

Leistungsvergleich neuer Hackgeräte sowie Einsatzhinweise

Dr. Hartmut Kolbe, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Gustav-Kühn-Str. 8, D-04159 Leipzig,
Tel. 0341/9174149, E-Mail hartmut.kolbe@leipzig.lfl.smul.sachsen.de;

Dipl. Ing. agr. Winfried Petzold, Schulstr. 18, D-04451 Borsdorf,
Tel. 034291/21127, E-Mail w_petzold@hotmail.com

1 Einleitung

In einem 2-jährigen Forschungsprojekt wurden neu entwickelte Geräte zur mechanischen Unkrautregulierung auf verschiedenen Bodenarten in Sachsen eingeführt und deren Arbeitseffekte durch entsprechende Versuchsanstellungen ermittelt. Zwei bodenangetriebene Geräte (Bügelhacke, Fingerhacke) sowie ein zapfwellengetriebenes Gerät (Tellerhackbürste) wurden mit herkömmlicher Gerätetechnik (Scharhacke) in ihrer unkrautregulierenden Wirkung unter Einschluss von arbeits- und betriebswirtschaftlichen Fragestellungen in verschiedenen Reihenkulturen miteinander verglichen (PETZOLD & KOLBE, 2002).

2 Beschreibung der geprüften Geräte

Scharhackgeräte können mit sehr unterschiedlichen Zinkenformen (gedeferte Zinken, starre Zinken oder Vibromesser) eingesetzt werden, die an einem Rahmen über Parallelogramme oder Teleskope aufgehängt und flach durch den Boden gezogen werden. Als Scharformen sind Winkelmesser und Gänsefußschare bekannt. Die Einstellung der Arbeitstiefe kann bei starrer Zinkenausführung und Vibro-Messern stufenlos für jedes einzelne Messer vorgenommen werden. Bei gedeferten Zinken erfolgt die stufenlose Tiefeneinstellung über die Tasträder der Parallelogramme, die mit einer Spindel ausgerüstet sind. Bei Hackmaschinen aus DDR-Produktion (Kombinat Fortschritt) kann dieses nur über die Stützräder des Geräterahmens in Stufen erfolgen. Die Wirkung von Scharhackgeräten besteht im Abschneiden und im Verschütten der Unkrautpflanzen. Sie wird von gerätetechnischen Komponenten (Fahrgeschwindigkeit und Hacktiefe, Zinkenform und -befestigung), von den ökologischen Rahmenbedingungen des Einsatzes (Bodenart, Bodenfeuchte, Witterung) sowie durch Art und Entwicklungsstadium der Unkräuter beeinflusst.

Eine Form der bodenangetriebenen Hackgeräte ist die **Rollhacke**, bei der schräg zur Bearbeitungsrichtung angeordnete Hacksterne im Bereich zwischen den Kulturpflanzenreihen rotieren. Durch das Schrägstellen der Sterne zur Bearbeitungsrichtung wird eine wühlende Arbeitsweise erreicht, die ein An- oder Weghäufeln ermöglicht. Geräte, bei denen in einer Hackgruppe (Aggregat) 4 Sterne auf einer Welle rotieren, sind nur für weitreihige Flachkulturen wie Mais geeignet (Howard, Becker). Stufenlose Einstellmöglichkeiten bestehen für die Schrägstellung der Sterne zur Arbeitsrichtung und bei der horizontalen Neigung der Aggregate. Vielseitiger einsetzbar sind hingegen solche Geräte, bei denen die Sterne einzeln aufgehängt sind (Hersteller Hatzenbichler, Haruwy, Kress). Diese finden sowohl im Flach- als auch im Dammanbau (Kartoffeln, Möhren) Verwendung. Die Anzahl von Hacksternen ist je Aggregat variierbar. Bei allen Rollhacken ist der Anstellwinkel der Hacksterne und die horizontale Neigung der Hackgruppen stufenlos verstellbar. Um eine Vorlockerung des Bodens sowie eine schneidende Wirkung gegen tief verwurzelte Unkräuter zu erreichen, ist bei fast allen Fabrikaten der zusätzliche Einbau von Gänsefuß- oder Lockerungsscharen zur Bearbeitung vor den Sternen möglich. Die Wirkungsweise von Rollhacken besteht im Herausreißen und Verschütten der Unkräuter. Durch den Häufel-effekt können Unkräuter in den Reihen durch Verschütten gestört werden.

Die **Fingerhacke** ist ein Hackgerät zur Entfernung von Unkräutern sowohl zwischen als auch in der Reihe. Zu beiden Seiten der Kulturpflanzenreihe arbeitet eine drehbar gelagerte Metallscheibe die mit flexiblen Zinken (Finger) aus Gummi bestückt sind. Diese greifen in die Reihe hinein und stellen somit die eigentlichen Arbeitswerkzeuge dar. Dabei ist der Abstand der Finger der beiden

Fingerscheiben zueinander verstellbar. Die Finger können sich auch überlappen. Die Fingerscheiben sind zusätzlich mit starren Metallzinken bestückt, die senkrecht in den Boden eingedrückt werden und den Antrieb realisieren. Die Fingerteller werden je nach Einstellung unterschiedlich stark auf den Boden gepresst, wodurch die Gummifinger etwas durchbiegen und bei der Vorwärtsbewegung oberflächlich in den Boden eindringen. Die unkrautregulierende Wirkung beruht auf der horizontalen Scherwirkung der Gummifinger.

Die **Tellerhackbürste** zählt zu den zapfwellengetriebenen Hackgeräten (Abb. 1). Pro Zwischenreihenbereich sind zwei über Parallelogramme höhengeführte Bürstenteller angebracht. Aufgrund der Elastizität der Borsten können diese sehr nahe an, ggf. auch in der Kulturpflanzenreihe arbeiten. Der Antrieb der Bürstenteller erfolgt über Hydraulikmotoren. Durch Änderung der Rotationsrichtung kann sowohl von der Reihe weg als auch zur Reihe hin gearbeitet werden, wodurch leichte Häufeleffekte erzielt werden können. Die Wirkung der Bürstenwerkzeuge besteht im Herausreißen der Unkräuter mit der Wurzel. Der Unkrautregulierungserfolg wird bei den Bürstengeräten durch die Arbeitsintensität (Quotient aus Peripheriegeschwindigkeit der Borsten und Fahrgeschwindigkeit) bestimmt.



Abbildung 1: Tellerhackbürste beim Einsatz im Feld



Abbildung 2: Bügelhacke

Eine Neuentwicklung im Bereich der bodenangetriebenen Geräte ist die **Bügelhacke** (Abb. 2). Sie dient der Entfernung von Unkraut im Zwischenreihenbereich und baut auf dem Prinzip von

Drahtkrümelwalzen als Nachläufer von Saatbettkombinationen auf. Zwischen den Kulturpflanzenreihen arbeiten zwei Drahtwalzen (Bügelkörbe) hintereinander. Die Walzen sind miteinander über eine Kette verbunden. Durch eine Übersetzung läuft die hintere Walze schneller als die vordere. Dadurch soll der Krümeleffekt und die Enterdung der Unkrautwurzeln verstärkt werden. Der unkrautregulierende Effekt beruht darauf, dass kleine Unkräuter und Keimfäden an den durch den Boden gezogenen Bügeln hängen bleiben und herausgezogen werden.

3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Möhren: Am Standort Röcknitz (Braunerde, Sl, Ackerzahl 41) wurden in Möhren (Beetanbau, 40 cm bzw. 45 cm Reihenabstand) der zweimalige Einsatz der Bügelhacke (Sicherheitsabstand 21/10 cm vordere, 6,5 - 11 cm hintere Welle) und der Tellerhackbürste mit der Scharhacke (Sicherheitsabstand 6 - 10 cm) miteinander verglichen.

Der Einsatz der Tellerhackbürste führte im Vergleich zur Scharhacke zu einer ca. 20 %igen Erhöhung der unkrautregulierenden Wirkung sowohl zum 1. als auch zum 2. Hacktermin im Bereich „zwischen den Reihen“. Die Bügelhacke erzielte nur bei der 1. Maschinenhacke (MH) eine ähnlich verbesserte Wirkung als die Scharhacke im Zwischenreihenbereich. Im Bereich „in der Reihe“ waren bei optimal eingestelltem Sicherheitsabstand kaum Unterschiede zwischen den Geräten aufgetreten. Es waren ebenfalls keine deutlich unterschiedlichen Wirkungen der geprüften Hackgeräte auf die Pflanzenanzahl der Möhrenbestände, auf die verbliebene Handarbeitszeit zur Unkrautregulierung und auf die Erntemengen an Möhren zu verzeichnen.

Buschbohnen: Am Standort Röcknitz sowie in kleinerem Umfang am Standort Luppä (Parabraunerde, Ls, Ackerzahl 51) wurden in Buschbohnen (Einzelkornaussaat, 45 cm bzw. 50 cm Reihenabstand) verschiedene Gerätevarianten geprüft. Im Zwischenreihenbereich schnitt die Anwendung der Bügelhacke im Vergleich zur Scharhacke entweder gleich gut ab (Röcknitz 1997, Luppä 1998) oder es war bei stark verdichtetem Boden die Bügelhacke in der unkrautregulierenden Wirkung der Scharhacke unterlegen (Röcknitz 1998). Im Vergleich zur Scharhacke (Sicherheitsabstand 10 - 15 cm) war ebenfalls eine geringere Regulierungswirkung der Bügelhacke im Bereich „in der Reihe“ in den Fällen zuzuschreiben, wenn die Sicherheitsabstände insbesondere der Körbe der vorderen Welle anstatt 8 - 12 cm mit 17 - 26 cm zu weit gestellt waren. In diesen Varianten wurde dann auch ein höherer Zeitaufwand von ca. 10 - 30 Akh/ha für die Handhacke gemessen.

Durch den Einsatz der Fingerhacke (Finger 0 - 4 cm überlappend) konnte gegenüber der Scharhacke der Regulierungserfolg z. T. deutlich (1. MH bis 33 %, 2. MH bis 24 %, 3. MH bis 7 %) erhöht werden. Auf leichten Böden führten auch Kombinationen zwischen Scharhacke bzw. Bügelhacke und einem zusätzlichen Einsatz des Striegels zu einer ähnlich verbesserten Unkrautregulierung. Jedoch waren durch diese Maßnahmen um bis zu 10 % höhere Bohnenpflanzenverluste zu verzeichnen. Die anderen geprüften Verfahren hatten dagegen kaum eine differenzierte Wirkung auf den Kulturpflanzenbestand.

Die besten Regulierungserfolge im Bereich „in der Reihe“ wurden mit Anhäufel-Verfahren erreicht. So konnten gegenüber alleinigem Einsatz der Scharhacke durch die Kombination „Scharhacke + Häufelbleche“ sowie durch Einsatz der Rollhacke eine Erhöhung der unkrautregulierenden Wirkung zwischen 20 - 43 % zur 2. MH sowie von 20 - 79 % zur 3. MH erreicht werden. Durch diese Häufelverfahren sowie durch die geprüften Kombinationen mit Striegeleinsatz konnte der Arbeitsaufwand für die Handhacke um bis zu 20 Akh/ha verringert werden. Ertragseffekte waren dagegen auch in den Versuchen mit Buschbohnen kaum eingetreten.

Porree wurde am Standort Schrebitz (Parabraunerde, Lu, Ackerzahl ca. 80) im Reihenabstand von 50 cm von Hand gepflanzt. Im Vergleich zur Scharhacke (Sicherheitsabstand 12 - 15 cm) brachte die Kombination „Scharhacke + Bügelhacke“ (Sicherheitsabstand vordere Welle 24 cm, hintere Welle 11 cm) eine Erhöhung der unkrautregulierenden Wirkung sowie tendenziell auch eine verringerte Arbeitszeit für die Handhacke.

Zucker- und Futterrüben, Spinat, Mais: In den Versuchsergebnissen wurden keine wesentlichen Unterschiede zwischen Bügelhacke, Fingerhacke und Scharhacke gefunden. Bei Hackarbeiten im Spinat (25 cm Reihenabstand auf Parabraunerde, Ls, Ackerzahl 51) wurde beobachtet, dass bei größeren Unkräutern (88 % 2 - 6 Blätter, 4 % mehr als 6 Blätter, 8 % Gräser) durch die Bügelhacke eine geringere unkrautregulierende Wirkung zu verzeichnen war. Bei Versuchen im Mais wurde bei lockeren Bodenverhältnissen (auf Parabraunerde, Ul, Ackerzahl 81) eine bis zu 10 cm tiefe Arbeitsweise der Bügelhacke registriert, wodurch möglicherweise ein leichter Ertragsabfall auf Wurzelschädigungen zurückgeführt werden könnte.

Modellversuche: In Zusatzversuchen wurden auf einem Löß-Standort (L, Ackerzahl 68) ein „Modellunkraut“ (Phacelia, 500 Samen/m²) ausgesät. In zwei Entwicklungsstadien der Phacelia (Keimblatt - 2-Blattstadium, 4 - 6-Blattstadium) wurde mit unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten der Regulierungserfolg der Bügelhacke im Vergleich zur Scharhacke geprüft.

Von den drei geprüften Hauptwirkungen war lediglich der Faktor „Entwicklungsstadium“ signifikant. Im Vergleich zur Scharhacke wies die Bügelhacke bei Einsatz im frühen Entwicklungsstadium einen rel. hohen Regulierungserfolg und im späteren Stadium einen tendenziell geringen Erfolg auf. Mit der Bügelhacke konnten kleine Unkräuter gut erfaßt werden, bei größeren Unkräutern traten dagegen Probleme auf. Durch steigende Geschwindigkeit (von 4 auf 8 km/h) konnte die Arbeitsweise der Bügelhacke nur geringfügig verbessert werden.

Anhand von Infiltrationsmessungen mit einem Doppelringinfiltrometer auf drei Standorten (Sl, Ls, Ul) konnte aufgezeigt werden, dass durch die Arbeitsweise der Bügelhacke und der Tellerhackbürste im Vergleich zur Scharhacke keine unterschiedlichen Wasser-Infiltrationsraten nachzuweisen waren. Die von den Geräten ausgehende potentielle Verschlammungsneigung und Erosionsgefahr ist daher als relativ gleich hoch anzusehen.

4 Hinweise zum praktischen Einsatz

Ein wichtiges Kriterium für die Beurteilung der Wirksamkeit eines Hackgeräteeinsatzes bei herbizidfreien Anbauverfahren ist der Handarbeitszeitbedarf für die Beseitigung des verbleibenden Unkrautbesatzes. Hierbei muss zwischen Geräten und Gerätekombinationen unterschieden werden, die entweder hauptsächlich zwischen den Reihen oder in der Reihe zum Einsatz kommen.

4.1 Geräte zum Einsatz im Bereich zwischen den Reihen und zur Reduzierung des Sicherheitsabstandes

In Zusammenfassung der vorliegenden Ergebnisse und Erfahrungen haben sich die Geräte Bügelhacke, Tellerhackbürste, Rollhacke und die Scharhacke im Zwischenreihenbereich bewährt (Tab. 1). Besonders mit dem Einsatz der Scharhacke, bei Ausstattung mit Vorlockerern auch mit der Rollhacke, werden gute Leistungen in der Unkrautregulierung erzielt. Während in frühen Entwicklungsstadien zwischen den Maschinenarten kaum Unterschiede bestehen, ist der Einsatz der Bügelhacke und der Tellerhackbürste etwa ab dem 4-Blattstadium der Unkräuter nur wenig zweckmäßig. Dies gilt auch für eine Anwendung bei verhärtetem Oberboden. Bei Einsatz mit Vorlockerern hat auf diesen Böden die Rollhacke eine der Scharhacke vergleichbare Wirkung. Auf lockeren Böden sind dagegen alle aufgeführten Geräte mit gutem Erfolg einsetzbar.

Bei einem hohen Steingehalt der Böden arbeiten alle Geräte nicht optimal. Aufgrund des besonderen Aufbaus und der Funktionsweise der Rollhacke sind aber mit diesem Gerät noch gute Leistungen und rel. geringe Geräte-Beschädigungen zu erwarten. Ein Nachteil der Bügelhacke und der Tellerhackbürste ist, dass bei hohem Steinbesatz die Arbeitswerkzeuge über den Boden hinweggleiten und nicht mehr in den Boden einziehen. Bei der Bügelhacke treten außerdem aufgrund der nur 5 mm starken Bügel schnell Verbiegungen auf. Aus diesen Gründen können diese Geräte unter den erschwerten Bedingungen nicht eingesetzt werden.

Der Geräteeinsatz ist weiterhin stark abhängig vom Entwicklungsstadium der Kulturarten (in Tab. 1 exemplarisch für den Rübenanbau aufgeführt). Während die Scharhacke aufgrund der Vielfalt an anwendbaren Messerformen und Einstellmöglichkeiten in allen genannten Entwicklungsstadien mit

Erfolg einsetzbar ist, ist ein Einsatz der Bügelhacke und der Tellerhackbürste meistens nur bis zum 6-Blattstadium möglich. Ein Grund hierfür ist der begrenzte Raum zwischen den rotierenden Arbeitswerkzeugen, so dass Beeinträchtigungen des Blattwerks der Kulturen auftreten können. Dagegen ist der Einsatz der Rollhacke in der Regel nur in frühen Kulturstadien zumindest bei kleinsamigen Kulturen wie Rüben und Möhren wenig sinnvoll, da die rel. „grobe“ Arbeitsweise des Gerätes einen hohen Sicherheitsabstand erfordert und auf diesem Wege den Handhackaufwand erhöhen kann.

Tabelle 1: Bewertung der Einsatzmöglichkeit verschiedener Hackgeräte für den Bereich „zwischen den Reihen“ (++) sehr gut, + gut, 0 bedingt, - nicht einsetzbar)

	Unkraut-Entwicklungsstadium			Bodenzustand		Hoher Steinbesatz	Entwicklungsstadium der Kulturarten (Bsp. Rübe)		
	Keimblattstadium	2-4-Blattstadium	> 4-Blattstadium	locker	verkrustet, verschlämmt		< 2-Blattstadium	2-6-Blattstadium	> 6-Blattstadium
Bügelhacke	++	+	0	++	-	-	++	++	-
Tellerhackbürste	++	+	0	++	-	0	++	++	-
Rollhacke (mit Vorlockerer)	++	++	+	++	+	+	0	++	++
Scharhacke	++	++	++	++	+	0	++	++	++

4.2 Geräte zur Bearbeitung des Bereichs in der Reihe

Zu den Geräten, deren Arbeitsbereich sich bei der Unkrautregulierung auch auf den Bereich in der Reihe erstreckt, zählen die Fingerhacke, die Scharhacke (mit Häuferscharen ausgestattet), der Striegel sowie die Rollhacke mit der Stellung der Arbeitswerkzeuge auf „anhäufelnd“ (Tab. 2). Im Vergleich zum Bereich „zwischen den Reihen“ ist der Arbeitserfolg „in der Reihe“ oft wesentlich geringer ausgeprägt. Das gilt besonders in kleinsamigen Kulturartenbeständen in frühen Entwicklungsstadien, weil diese Bestände dann durch die Arbeitsweise der Geräte zu sehr gestört werden. Bei großsamigen Arten kann die Unkrautregulierung dagegen bereits im Keimblatt-2-Blattstadium der Kulturen mit dem Einsatz der Fingerhacke oder dem Striegel mit Erfolg vorgenommen werden. Ab dem 2-6-Blattstadium einiger Kulturarten wie z.B. Mais oder Buschbohne ist das Anhäufeln durch Einsatz der Scharhacke und der Rollhacke mit gutem Erfolg durchführbar.

Der Einsatzerfolg ist weiterhin abhängig vom Entwicklungsstadium der Unkräuter. Während mit allen Geräten eine sehr gute Arbeitsweise gelingt wenn die Unkräuter sich im Keimblattstadium befinden, ist aufgrund der verschüttenden Wirkung ein erfolgreicher Einsatz bei größeren Unkräutern im Bereich in der Reihe nur mit dem Einsatz der Rollhacke zu gewährleisten. Die anhäufelnde Wirkung der Scharhacke sowie die spezifische Arbeitsweise der Fingerhacke und des Striegels reichen bei Unkrautstadien ab dem 4-Blattstadium nicht aus, um eine befriedigende Unkrautregulierung zu erzielen (Tab. 2).

4.3 Bewertung der Arbeitsgeschwindigkeit und der Maschinenkosten

Die optimalen Arbeitsgeschwindigkeiten sowie die Kosten der fünf getesteten Hackgeräte (Grundausstattung) sind sehr unterschiedlich, so dass auch diese Merkmale bei der Auswahl der für den jeweiligen Betrieb vorteilhaften Gerätetechnik mit bedacht werden müssen (Tab. 3). Die Arbeitsgeschwindigkeit und damit zusammenhängend die Flächenleistung ist bei der Bügelhacke und bei der Rollhacke am höchsten. In den eigenen Versuchen waren durchschnittliche Geschwindigkeiten zwischen 6,2 – 6,8 km/h gemessen worden. Gleichzeitig sind die fixen und die variablen Kosten dieser Geräte zwischen gering und mittel anzusiedeln.

Tabelle 2: Bewertung der Einsatzmöglichkeit verschiedener Hackgeräte für den Bereich „in der Reihe“ (++ sehr gut, + gut, 0 bedingt, - nicht einsetzbar)

	Unkraut-Entwicklungsstadium			Bodenzustand		Hoher Steinbesatz	Entwicklungsstadium der Kulturarten					
	Keimblattstadium	2-4-Blattstadium	> 4-Blattstadium	locker	verkrustet, verschlämmt		< 2-Blattstadium		2-6-Blattstadium		> 6-Blattstadium	
							KS ₁₎	GS ₁₎	KS	GS	KS	GS
Fingerhacke	++	0	-	++	-	0	-	++	0	++	+	++
Scharhacke (mit Häufelerscharen)	++	+	-	++	+	0	-	-	0	++	++	++
Striegel	++	0	-	++	-	0	-	+	0	++	+	++
Rollhacke (anhäufelnd)	++	++	++	++	+	0	-	-	0	+	+	++

¹⁾ Säkulturen: KS = kleinsamige Arten (z. B. Rüben, Möhren, Spinat)
GS = großsamige Arten (z. B. Buschbohne, Mais)

Tabelle 3: Arbeitsgeschwindigkeit und Kosten der Hackgeräte

	Arbeitsgeschwindigkeit	Maschinenkosten	
		fixe Kosten	variable Kosten (incl. Arbeitskosten)
Bügelhacke	hoch	gering	gering
Fingerhacke	mittelhoch	mittel	gering
Tellerhackbürste	gering	sehr hoch	hoch
Scharhacke	mittel	gering	mittel
Rollhacke	hoch	mittel	gering

Die Fingerhacke und die Scharhacke wurden in den eigenen Versuchen mit durchschnittlich 3,7 bzw. 3,1 km/h gefahren. Diese Geschwindigkeiten liegen daher im höheren bis mittleren Wertebereich und deren Maschinenkosten liegen im mittleren bis geringeren Bereich. Aufgrund der aufwendigen Konstruktion der Tellerhackbürste liegen deren fixe und variable Kosten sehr hoch. Dagegen ist die durchschnittliche Arbeitsgeschwindigkeit des Gerätes mit 1,4 km/h als sehr gering zu bezeichnen. Die Arbeitsgeschwindigkeit und Kosten der Geräte sind darüber hinaus in erheblichem Maße abhängig von der angebauten Kulturart, dem Bodenzustand und der Sonderausstattung der Geräte.

Das Projekt wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Bonn, als „Forschungs- und Entwicklungsvorhaben im Agrarbereich für Umweltschutz“ gefördert.

Quelle: PETZOLD, W. & H. KOLBE (2002): Einführung neuer bodenangetriebener und zapfwellengetriebener Hackgeräte in die Praxis – Leistungsvergleich mit herkömmlicher Pflügetechnik auf ökologisch wirtschaftenden Betrieben. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, Reihe A: Angewandte Wissenschaft Heft 492

Bibliographische Angaben zu diesem Dokument:

Kolbe, Hartmut and Petzold, Winfried (2002) Leistungsvergleich neuer Hackgeräte sowie Einsatzhinweise [Comparison of the performance of novel mechanical hoes and remarks on their usage]. SÖL-Berater-Rundbrief(1):41-46.

Das Dokument ist in der Datenbank „Organic Eprints“ archiviert und kann im Internet unter <http://orgprints.org/00000796/> abgerufen werden.