

Pflegetechnik und mechanische Unkrautregulierung in Kartoffeln

Umweltschonende Pflegeverfahren erfolgreich

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

Ein erfolgreicher Kartoffelbau erfordert eine fachgerechte, den Standortbedingungen und der Produktionsrichtung angepasste Anbautechnik. Durch ein gezieltes Vorgehen bei der Bestell- und Pflegetechnik lassen sich eine hohe Ausbeute und Qualität des Erntegutes mit umweltgerechten Verfahren erreichen. Mit mechanischen Pflegemassnahmen können die drei Hauptziele wie Dammaufbau, Bodenpflege und eine umweltschonende Unkrautregulierung erzielt werden. In den Speisekartoffel-Versuchen 1992 bis 1994 reichten dazu drei Arbeitsgänge mit Vielfach- oder Sternhackgeräte-Kombinationen aus. Dabei sind

Witterung im Mai, Kartoffelentwicklung, Unkrautart und -stadium sowie die Handhabung der Pflegegeräte massgebend. Bei weniger günstiger Witterung und starkem Unkrautdruck kann die Kombination mit Bandspritze Abhilfe schaffen (63% Herbizideinsparung).

Die mechanischen Verfahren wiesen meist höhere Erträge als das Standardverfahren mit Flächenspritzung auf. Die Arbeitsaufwand-Unterschiede sind bei Zweimann-Bedienung relativ gering. Die Kosten der mechanischen Pflegeverfahren sind tiefer als bei Flächenspritzung mit den meisten Nachauflauf-Herbiziden.

Inhalt	Seite
Problemstellung	2
Untersuchungsverlauf, Geräte	2
Anbautechnische Massnahmen	2
Vergleich der Pflegeverfahren	3
Ertrag, Arbeitsaufwand und Kosten	7
Schlussfolgerungen	7



Abb. 1. Mit der Vielfachgeräte-Kombination lassen sich die drei Ziele wie Dammaufbau, Bodenpflege und eine wirksame Unkrautregulierung (rechts) erreichen.

Problemstellung

Die Unkrautbekämpfung in der Praxis erfolgt meist mit ein- oder zweimaliger Herbizid-Flächenspritzung. Neben bekannten Vorteilen sind auch Resistenz-, Abbau- und Rückstandsprobleme sowie Boden- und Grundwasserbelastung zu nennen. Integrierte Produktion, Umweltschutzaufgaben usw. verlangen nach Alternativlösungen. Die Kartoffeln als klassische Hackfrucht erfordern ohnehin für den Dammaufbau – von einer teuren Reihenfräse abgesehen – zwei Arbeitsgänge mit einem Pflegegerät. Mit dreimaligen Einsätzen einer Pflegegerätekombination lässt sich gleichzeitig eine wirksame Unkrautregulierung durchführen. In der FAT-Untersuchung standen mechanische und herbizidarme Verfahren sowie drei Pflegegeräte im Vordergrund.

Untersuchungsverlauf, Pflegegeräte

- Die drei Feldversuche 1992 bis 1994 erfolgten in Tänikon: 540 m ü.M. und 1200 mm durchschnittliche Jahresniederschläge (Tab. 1).
- Versuche als «Blockanlage» mit vier Wiederholungen und 75 m²-Parzellen (3 m x 25 m).
- Vierreihige Heckenbau-Pflegegeräte:
Hack- und Häufelgerät; mit drei Federzinken und Steilhäufler pro Reihe sowie Dammformblech und Hangsteuerung. Gewicht 890 kg, Gesamtbreite 3,25 m (Gruse, Müller Bättwil)
Vielfachgerät; mit fünf Federzinken, Kammstriegel und 51 cm-Ø-Häufelscheiben pro Reihe sowie klappbarer Werkzeugschiene und Feinsteuerung. Gewicht mit Bandspritze 660 kg (Haruwy).
Sternhackgerät; mit drei Gareizinken, Kammstriegel und zwei parallelogrammgeführten Hacksternpaaren pro Reihe. Gleiches Grundgerät wie beim Vielfachgerät. Gewicht mit Bandspritze 766 kg (Haruwy).
- Nachauflauf-Herbizide: Sencor-Wirkstoff Metribuzin oder Titus-Wirk-

stoff-Rimsulfuron mit FAT-Parzellenspritzgerät und 310 l Wasser/ha oder mit Bandspritze (Hardi) und 150 bzw. 200 l Wasser/ha beim zweiten Pflegedurchgang ausgebracht.

Anbautechnische Massnahmen

Mit anbautechnischen und direkten Pflegemassnahmen sollen günstige Wuchsbedingungen für die Kartoffeln geschaffen werden. Eine vielseitige Fruchtfolge, gezielte Bodenbearbeitung und Zwischenfruchtanbau tragen auch zur Reduktion der Verunkrautung bei. Mit der Stoppelbearbeitung werden Pflanzenreste eingearbeitet sowie das Auflaufen des Ausfallgetreides und der Unkrautsamen gefördert. Die Problemunkräuter wie Quecke, Ampfer, Winden, Disteln usw. lassen sich dabei leichter als später in Kartoffeln bekämpfen. Mittelschwere und schwere Böden werden mit Vorteil im August gepflügt, geeggt und mit einer nicht winterharten Zwischenfrucht angesät (Tab. 1). Diese Massnahmen tragen zur Bodenschonung, Strukturverbesserung, Ver-

Tabelle 1. Versuchstechnische Angaben bei Speisekartoffeln

Arbeitsverlauf	1992	1993	1994
Bodenart Vorfrucht Bodenbearbeitung und Zwischenfruchtsaat	Schwach toniger Lehm Triticale Pflügen, Eggen Phacelia (19.8.1991)	Toniger Lehm Winterweizen Pflügen, Eggen, Sommerwicken + Sonnenblumen (19.8.92)	Sandiger Lehm Winterweizen Pflügen, Eggen, Sommerwicken + Sonnenblumen (13.8.93)
Flächenspritzung ¹⁾ Legebettbereitung Kartoffellegen ²⁾ , Sorte Reihen-/Knollenabstand	Touchdown 3 l/ha (10.4.) Grubber, Zinkenrotor (21./22.4.) (22.4.), Désirée 75/33 cm, vorgekeimt	Roundup 3 l/ha (14.4.) Grubber, Zinkenrotor (19./20.4.) (21.4.), Désirée 75/29 cm, vorgekeimt	Roundup 3 l/ha (29.3.) Grubber, Kreiselegge (22./25.4.) (25.4.), Matilda 75/29 cm, vorgekeimt
Pflege- und Unkrautbekämpfungsverfahren: Einsätze der Geräte			
A. Hack- und Häufelgerät Flächenspritzung	13.5. und 15.5. 0,75 kg/ha Sencor 18.5.	10.5. und 11.5. 0,6 kg/ha Sencor 12.5.	3.5. und 16.5. 30 g Titus + 0,5 l Exell/ha 26.5.
B. Vielfachgerät Bandspritzung	8.5., 15.5. und 2.6. 0,28 kg/ha Sencor 15.5	10.5., 18.5. und 27.5. 0,2 kg/ha Sencor 18.5.	3.5., 16.5. und 1.6. 11 g Titus + 0,2 l Exell/ha 26.5.
C. Sternhackgerät Bandspritzung	13.5., 15.5. und 2.6. 0,28 kg/ha Sencor 15.5.	11.5., 14.5. und 27.5. 0,2 kg/ha Sencor 14.5.	3.5., 17.5. und 1.6. 11 g Titus + 0,2 l Exell/ha 26.5.
D. Vielfachgerät	8.5., 19.5. und 2.6.	10.5., 18.5. und 27.5.	3.5., 16.5. und 1.6.
E. Sternhackgerät	13.5., 21.5. und 2.6.	11.5., 17.5. und 27.5.	3.5., 17.5. und 1.6.
Krautbeseitigung Ertragserhebungen: 8 m² Proben	Flächenspritzung 7.8. Graben von Hand 17.8.	Krautziehmaschine 5.8. Schwinggraber 20.8.	Krautziehmaschine 16.8. Schwinggraber 31.8.
Verunkrautung: Vogelmiere, Taubnessel, Hirtentäschel, Rauhe Gänsedistel, Ackerstiefmütterchen, Flohknöterich, Klettenlabkraut			

¹⁾gegen Ausfallraps und Altverunkrautung

²⁾mit 4-reihigem halbautomatischen Legegerät

ringerung der Nährstoffauswaschung sowie Unkrautunterdrückung und Minderung der Bodenerosion bei.

Legebettbereitung. Im Hinblick auf den Dammaufbau und das Gedeihen der Kartoffeln sowie die Pflege- und knollenschonende Erntetechnik wird ein lockerer Boden mit stabiler, mittlerer Krümelstruktur angestrebt. Die Versuchsfelder wiesen infolge milder Winter eine starke Verunkrautung mit Ausfallraps und Vogelmiere auf. Dies wirkte sich offensichtlich positiv auf eine N-Konservierung, aber negativ auf ein Abtrocknen des Bodens aus. Ein Versuch 1993, die Verunkrautung mechanisch mit Spatenrolle zu beseitigen, scheiterte am Raps, der nach zehn Tagen erneut das Feld «beherrschte». Sie musste deshalb mit der Glufosinate-Spritzung bekämpft werden.

Nach einem flachen Grubbern folgte der einmalige Einsatz des Zinkenrotors oder der Kreiselegge mit Zahnpackerwalze (Traktor mit Doppelbereifung). Dabei wurde ein 13 bis 15 cm tiefes, tragfähiges und klutenarmes Legebett geschaffen sowie die ersten Unkrautkeimlinge vernichtet.

Beim **Legen** des vorgekeimten Pflanzgutes ist auf eine exakte Legetiefe und Anschlussabstände sowie gerades Fahren zu achten. Gleiche Arbeitsbreiten der Lege- und Pflegegeräte sind in Hanglagen Voraussetzung. Für zweireihige Legemaschinen ist ein vorgängiges Vorziehen der Dämme mit einem vierreihigen Häufelgerät empfehlenswert. Im Hinblick auf den Pflegegeräteinsatz und die Frostgefahr ist eine 10 cm-Erdschicht über den Knollen erforderlich.

Vergleich der Pflegeverfahren

Bei der Kartoffelpflege stehen Bodenlockerung, Dammaufbau und eine wirksame Unkrautregulierung im Vordergrund (Abb. 1). Dabei werden grossvolumige, 20 bis 25 cm hohe Dämme mit etwa 20 cm Kronenbreite angestrebt. Sie sollen eine gute Nährstoff-, Wasser- und Luftführung sowie eine ausreichende Erdbedeckung der Knollennester gewährleisten. Die Kartoffeln

zeichnen sich durch eine starke Unkrautkonkurrenzierung aus. Dies setzt allerdings im Frühstadium bis zur Bodenbedeckung eine wirksame, standortangepasste Unkrautregulierung und eine günstige Witterung voraus.

In den Versuchen **1992 und 1993** wirkten sich die gute Bodenstruktur und eine günstige Witterung vorteilhaft auf die Arbeitsqualität der Pflegegeräte aus. Mit zwei (Verfahren A, Tab. 1) bzw. drei Arbeitsgängen bei 5 bis 6 cm Arbeitstiefe und 5,5 bis 7 km/h Fahrgeschwindigkeit konnten die Forderungen bezüglich Dammaufbau und Unkrautregulierung mit allen Verfahren weitgehend erfüllt werden. Die mässige Mischverunkrautung mit sehr geringem Klettenlabkraut-Anteil liess sich auch mit rein mechanischen Massnahmen beseitigen. Nach dem Reihenschluss übernahmen die Kartoffeln die Unkrautregulierung. Der Bestand war bis zur Kartoffelkrautbeseitigung praktisch unkrautfrei.

Im Frühling **1994** hingegen hat die niederschlagsreiche Witterung mit 152/219 mm Regen im April/Mai (Σ 25 Jahre = 90/109 mm) die Einsätze der Geräte wesentlich erschwert. Letztere

erfolgten, sobald die 6 bis 8 cm Bodenschicht ausreichend abtrocknete. Weiter unten hingegen war der Boden meist zu feucht. Dadurch wurde die Arbeitsqualität der Geräte beeinträchtigt (Schollenbildung). Die Mischverunkrautung mit mittlerem Klettenlabkraut-Anteil konnte mit den mechanisch-chemischen Verfahren ausreichend bekämpft werden. Nach den mechanischen Massnahmen waren die Kartoffelreihen nur wenig, die Furchen hingegen meist über die Schadschwelle von fünf Unkräutern/m² verunkrautet. Die Spätverunkrautung ist auf die extrem trockene Sommerwitterung und dadurch starken Wachstumsrückstand (Krauthöhe 40 bis 50 cm am 16.8.), unvollständiger Reihenschluss und fehlende Bodenbeschattung zurückzuführen.

Die übrigen Erfahrungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Mit dem **Dammformer-Häufelgerät** wurden bei zwei Arbeitsgängen grossvolumige, 25 bis 28 cm hohe Dämme mit abgerundeten Dammkronen und festen -flanken aufgebaut (Abb. 2). Nach dem Abnehmen des Dammform-



Abb. 2. Mit dem Hack- und Häufelgerät mit Dammformblech und hydraulischer Hangsteuerung können in zwei Arbeitsgängen grossvolumige Dämme aufgebaut werden. Ein 44 kW-Traktor mit Allradantrieb und 10-Zoll-Bereifung reichte auch im schweren Boden aus.

bleches oder neuerdings der Firstteile ist das Gerät auch im Nachauflauf einsetzbar. Die einmaligen Flächenspritzungen bei 5 bis 10 cm oder 15 bis 25 cm (1994) hohen Kartoffelstauden ergaben – trotz Wirkungslücken der Nachauflaufherbizide – eine ausreichende Unkrautbekämpfung.

- Das **Vielfachgerät** zeichnete sich durch eine gute Bodenlockerung und eine wirksame Unkrautbekämpfung zwischen und in den Reihen (Federzinken/Kammstriegeln) aus. Die grossen, steinsicheren Häufelscheiben schafften 25 bis 30 cm hohe aber weniger abgerundete Dämme (Abb. 3).

- Die **Sternhackgeräte**-Kombination konnte auch in Kartoffeln erfolgreich

eingesetzt werden. Nebst der Unkrautbekämpfung liessen sich mit den schräggestellten Sternen stufenweise breite, abgerundete 20 bis 25 cm hohe Dämme mit guter Krümelstruktur aufbauen (Abb. 4).

- Für eine wirksame **mechanische Unkrautregulierung** und Bodenpflege waren drei Arbeitsgänge mit den Vielfach- oder Sternhackgeräte-Kombinationen in Abständen von 8 bis 14 Tagen erforderlich. Dabei müssen die Kartoffel- und Unkrautentwicklung sowie die Witterung überwacht werden.

- Die **Bandspritzung**, die mit dem zweiten Pflegegeräteinsatz erfolgte, erhöhte die Sicherheit der Unkrautbekämpfung in der Dammkrone. Mit

zwei schräggestellten Düsen je Reihe konnte der oberste Dammbereich gezielt auf einer Breite von 28 cm behandelt werden (63% Herbizideinsparung). Ihr Einsatz ist aber wegen Wetterrisiko (1994), Kartoffelentwicklung und des Nachauflaufherbizides oft auf wenige Tage beschränkt (Abb. 5 und 6).



Abb. 3. Mit der Vielfachgeräte-Kombination sind Striegeln, Hacken, Häufeln und Bandspritzen in einem Arbeitsgang möglich. Erster und dritter Arbeitsgang.



Abb. 4. Die Sternhackgeräte-Kombination zeichnete sich durch eine gute Bodenlockerung und -krümelung sowie eine wirksame Unkrautregulierung aus. Erster und dritter Arbeitsgang bei einer günstigen Bodenfeuchtigkeit.



Abb. 5. Die Bandspritzung mit zwei Excenter-Flachstrahldüsen (Teejet OC-02) pro Reihe war in allen Versuchsjahren erfolgreich. Links/rechts: Sencor- oder Titusausbringung.



Abb. 6. Bei zügiger Kartoffelkrautentwicklung werden die Unkräuter stark unterdrückt (links). Ein unvollständiger Reihenschluss führte hingegen zur Spätverunkrautung (rechts 1994).

Gleiche oder
h"ohere Ertr"age

Die Ertragsunterschiede zwischen den Pflfegeverfahren fielen meist tendenzm"assig oder teilweise gesichert zugunsten der mechanischen bzw. mit der Bandspritzung kombinierten Verfahren aus (Tab. 2, Abb. 7). Die Sencor-Behandlungen bewirkten 1992 teilweise Blattvergilbungen, was das Anfangswachstum leicht verz"ogerte. Die dreimalige, mechanische Bodenpflege wirkte sich infolge Beseitigung von Verschl"ammungen und Verkrustungen besonders 1994 positiv auf den Ertrag und die Ausbeute aus.

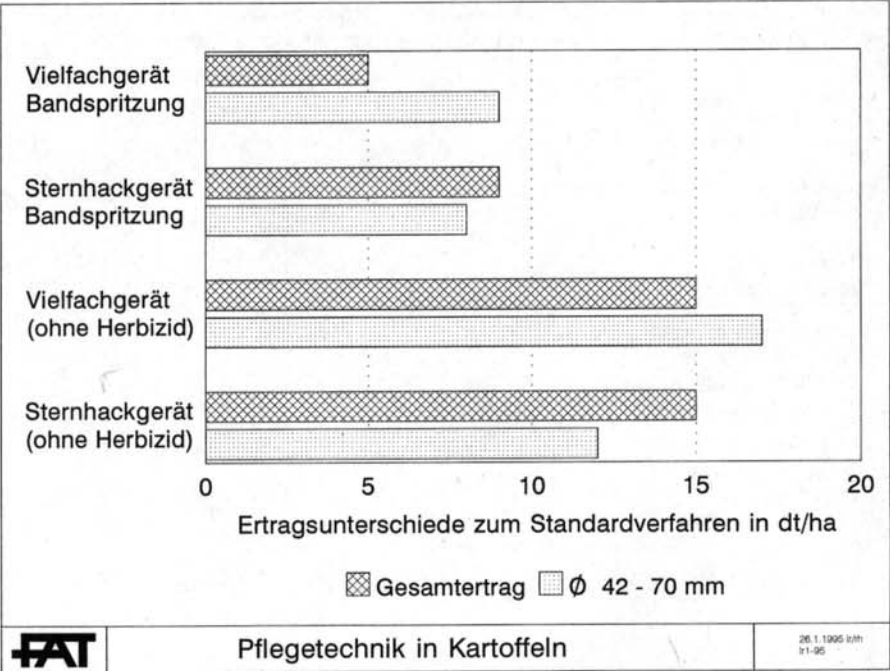


Abb. 7. Ertragsunterschiede der Pflfegeverfahren im Vergleich zum Standardverfahren mit der Fl"achenspritzung (Dreijahresdurchschnitte).

Tabelle 2. Kartoffelertr"age und Knollengr"ossen je nach Pflfe- und Unkrautbek"ampfungsverfahren 1992 bis 1994

Unkrautregulierungs- und Pflfegeverfahren		Knollengr"ossen: Ø						Gesamtertrag		
		35 - 42 mm			42 - 70 mm			dt/ha oder %		
		1992	1993	1994	1992	1993	1994	1992	1993	1994
A. Hack- und H"aufelger"at Fl"achenspritzung	dt/ha	46	48	107	434	455	148	507	533	312
	= %	100	100	100	100	100	100	100	100	100
B. Vielfachger"at Bandspritzung		104	119	84	96	103	121	99	102	103
C. Sternhackger"at Bandspritzung		104	121	90	95	104	120	99	103	106
D. Vielfachger"at		109	110	90	103	99	130	105	98	110
E. Sternhackger"at			131	93		106	122		106	106
KGD (95%)		19	25	8	15	8	7	15	8	5

KGD (95%) = Kleinste gesicherte Differenz (bei 95 % Sicherheit)
Fettdruck = Statistisch gesicherte Unterschiede im Vergleich zum Verfahren A

Tabelle 3. Betriebswirtschaftlicher Verfahrensvergleich bei der Kartoffelpflege (3m-Pflegegeräte mit Feinststeuerung, Herbizidmengen siehe Tab. 1)

Verfahren		1	2	3	4	5
Pflegegeräte/Arbeitsgänge Spritzgerät		Vielfachgerät/2 Feldspritze	Dammformer/2 Feldspritze	Vielfachgerät/3 Bandspritze	Vielfachgerät/3 -	Sternhackgerät/3 -
Arbeitsaufwand	AKh/ha	5,9	3,4 ²⁾	7,8	7,5	7,5
Neuwerte Pflegegeräte	Fr.	6 400.-	10 000.-	6 400.-	6 400.-	8 200.-
Fixe Gerätekosten je Jahr	Fr.	949.-	1 317.-	949.-	949.-	1 191.-
Variable Kosten je ha:						
Geräte und Traktor	Fr.	77.-	70.-	121.-	89.-	80.-
Herbizidkosten von - bis	Fr.	96.- - 189.-	96.- - 189.-	36.- - 71.-	-	-
Total	Fr./ha	173.- - 266.-	166.- - 259.-	157.- - 192.-	89.-	80.-
Verfahrenskosten: ¹⁾						
ohne Arbeit	Fr./ha	362.- - 455.-	429.- - 522.-	347.- - 382.-	278.-	319.-
mit Arbeit	Fr./ha	492.- - 585.-	504.- - 597.-	519.- - 554.-	443.-	484.-

¹⁾ Beispiel bei einer jährlichen Auslastung der Pflegegeräte von 5 ha Kartoffel-Anbaufläche, ohne Fixkosten des Traktors bzw. der Feldspritze. Ansätze gemäss FAT-Bericht Nr. 449: Traktor, 4-Radantrieb 37-44 kW (50 - 60 PS), Feldspritze 12 m, Miete der Bandspritze Fr. 29.-/ha, Arbeit Fr. 22.-/h.
²⁾ Einmann-Bedienung

Arbeitsaufwand und Kosten

Der Arbeitsaufwand bei den mechanischen Verfahren ist verglichen mit dem Standardverfahren und der Flächenspritzung um nur 1,6 AKh/ha grösser. Beim Dammformer mit Einmann-Bedienung können hingegen 2,5 Stunden/ha eingespart werden.

Die Verfahrenskosten hängen hauptsächlich von der Miete oder dem Kauf und somit von der jährlichen Auslastung der Geräte sowie von den Standortbedingungen und der Herbizidwahl ab. Beispielsweise beim Kauf der Geräte und einer jährlichen Kartoffelfläche von 5 ha können die mechanischen und mit Bandspritzung kombinierten Verfahren mit dem Standardverfahren (1) durchaus konkurrieren (Tab. 3). Bei Verwendung von teuren Spezialherbiziden werden die Kostenvorteile noch deutlicher zugunsten der mechanischen Verfahren ausfallen. Die standortbezogenen Verfahrenskosten lassen sich anhand der Angaben in Tabelle 3 berechnen.

Schlussfolgerungen

Die dreijährigen Untersuchungen zeigen, dass die Kartoffeln auch im Rahmen der Integrierten Produktion erfolgreich angebaut werden können. Mit dreimaligen Einsätzen einer Vielfach- oder Sternhackgeräte-Kombination lassen sich der Dammaufbau, die Bodenpflege und eine umweltschonende Unkrautregulierung erreichen. Dabei werden Verschlämmungen und Verkrustungen beseitigt sowie der Luft- und Wasserhaushalt des Bodens und damit das Kartoffelwachstum begünstigt. Der Erfolg mechanischer Massnahmen setzt eine standortangepasste Anbau- und Pflege Technik sowie eine gute Handhabung der Pflegegeräte und eine günstige Witterung im Mai voraus. Die Kombination mit Nachauflauf-Bandspritzung kann bei unsicherem Wetterverlauf und starkem Unkrautdruck an Bedeutung gewinnen (63% Herbizideinsparung). Die mechanischen Verfahren verursachen in der Regel etwas mehr Arbeit bei etwa vergleichbaren oder sogar tieferen Kosten.

Ökologische Betrachtungen: Mit dem Anbausystem «Pflügen im Sommer und Zwischenfruchtbestellung» wird eine Bodenschonung, Strukturverbesserung, Verringerung der Nährstoffauswaschung und Bodenerosion sowie eine Unkrautunterdrückung erreicht. Infolge 63- bzw. 100-prozentiger Herbizideinsparungen bei der Pflege besteht keine Gefahr der Boden- bzw. Grundwasserbelastung und somit der Ab- und Nachbau- bzw. Rückstandsprobleme. Die gesamte Umweltproblematik der untersuchten Pflegeverfahren kann allerdings erst mittels einer umfangreichen Ökobilanz beurteilt werden.