

Soja: Bestelltechnik und Unkrautbekämpfungsverfahren

Gute Erträge mit weniger oder ohne Herbizide

Edward Irla, Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon

Die Sojabohne mit einem Gehalt von rund 40% Protein und 20% Öl wird als Tierfutter und teilweise zur Herstellung von Nahrungsmitteln verwendet. Mit einer Anbaufläche von 1900 bis 2000 ha hat sie die Kontingentgrenze in wenigen Jahren erreicht. Fortschritte bei der Sortenzüchtung sowie Anbau- und Pflorgetechnik tragen dazu bei, dass Soja in Lagen um 550 m ü.M. noch gute Erträge ergibt. Eine erfolgreiche, umweltschonende Anbautechnik erfordert eine standortangepasste Bodenbearbeitung, sorgfältige Saat und mechanische Unkrautregulierung. Letztere benötigte in den Versuchen 1992 bis 1994 drei

Durchgänge mit Hack- und Striegelgeräten im Mai/Juni. Nach Bandspritzung reichten hingegen zwei Arbeitsgänge mit Rüben-Schar- oder Sternhackgeräten aus (60% Herbizideinsparung).

Die mit Bandspritzung oder Striegeln kombinierten Hackverfahren wiesen offensichtlich infolge Bodenpflege meist höhere Erträge als die Flächenspritzung auf. Der Arbeitsaufwand beim Striegeln ist etwa gleich und bei den Hackverfahren (Zweimann-Bedienung) über dreimal grösser als beim Spritzverfahren. Die Kosten der kombinierten Hackverfahren sind bis um 17% tiefer als bei zweimaliger Flächen-

spritzung. Die dreimal tieferen Kosten beim Striegeln hingegen sind nur bei geringem Unkrautbesatz realisierbar.

Inhalt	Seite
Problemstellung	2
Untersuchungsverlauf, Geräte	2
Bodenbearbeitung und Saat	2
Unkrautregulierung: Verfahrenvergleich	3
Ertrag, Arbeitsaufwand und Kosten	5
Schlussfolgerungen	6



Abb. 1. Exakte Soja-Einzelkornsaat mit gleichzeitiger Herbizidbandspritzung erleichtern die Unkrautregulierung. Praktisch unkrautfreier Bestand nach zweimaligem Hacken (rechts).

Problemstellung

Beim Soja-Anbau wird oft die Unkrautbekämpfung als grösstes Problem bezeichnet. Sie erfolgt in der Praxis meist mit zweimaliger Herbizid-Flächenspritzung. Als Alternativen kommen herbizidfreie bzw. -arme mechanische und kombinierte Bekämpfungsverfahren in Betracht. Durch einen Rübenhackgeräte-Einsatz kann der Lufthaushalt des Bodens und somit die Tätigkeit der Knöllchenbakterien verbessert werden. Die FAT-Untersuchung erfasste mechanische und mit Bandspritzung kombinierte Verfahren (= 100 bzw. 60% Herbizideinsparung) im Hinblick auf ein integriertes oder biologisches Produktionssystem.

Untersuchungsverlauf, Hack- und Striegelgeräte

- Die drei Feldversuche 1992 bis 1994 erfolgten in Tänikon: 540 m ü.M. und rund 1200 mm durchschnittliche Jahresniederschläge (Tab. 1).
- Versuche als «Blockanlage» mit vier Wiederholungen und 81 m²-Parzellen (2,7 m × 30 m).
- Sechsstufige Heckenbau-Hackgeräte mit Feinsteuerung
Scharhackgerät 2,7 m mit zwei Winkelmessern und 16 cm breitem Gänsefusschar pro Reihe (Rau).
- **Sternhackgerät** 2,7 m mit 19 cm breitem Lockerungsschar und zwei Hacksternpaaren pro Reihe (Haruwyl).
- **Striegel** 2,8 m mit Rundstahlzinken, 2,5 cm Strichabstand, Stützräder und Spurlocker (Haruwyl).
- **Herbizide:** Voraufbau; Trapan-Wirkstoffe Pendimethalin + Linuron und nur 1992 Nachaufbau; Basagran-Wirkstoff-Bentazon mit FAT-Parzellenspritzgerät und 310 l Wasser/ha oder mit Bandspritze und 200 l Wasser/ha bei der Saat ausgebracht (Tab. 1).

- Erhebungen; verfahrenstechnische Daten, Unkrautmasse frisch und Trockensubstanz/m² am 22.9.1992 sowie am 6.9.1993 und 1994. Ernte-Parzellen je 15 m², Soja von Hand gemäht und mit Parzellenmähdrescher gedroschen.

Gezielte Bodenbearbeitung

Die Integrierte Produktion erfordert eine sachgerechte Unkrautregulierungsstrategie. Die Wahl geeigneter Arbeitsverfahren hängt von Standort, Fruchtfolge und Witterung ab. Auf mittelschweren und schweren Böden erfolgt die Grundbodenbearbeitung vorteilhafterweise in warmen und trockenen Perioden im Sommer. Beispielsweise nach Getreideernte folgen: Stoppelbearbeitung, Pflügen, Saatbettbereitung und Zwischenfruchtsaat (Tab. 1). Mit einer flachen Stoppelbearbeitung wird das Keimen ausgefallener Getreide- und Unkrautsamen gefördert. Auch verschiedene Problemun-

Tabelle 1. Versuchstechnische Angaben bei Sojabohnen

Arbeitsverlauf	1992	1993	1994
Bodenart	Schwach toniger Lehm	Toniger Lehm	Sandiger Lehm
Vorfrucht	Triticale	Winterweizen	Winterweizen
Bodenbearbeitung und Zwischenfruchtsaat	Pflügen, Eggen Phacelia (19.8.1991)	Pflügen, Eggen, Sommerweizen + Sonnenblumen (19.8.1992)	Grubbern, Eggen, Sommerweizen + Sonnenblumen (19.8.1993)
Flächenspritzung ¹⁾	Touchdown 3 l/ha (10.4.)	Roundup 3 l/ha (19.3.)	–, Pflügen (13.1.)
Saatbettbereitung	Grubber, Zinkenrotor	Grubber, Zinkenrotor	Kreiselegge + Zahnpackerwalze
Einzelkornsaat, Sojasorte/Reife	(6.5.) Silvia/früh	(22.4.), Paradies/sehr früh	(4.5.) Maple Arrow/früh
Reihen-/Samenabstand	45/4 cm (=55 Samen/m ²)	45/4 cm (= 125 kg/ha bei 225 g TKG)	45/4 cm
Unkrautbekämpfungsverfahren: Einsätze der Geräte			
A. Flächenspritzung	2,5 kg/ha Trapan 8.5. 3 l/ha Basagran 5.6.	2,5 kg/ha Trapan 22.4.	2,5 kg/ha Trapan 5.5.
B. Bandspritzung ²⁾ /Scharhackgerät	6.5. / 26.5. und 10.6.	22.4. / 17.5. und 7.6.	4.5. / 31.5. und 27.6.
C. Bandspritzung ²⁾ /Sternhackgerät	6.5. / 26.5. und 10.6.	22.4. / 17.5. und 7.6.	4.5. / 31.5. und 27.6.
D. Striegeln	26.5. und 10.6.	17.5. und 27.5.	31.5. und 13.6.
E. Scharhackgerät/Striegeln	26.5. und 10.6./26.5.	17.5. und 7.6. / 27.5.	31.5. und 27.6. / 13.6.
Ernte / Kornfeuchte %	30.9. / 21,2	20.9. / 22	10.10. / 21,4
Verunkrautung: Vogelmiere, Hirtentäschel, Ackerstiefmütterchen, Weisses Gänsefüss, Rutenmelde, Storchschnabel, Windhalm, Klettenlabkraut, Amarant, Taubnessel, Raps, Rauhe Gänsefüss, Hühnerhirse			

¹⁾ Gegen Ausfallraps und Altverunkrautung

²⁾ Bandbreite 18 cm = 1 kg/ha Trapan bei der Saat

kräuter können dabei leichter als später in Soja bekämpft werden. Die erwähnten Massnahmen und eine fast ganzjährige Bodenbedeckung bewirken Bodenschonung, Strukturverbesserung, Verringerung der Nährstoffauswaschung und Bodenerosion sowie der Verunkrautung.

Saatbettbereitung

Um eine gute Nährstoff-, Wasser- und Luftführung zu gewährleisten, sollte die Ackerkrume bei der Frühjahrsbearbeitung nicht verdichtet werden. Im Hinblick auf das Gedeihen der Soja, die Tätigkeit der Knöllchenbakterien und den Einsatz der Hack- bzw. Striegelgeräte wird ein lockerer Boden mit stabiler, mittlerer Krümelstruktur bevorzugt. Für ein 12 cm tiefes, tragfähiges und ausgeebnetes Saatbett auf mittelschweren Böden reicht nach einer Pflugfurche meist ein Arbeitsgang mit einer Federzinkenegge mit Krümmer aus. In den Versuchen 1992/93 auf schweren, langsam trocknenden Böden hingegen war zuerst ein 15 bis 18 cm tiefes Grubbern erforderlich. Mit Zinkenrotor mit Zahnpackerwalze wurden zudem die auswinternden Zwischenfruchtreste eingearbeitet und die ersten Unkrautkeimlinge vernichtet.

Einzelkornsaat – exakte Samenablage

Die Sojasaat mit/ohne Bandspritzung erfolgte mit einer sechsreihigen pneumatischen Einzelkornsämaschine bei einer Bodentemperatur von 8 bis 10° C (Abb. 1). Beim Impfen des Saatgutes mit Knöllchenbakterien sind Hinweise der Gebrauchsanleitung – besonders das Verhältnis Saatgut-Substrat-Wasser – genau zu befolgen. Feuchte Sojasamen neigen zum Kleben, rutschen schlechter nach und können Verstopfungen und Fehlstellen verursachen. Mit Soja-Sätscheiben und Rüben-Sätscharen liessen sich die 55 Samen/m² auf die 3 bis 4 cm Tiefe und den 4-cm-Samenabstand ablegen. Dabei ist besonders auf einen genügenden Unterdruck, exakte Abstreifer-Einstellung und eine langsame Fahrgeschwindigkeit von 3 km/h zu achten.

Unkrautregulierung: Verfahrensvergleich

Die Soja ist in den sechs bis acht Wochen nach der Saat gegenüber Unkräutern konkurrenzschwach. Um eine übermässige Früh- und Spätverunkrautung zu verhindern, ist eine rechtzeitige, standortangepasste Unkrautregulierung erforderlich. In den Versuchen trat meist eine mittlere Mischverunkrautung mit geringem Klettenlabkraut-Anteil (1993) auf (Tab. 1). Ihre Bekämpfung fiel je nach Verfahren, Witterungsverlauf und Soja-sorte recht unterschiedlich aus. Die Sorten M. Arrow und Silvia mit einer 90 bis 100 cm-Wuchshöhe zeichneten sich durch eine stärkere Unkrautunterdrückung aus als die 60 bis 70 cm hohe «Paradies».

Die Flächenspritzung im Voraufbau mit Trapan bewirkte meist eine mässige Bekämpfung der Unkräuter (Tab. 2, Abb. 6). Eine Nachbehandlung 1992 mit Basagran war gegen Weissen Gänsefuss, Rutenmelde und Hirse zuwenig wirksam. Die Wirkungseinbussen bei Trapan sind offensichtlich auf Verdunstungsverluste bei warmer Witterung und trockener Bodenoberfläche zurückzuführen.

Bandspritzung/Hacken. Die Bandspritzung bei der Saat und ein zweimaliges Hacken ergaben den besten Bekämpfungseffekt. Die Einsätze der

Schar- oder Sternhackgeräte erfolgten bei 4 bis 6 cm und 15 bis 30 cm hohen Bohnen, 4 bis 5 cm Arbeitstiefe und einer Fahrgeschwindigkeit von 4,5 bis 5,1 km/h (Abb. 2 und 3). Dabei wurden auch Verschlämmungen und Verkrustungen des Bodens beseitigt.

Das Striegeln bei 1-, 2- und 3-4-Blattstadium der Soja bei 2 bis 3 cm Arbeitstiefe und 4 bis 5 km/h Fahrgeschwindigkeit hat lediglich die frühkeimenden Samenunkräuter gut erfasst (Abb. 4). Gegen Pfahlwurzelunkräuter und Klettenlabkraut war es besonders 1992/93 zu wenig wirksam. Die Sojablätter wurden 1993 an trockenen Erdschollen auch bei geringem Zinkenfederdruck leicht beschädigt und teilweise die Pflanzen zu Boden gerissen.

Die Kombination Hacken/Striegeln hat sich besser bewährt als ein alleiniges Striegeln oder eine Flächenspritzung (Abb. 5). Nach einer guten Bodenlockerung mit dem Scharhackgerät folgte ein Striegeleinsatz und später der zweite Hackdurchgang. Bei der Ernte waren nur Gänsefuss, Amaranth und Klettenlabkraut vereinzelt sichtbar.

Tabelle 2. Unkrautbesatz und Soja-Ertrag je nach Unkrautbekämpfungsverfahren und Versuchsjahr

Unkrautbekämpfungsverfahren	Unkrautbesatz TS kg/a			Körnerertrag*) dt/ha		
	1992	1993	1994	1992	1993	1994
A. Flächenspritzung	7,4	5,2	1,5	33,1	16,7	31,9
B. Bandspritzung, Scharhackgerät	2,9	1,8	0,7	34,9	18,4	33,8
C. Bandspritzung, Sternhackgerät	1,5	1,2	0,2	33,2	18,7	35,2
D. Striegeln	8,4	7,0	1,6	34,3	13,8	33,6
E. Scharhackgerät, Striegeln	4,9	3,4	0,5	33,5	17,5	34,6
K. Unbehandelt	11,1	11,3	3,4	–	–	–
KGD (95%)	5,1	3,5	0,4	1,6	1,8	2,8

*) Wassergehalt 11 %, KGD=Kleinste gesicherte Differenz (bei 95% Sicherheit)
Fettdruck: Statistisch gesicherte Unterschiede im Vergleich zum Verfahren A



Abb. 2. Mit dem Rübenscharhackgerät lässt sich auch in Soja eine ausreichende Unkrautbekämpfung erreichen. Von links: erste bzw. zweite Durchfahrt, Hacksatzbreite 31 cm bei Winkelmesser bzw. 28 cm bei Gänsefußscharen.



Abb. 3. Mit dem Sternhackgerät mit Lockerungsscharen wurde der Boden gut gelockert, gewendet und die Unkräuter bekämpft. Ein leichtes Anhäufeln der Reihen hat den Mähdrusch beim aufrechtstehenden Soja nicht beeinträchtigt (rechts). Steine an der Oberfläche haben die Ernte erschwert.



Abb. 4. Das Striegeln konnte praktisch nur in Kombination mit Hacken befriedigen. Eine mässige Fahrgeschwindigkeit, ein geringer Zinkenfederdruck und eine Arbeitskontrolle sind empfehlenswert.

Abb. 5. Oben: Unbehandelt und nach Flächenspritzung, 1994
 Unten: Praktisch unkrautfreier Sojabe- stand vor der Ernte – nach Bandsprit- zung und zweimaligem Hacken.



Gleiche oder höhere Erträge

Die mechanischen und mit der Band- spritzung kombinierten Verfahren wei- sen meist tendenzmässig oder teilwei- se gesichert höhere Erträge als das Spritzverfahren auf (Tab. 2, Abb. 6). Dies ist offensichtlich auf die Vorteile der mechanischen Bodenpflege wie Beseitigen von Verkrustungen, Verbes- erung des Luft- und Wasserhaushal- tes und der Knöllchenbakterien-Tätig- keit zurückzuführen. Eine ungleich- mässige Verteilung der Niederschläge 1993 mit Trockenperioden hat den Ertrag beeinträchtigt. Exakte Handha- bung und ein langsames Fahren beim Mähdrusch tragen zur Reduktion des Ernteverlustes bei.

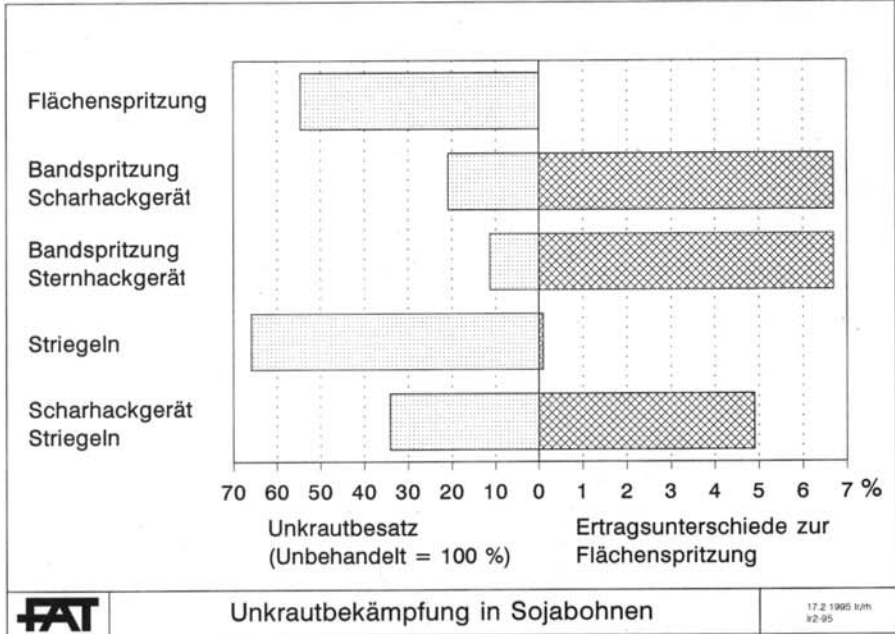


Abb. 6. Unkrautbesatz- und Ertragsunterschiede der Unkrautbekämpfungsver- fahren (Dreijahresdurchschnitte). Ertrag von 27,2 dt/ha der Flächenspritzung = 0.

Arbeitsaufwand und Kosten

Der Arbeitsaufwand der kombinierten Hackverfahren mit Zweimann-Bedienung ist um rund 4 bis 5 Stunden/ha grösser als beim Spritzen oder Striegeln (Abb. 7).
Die Verfahrenskosten hängen von der Miete oder vom Kauf der Geräte, den

Standortbedingungen und der Herbizidwahl ab. Beispielsweise bei Gerätemiete können die Hackverfahren (mit Bandspritzen oder Striegeln) mit der Flächenspritzen durchaus konkurrieren. Die um rund Fr. 270.-/ha tieferen Kosten beim Striegeln hingegen sind nur bei ausgesprochen günstigen Standortbedingungen realisierbar. Die standortbezogenen Verfahrenskosten lassen sich anhand der Angaben in Abbildung 7 berechnen.

Schlussfolgerungen

Die dreijährigen Untersuchungen zeigen, dass ein erfolgreicher Sojaanbau eine sorgfältige, standortangepasste Bodenbearbeitung, Sortenwahl, Sätechnik und Unkrautregulierung erfordert. Letztere kann bei günstigen Anbaubedingungen und Witterung mit rein mechanischen Massnahmen wie Hacken/Striegeln erfolgen. Auf schweren Böden mit starkem Unkrautdruck hat sich die Kombination Bandspritzen bei der Saat und ein zweimaliger Einsatz der Rüben-Schar- oder Sternhackgeräte als sicherstes Verfahren erwiesen. Dabei werden Verschlämmungen und Verkrustungen beseitigt sowie Luft- und Wasserhaushalt des Bodens und damit das Gedeihen der Soja verbessert. Diese Verfahren verursachen mehr Arbeit bei etwa vergleichbaren oder sogar tieferen Kosten.
Die Soja erfordert in der Regel keine Fungizid- und Insektizidbehandlungen oder Stickstoffdüngung. Ihr umweltschonender Anbau ist somit in integriert und biologisch wirtschaftenden Betrieben sowie mit der bestehenden Mechanisierung aus dem Rüben- und Getreidebau möglich.

Verdankung

Herzlichen Dank an Hans-Ulrich Ammon und Caroline Scherrer, FAP Zürich, für die wertvolle Zusammenarbeit bei den Unkrautbonitierungen.

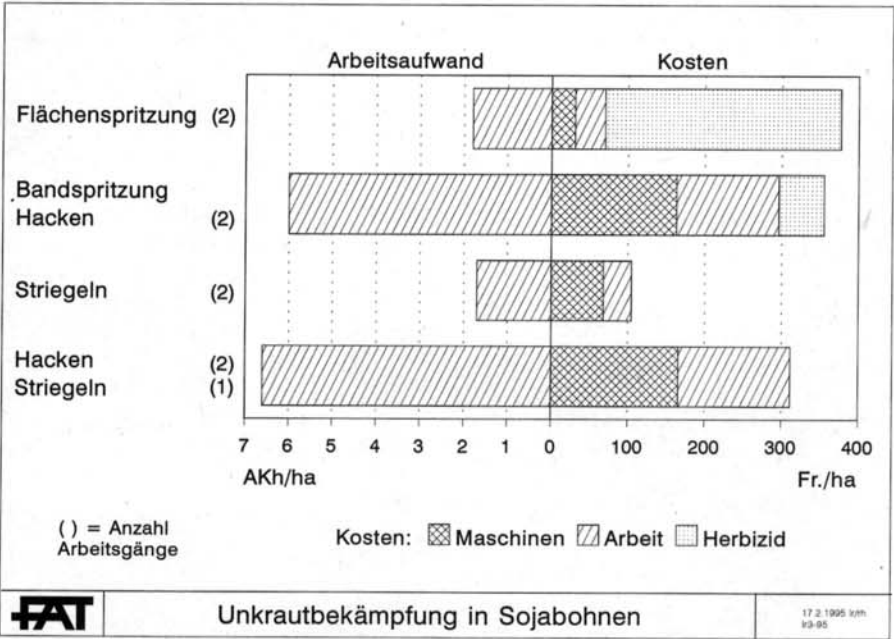


Abb. 7. Arbeitsaufwand und Kosten der Unkrautbekämpfungsverfahren bei Miete der Bandspritze, Hack- und Striegelgeräte (ohne Fixkosten des Traktors und der Feldspritze). Ansätze gemäss FAT-Bericht Nr. 449; Traktor 33 kW (45 PS), Spritze 12 m, Striegel (6 m) Fr. 26.-/ha, Scharhackgerät (2,7 m) Fr. 52.-/ha, Bandspritze Fr. 29.-/ha, Arbeit Fr. 22.-/AKh.