70	40	41
Erlös €/ha	1400	1200	820
Saatgut	270	240	250
Saatgutimpfung	30	-	30
Phosphor (Entzug)	30	32	21
Kali (Entzug)	35	40	27
Magnesium (Entzug)	4	7	4
Kalk	5	5	5
Versicherung, Bodenunters., Sonstiges	24	22	18
Direktkosten €/ha	398	346	355
direktkostenfreie Leistung €/ha	1002	854	465
Grundbodenbearbeitung	48	48	48
Saatbettbereitung und Bestellung	35	35	35
Hackstriegel 3 x	30	30	30
Scharhacke 3 x	50	-	-
Beregnung	82	41	-
Ernte	125	125	125
Transport und Einlagerung	6	8	6
Trocknung	40	30	37
Zinsanspruch	10	8	8
Summe Variable Kosten €/ha	824	671	644
Vorfruchtwert €/ha	70	80	40
Deckungsbeitrag €/ha	646	609	216
Empfohlene Anbaupausen (Jahre)	3 bis 4*	6 bis 8	5 bis 6
* Der Vorteil der kürzeren Anbaupause bei Sojabohnen ist in der Auswertung nicht berücksichtigt			

Unter diesen Annahmen erreicht die Sojabohne den höchsten Deckungsbeitrag von 646 Euro je Hektar. Die Körnererbse folgt mit vergleichsweise geringem Abstand von 609 Euro je Hektar. Verlierer ist eindeutig die Blaue Lupine, die mit 216 Euro je Hektar weit abfällt. Trotz der geringsten variablen Kosten und der leichten Zuschläge beim Erzeugerpreis kann die Blaue Lupine mit den anderen beiden Kulturen nicht mithalten. Ihr Manko ist das vergleichsweise niedrige Ertragsniveau. Die hier abgebildeten 20 dt/ha werden in der Praxis nicht selten sogar unterschritten. Ein nicht unwesentlicher Aspekt, der in der Kalkulation nicht berücksichtigt wurde, sind die Anbaupausen der Kulturen. Die Sojabohne kommt nach gegenwärtigem Erkenntnisstand mit 3 bis 4 Jahren Anbaupause aus. Bei Erbsen sollten 6 Jahre, nach jüngsten Forschungsvorhaben sogar 8 Jahre, Pause eingehalten werden. Bei der Blauen Lupine werden 5 bis 6 Jahre empfohlen. Die kürzeren Anbaupausen machen den Sojaanbau zusätzlich interessant. Ein weiterer Vorteil der Sojabohne ist, dass Blattlausbefall eine untergeordnete Rolle spielt. Dagegen können Blattläuse in Körnererbsen erhebliche Ertragseinbußen bewirken. Aufgrund dieser Sachverhalte kann auf sandigen Standorten der Sojabohnenanbau durchaus eine interessante Alternative zu Körnererbsen und Blauen Lupinen sein.

Richtwertdeckungsbeiträge von Öko-Körnerleguminosen auf Lehmboden

Als zweite Variante wurde ein milder Lehmboden (sandiger Lehm) mit guter Wasserführung unterstellt (Tabelle 20). Statt der Blauen Lupine wurde die Ackerbohne aufgenommen. Eine Berechnung ist nicht berücksichtigt worden. Bei den Erträgen ist der Durchschnitt aus unseren langjährigen Öko-Sortenversuchen angenommen worden. Bei den Erzeugerpreisen kam der vierjährige Durchschnitt zum Ansatz.

Unter diesen Standortbedingungen liegt die Ackerbohne mit 834 Euro je Hektar vor der Sojabohne mit 726 Euro je Hektar. Die Körnererbse fällt mit 650 Euro je Hektar ab. Die Sojabohne hat bei diesem Vergleich die höchsten variablen Kosten. Sie resultieren in erster Linie aus dem zusätzlichen dreimaligen Einsatz der Scharhacke und den höheren Trocknungskosten. Auf lehmigen Standorten kann sich die Ackerbohne nach wie vor aus ökonomischer Sicht behaupten. Außerdem ist sie auch in der Produktionstechnik leichter zu handhaben als eine Sojabohne, die als typische Hackfrucht mehr Aufwand mit sich bringt. Was für die Sojabohne sprechen würde, sind die kürzere Anbaupause und der nicht relevante Blattlausbefall. Wie bei der Körnererbse kann auch in Ackerbohnen ein Blattlausbefall zu deutlichen Ertragsverlusten führen.

Tabelle 20: Vergleich von Öko-Richtwertdeckungsbeiträgen (Lehmboden)

Lehmiger Boden (sandiger Lehm)	Sojabohne	Körnererbse	Ackerbohne
Ertrag dt/ha	20	30	35
Preis €/dt (Durchschnitt 2010 bis 2013)	70	40	40
Erlös €/ha	1400	1200	1400
Saatgut	270	240	260
Saatgutimpfung	30	-	-
Phosphor (Entzug)	29	32	41
Kali (Entzug)	34	40	47
Magnesium (Entzug)	4	7	8
Kalk	5	5	5
Versicherung, Bodenunters., Sonstiges	24	22	24
Direktkosten €/ha	396	346	385
direktkostenfreie Leistung €/ha	1004	854	1015
Grundbodenbearbeitung	48	48	48
Saatbettbereitung und Bestellung	35	35	35
Hackstriegel 3 x	30	30	30
Scharhacke 3 x	50	-	-
Beregnung	-	-	-
Ernte	125	125	125
Transport und Einlagerung	6	8	10
Trocknung	45	30	35
Zinsanspruch	9	8	8
Summe Variable Kosten €/ha	744	630	676
Vorfruchtwert €/ha	70	80	110
Deckungsbeitrag €/ha	726	650	834
Empfohlene Anbaupausen (Jahre)	3 bis 4*	6 bis 8	5 bis 6
* Vorteil der kürzeren Anbaupausen bei der Sojabohne sind in der Auswertung nicht berücksichtigt			

8. Zusammenfassung Öko-Sojabohnenanbau in Niedersachsen

Auf Grundlage der vierjährigen Versuche ist ein Sojabohnenanbau aus pflanzenbaulicher Sicht grundsätzlich auch in Niedersachsen möglich. Gleichwohl bleibt ein witterungsbedingtes Anbaurisiko durch Kälteeinbrüche während der Jugendentwicklung oder witterungsbedingte Verzögerung wegen der vergleichsweise späten Ernte bestehen.

Für einen erfolgreichen Sojabohnenanbau spielt die Produktionstechnik eine entscheidende Rolle. Neben der richtigen Sortenwahl von kältetoleranten und sicher abreifenden 000-Sorten ist die Saatgutimpfung mit speziellen Rhizobien elementar. Einen wesentlichen Einfluss auf den Anbauerfolg hat aber auch die Unkrautregulierung. Hier hat sich in den Versuchen der Sojaanbau mit weiter Reihe als Hackfrucht bewährt. Die Hacktechnik sollte mit Zusatzwerkzeugen ausgestattet sein, die innerhalb der Kulturreihen arbeiten, um so die Unkrautkonkurrenz möglichst gering zu halten. Ein flankierender Einsatz von Striegeltechnik ist zusätzlich möglich und auch empfehlenswert. Für den Einstieg in den Öko-Sojaanbau sind die gegenwärtigen Rahmenbedingungen nicht schlecht. Die Erzeugerpreise haben aufgrund der hohen Nachfrage deutlich angezogen. Außerdem ist in Niedersachsen ein Bio-Betrieb in die Sojaverarbeitung für die Verfütterung eingestiegen. Damit haben sich auch die regionalen Vermarktungsperspektiven deutlich verbessert.

Entscheidend für den Anbau sind letztlich auskömmliche Deckungsbeiträge. Hier ist die Sojabohne auf sandigen Standorten mit Berechnungsmöglichkeit im Deckungsbeitrag im Vergleich zur Körnererbse und vor allem gegenüber der Blauen Lupine im Vorteil. Ein weiterer Vorzug ist ihre kürzere Anbaupause, so dass die Sojabohne auf diesen Böden eine interessante Alternative zu Erbse und Lupine darstellt. Auf lehmigeren Standorten hat die Ackerbohne aus ökonomischer Sicht tendenziell die Nase vorn, da sie vor allem in der Produktionstechnik einen geringeren Aufwand bedarf als eine Sojabohne. Aber auch hier ist die kürzere Anbaupause wiederum ein Vorteil für die Sojabohne.

Grundsätzlich ist die Sojabohne eine Kultur, um die man sich im Betrieb intensiv kümmern muss. Vor allem die aufwendigere Unkrautregulierung zählt dazu. Aber auch eine Beregnung (auf Sandböden), eine späte Verfügbarkeit von Erntetechnik, sowie Trocknungs- und Lagermöglichkeit sollten betrieblich oder überbetrieblich zur Verfügung stehen.

Sojabohnen-Anbauberatung

Wer in den Sojabohnenanbau einsteigen möchte, benötigt fundierte produktionstechnische Informationen.

Aufgrund der über vierjährigen Versuchsarbeit mit Sojabohnen liegen im Fachbereich Ökologischer Landbau der LWK Niedersachsen umfangreiche Erfahrungen zum Öko-Sojaanbau vor. Diese Erfahrungen geben wir gerne im Rahmen einer Anbauberatung weiter.

Folgende Ansprechpartner stehen zur Verfügung:

Markus Mücke (Sojabohnenanbau) Tel.: 0511/3665-4378

Dr. Kirsten Seidel (Sojabohnenanbau) Tel.: 0511/3665-4294

Jan Hempler (Sojabohneneinsatz in der Fütterung) Tel.: 0511/3665-4494

9. Anhang

Tabelle 21: BBCH-Code der Sojabohne – Aufgang bis Jugendentwicklung

BBCH-Code	Beschreibung
08	Hypokotyl erricht die Bodenoberfläche, Keimblätter sind noch im Boden
09	Auflaufen: Hypokotyl mit Keimblättern durchbricht die Bodenoberfläche
10	Keimblätter voll entfaltet
11	Erstes Laubblattpaar am 1. Nodium entfaltet
12	Laubblatt am 2. Nodium entfaltet
13	Laubblatt am 3. Nodium entfaltet
14	Laubblatt am 4. Nodium entfaltet
15	Laubblatt am 5. Nodium entfaltet
16	Laubblatt am 6. Nodium entfaltet

**Tabelle 22: Unkrautregulierungsversuch in Sojabohnen 2009 bis 2011
Erträge und Futterqualitäten**

Varianten	Ertrag dt/ha (relativ)			Rohprotein % in TM			Ölgehalt % in TM		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011
1 Sternrollhacke (Rotary Hoe)	-*	80	81	-*	26,7	44,4	-*	19,3	16,2
2 Striegel	87	93	99	39,9	26,5	44,5	22,1	19,3	17,4
3 Fingerhacke	94	99	104	39,0	26,1	44,0	21,8	19,0	18,1
4 Torsionshacke	103	106	111	39,5	26,9	43,5	22,2	19,2	17,2
5 Flachhäufler	116	123	106	38,6	26,3	43,4	21,4	19,3	17,7
Mittelwert (absolut)	19,6	11,7	27,4	39,3	26,5	44,0	21,9	19,2	17,3
Standardmittel / dt/ha (Var. 1-5)	19,6	11,7	27,4						
GD 5 % (relativ)	9,6	14,4	9,3						

* Sternrollhacke wurde erst ab 2010 eingesetzt

Tabelle 23: Unkrautregulierungsversuch in Sojabohnen 2009 - Bonituren

Einsatztermine / Stadium / Arbeitsgeschwindigkeit	Kulturpflanzen- verluste %	Regulierungs- erfolg %**	Beikraut- deckungs- grad %***
Variante 1 - Striegel 1. Termin: 27.05.2009/ EC 11 (1. Laubblattpaar) / 4,5 km/h 2. Termin: 03.06.2009/ EC 12 (2. Laubblattpaar) / 5,0 km/h	11 17	66 37	30
Variante 2 - Scharhacke + Fingerhacke 1. Termin: 27.05.2009/ EC 11 (1. Laubblattpaar) - Striegel / 4,5 km/h 2. Termin: 27.05.2009/ EC 11 (1. Laubblattpaar) - nur Scharhacke 3. Termin: 03.06.2009/ EC 12 (2. Laubblattpaar) - Scharhacke mit Fingerhacke / 4,5 km/h 4. Termin: 22.06.2009/ EC 14 (4. Laubblattpaar) - Scharhacke mit Fingerhacke / 4,5 km/h	9 0 1 6	55 -* 48 43	15
Variante 3 - Scharhacke + Torsionshacke 1. Termin: 27.05.2009/ EC 11 (1. Laubblattpaar) - Striegel / 4,5 km/h 2. Termin: 27.05.2009/ EC 11 (1. Laubblattpaar) - nur Scharhacke 3. Termin: 03.06.2009/ EC 12 (2. Laubblattpaar) - Scharhacke mit Torsionshacke / 4,5 km/h 4. Termin: 22.06.2009/ EC 14 (4. Laubblattpaar) - Scharhacke mit Torsionshacke / 4,5 km/h	11 0 4 6	60 -* 38 47	15
Variante 4 - Scharhacke + Flachhäufel 1. Termin: 27.05.2009/ EC 11 (1. Laubblattpaar) - Striegel / 4,5 km/h 2. Termin: 27.05.2009/ EC 11 (1. Laubblattpaar) - nur Scharhacke 3. Termin: 03.06.2009/ EC 12 (2. Laubblattpaar) - Scharhacke mit Flachhäufel / 4,5 km/h 4. Termin: 22.06.2009/ EC 14 (4. Laubblattpaar) - Scharhacke mit Flachhäufel / 4,5 km/h	9 0 4 5	65 -* 69 71	5
* Der Regulierungserfolg dieser Einzelmaßnahme wurde nicht ermittelt			
** Die Ermittlung der Regulierungserfolge der Varianten 3 bis 5 bezog sich auf den Wirkungsbereich der Arbeitswerkzeuge (12 cm) die innerhalb der Kulturpflanzenreihen arbeiten. Der Arbeitsbereich der Gänßfußschare wurde nicht bonitiert			
*** Eine Woche nach Abschluß der Maßnahmen ermittelt (am 01.07.2009)			

Tabelle 24: Unkrautregulierungsversuch in Sojabohnen 2010 – Bonituren

Einsatztermine / Stadium / Arbeitsgeschwindigkeit	Kulturpflanzenverluste %	Regulierungserfolg %**	Beikrautdeckungsgrad %***
Variante 1 - Striegel 1. Termin: 26.05.2010/ EC 8-10 (Aufgang-Keimblatt) / 3 km/h 2. Termin: 03.06.2010/ EC 11 (1. Laubblattpaar) / 4,0 km/h 3. Termin: 09.06.2010/ EC 12 (2. Laubblattpaar) / 4,5 km/h 4. Termin: 18.06.2010/ EC 13 (3. Laubblattpaar) / 4,5 km/h 5. Termin: 30.06.2010/ EC 15 (5. Laubblattpaar) / 4,5 km/h	15 10 11 8 3	43 48 51 77 42	25
Variante 2 - Sternrollhacke (Rotary Hoe) 1. Termin: 26.05.2010/ EC 8-10 (Aufgang-Keimblatt) - Überfahrt: 1 x / 12 km/h 2. Termin: 03.06.2010/ EC 11 (1. Laubblattpaar) - Überfahrt einfach / 12 km/h 3. Termin: 09.06.2010/ EC 12 (2. Laubblattpaar) - Überfahrt doppelt / 12 km/h 4. Termin: 18.06.2010/ EC 13 (3. Laubblattpaar) - Überfahrt doppelt / 12 km/h	9 1 2 3	23 22 25 49	45
Variante 3 - Scharhacke + Fingerhacke 1. Termin: 03.06.2010/ EC 11 (1. Laubblattpaar) - Scharhacke anschließend Hackstriegel 2. Termin: 09.06.2010/ EC 12 (2. Laubblattpaar) - Scharhacke mit Fingerhacke / 4,5 km/h 3. Termin: 18.06.2010/ EC 13 (3. Laubblattpaar) - Scharhacke mit Fingerhacke / 4,5 km/h 4. Termin: 30.06.2010/ EC 15 (5. Laubblattpaar) - Scharhacke mit Fingerhacke / 4,5 km/h 5. Termin: 07.07.2010/ EC 16 (6. Laubblattpaar) - nur Scharhacke	-* 4 4 2 -*	-* 41 57 46 -*	15
Variante 4 - Scharhacke + Torsionshacke 1. Termin: 03.06.2010/ EC 11 (1. Laubblattpaar) - Scharhacke anschließend Hackstriegel 2. Termin: 09.06.2010/ EC 12 (2. Laubblattpaar) - Scharhacke mit Torsionshacke / 4,5 km/h 3. Termin: 18.06.2010/ EC 13 (3. Laubblattpaar) - Scharhacke mit Torsionshacke / 4,5 km/h 4. Termin: 30.06.2010/ EC 15 (5. Laubblattpaar) - Scharhacke mit Torsionshacke / 4,5 km/h 5. Termin: 07.07.2010/ EC 16 (6. Laubblattpaar) - nur Scharhacke	-* 6 1 1 -*	-* 62 76 39 -*	10
Variante 5 - Scharhacke + Flachhäufler 1. Termin: 03.06.2010/ EC 11 (1. Laubblattpaar) - Scharhacke anschließend Hackstriegel 2. Termin: 09.06.2010/ EC 12 (2. Laubblattpaar) - Scharhacke mit Flachhäufler / 4,5 km/h 3. Termin: 18.06.2010/ EC 13 (3. Laubblattpaar) - Scharhacke mit Flachhäufler / 4,5 km/h 4. Termin: 30.06.2010/ EC 15 (5. Laubblattpaar) - Scharhacke mit Flachhäufler / 4,5 km/h 5. Termin: 07.07.2010/ EC 16 (6. Laubblattpaar) - nur Scharhacke	-* 3 2 0 -*	-* 63 87 53 -*	5
* Der Regulierungserfolg dieser Einzelmaßnahme wurde nicht ermittelt ** Die Ermittlung der Regulierungserfolge der Varianten 3 bis 5 bezog sich auf den Wirkungsbereich der Arbeitswerkzeuge (12 cm) die innerhalb der Kulturpflanzenreihen arbeiten. Der Arbeitsbereich der Gänßfußschare wurde nicht bonitiert *** Eine Woche nach Abschluß der Maßnahmen ermittelt (am 13.07.2010)			

Tabelle 25: Unkrautregulierungsversuch in Sojabohnen 2011 - Bonituren

Einsatztermine / Stadium / Arbeitsgeschwindigkeit	Kulturpflanzenverluste %	Regulierungserfolg %**	Beikrautdeckungsgrad %***
Variante 1 - Striegel 1. Termin: 19.05.2011/ EC 8-10 (Aufgang-Keimblattstadium) / 3,8 km/h 2. Termin: 25.05.2011/ EC 11 (1. Laubblattpaar) / 4,5 km/h 2. Termin: 31.05.2011/ EC 12 (2. Laubblattpaar) / 4,5 km/h 4. Termin: 07.06.2011/ EC 13 (3. Laubblattpaar) / 4,5 km/h 5. Termin: 17.06.2011/ EC 15 (5. Laubblattpaar) / 5,5 km/h	19 11 5 9 4	50 68 91 41 75	20
Variante 2 - Sternrollhacke (Rotary Hoe) 1. Termin: 19.05.2011/ EC 8-10 (Aufgang-Keimblattstadium) - Überfahrt doppelt / 12 km/h 2. Termin: 25.05.2011/ EC 11 (1. Laubblattpaar) - Überfahrt einfach / 12 km/h 3. Termin: 31.05.2011/ EC 12 (2. Laubblattpaar) - Überfahrt doppelt / 12 km/h 4. Termin: 07.06.2011/ EC 13 (3. Laubblattpaar) - Überfahrt doppelt / 12 km/h 5. Termin: 17.06.2011/ EC 15 (5. Laubblattpaar) - Überfahrt doppelt / 12 km/h	11 8 3 9 4	68 63 80 24 70	30
Variante 3 - Scharhacke + Fingerhacke 1. Termin: 25.05.2011/ EC 11 (1. Laubblattpaar) - Scharhacke + Torsionshacke 2. Termin: 31.05.2011/ EC 12 (2. Laubblattpaar) - Striegel 3. Termin: 07.06.2011/ EC 13 (3. Laubblattpaar) - Scharhacke + Fingerhacke / 4,5 km/h 4. Termin: 17.06.2011/ EC 15 (5. Laubblattpaar) - Scharhacke + Fingerhacke / 4,5 km/h 5. Termin: 29.06.2011/ EC 16 (5. Laubblattpaar) - Scharhacke + Fingerhacke / 4,0 km/h	-. -. 5 1 1	-. -. 61 58 72	10
Variante 4 - Scharhacke + Torsionshacke 1. Termin: 25.05.2011/ EC 11 (1. Laubblattpaar) - Scharhacke + Torsionshacke 2. Termin: 31.05.2011/ EC 12 (2. Laubblattpaar) - Striegel 3. Termin: 07.06.2011/ EC 13 (3. Laubblattpaar) - Scharhacke + Torsionshacke / 4,5 km/h 4. Termin: 17.06.2011/ EC 15 (5. Laubblattpaar) - Scharhacke + Torsionshacke / 4,5 km/h 5. Termin: 29.06.2011/ EC 16 (5. Laubblattpaar) - Scharhacke + Torsionshacke / 4,0 km/h	-. -. 4 2 1	-. -. 75 84 92	5
Variante 5 - Scharhacke + Flachhäufel 1. Termin: 25.05.2011/ EC 11 (1. Laubblattpaar) - Scharhacke + Torsionshacke 2. Termin: 31.05.2011/ EC 12 (2. Laubblattpaar) - Striegel 3. Termin: 07.06.2011/ EC 13 (3. Laubblattpaar) - Scharhacke + Flachhäufel / 4,5 km/h 4. Termin: 17.06.2011/ EC 15 (5. Laubblattpaar) - Scharhacke + Flachhäufel / 4,5 km/h 5. Termin: 29.06.2011/ EC 16 (5. Laubblattpaar) - Scharhacke + Flachhäufel / 4,0 km/h	-. -. 5 1 0	-. -. 82 86 88	2
* Der Regulierungserfolg dieser Standardmaßnahme über die Varianten 3 - 5 wurde nicht ermittelt ** Die Ermittlung der Regulierungserfolge der Varianten 3 bis 5 bezog sich auf den Wirkungsbereich der Arbeitswerkzeuge (12 cm) die innerhalb der Kulturpflanzenreihen arbeiten. Der Arbeitsbereich der Gänsefußschare wurde nicht bonitiert *** Eine Woche nach Abschluss der Maßnahmen ermittelt (am 07.07.2011)			