

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

Fachbereich Pflanzliche Erzeugung

Gustav-Kühn-Str. 8, 04159 Leipzig

Internet: <http://www.landwirtschaft.sachsen.de/lfl>

Bearbeiter: Dipl.-Ing. agr. Winfried Petzold und Dr. Hartmut Kolbe, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Leipzig

E-Mail: hartmut.kolbe@smul.sachsen.de

Tel.: 0341/9174-149 Fax.: 0341/9174-111

Einführung neuer bodenangetriebener und zapfwellengetriebener Hackgeräte in die Praxis

**- Leistungsvergleich mit herkömmlicher Pflorgetechnik
auf ökologisch wirtschaftenden Betrieben -**

GLIEDERUNG

GLIEDERUNG	II
1 EINLEITUNG	1
2 LITERATURÜBERBLICK	2
2.1 Bestandespflege mit Scharhackgeräten	2
2.2 Bestandespflege mit Rollhackgeräten	3
2.3 Bestandespflege mit Bürstenhackgeräten	4
2.4 Bestandespflege mit der Bügelhacke	5
2.5 Intra-Reihenregulierung mit der Fingerhacke	5
3 ZIELSTELLUNG DES VORHABENS	6
4 PLANUNG UND ABLAUF DER ARBEITEN	6
4.1 Standortauswahl	7
4.2 Kulturarten und Versuchsvarianten	7
4.3 Versuchsanlage	8
5 VERSUCHE IN MÖHREN	9
5.1 Material und Methoden	9
5.1.1 Versuchsbeschreibung	9
5.1.2 Versuchsanlage	10
5.1.3 Erhebungsmerkmale und Methoden	10
5.2 Ergebnisse	11
5.2.1 Unkrautregulierungserfolg	11
5.2.2 Handarbeit	11
5.2.3 Bestandesbeeinflussung und Ertrag	11
6 VERSUCHE IN BUSCHBOHNEN	13
6.1 Material und Methoden	13
6.1.1 Varianten	13
6.1.2 Termine und Geräteeinstellungen	14
6.1.3 Versuchsanlage	15
6.1.4 Erhebungsmerkmale und Methoden	16
6.2 Ergebnisse	16
6.2.1 Unkrautregulierungserfolg	16
Zwischenreihenbereich	16
In der Bohnenreihe	18
Ursprünglich veröffentlicht:	II
Schriftenreihe des BMVEL, Reihe A: Angewandte Wissenschaft, H 492 2002; Lw.-Verlag, Münster-Hiltrup, 48S.	

6.2.2	Bestandesbeeinflussung	20
6.2.3	Handarbeitszeitbedarf	21
6.2.4	Erträge	22
7	VERSUCHE IN ZUCKER- UND FUTTERRÜBEN	24
7.1	Material und Methoden	24
7.1.1	Versuchsbeschreibung	24
7.1.2	Versuchsanlage	24
7.1.3	Erhebungskriterien und Methoden	25
7.2	Ergebnisse	25
8	VERSUCHE IN SPINAT	27
8.1	Material und Methoden	27
8.1.1	Versuchsbeschreibung	27
8.1.2	Erhebungskriterien und Methoden	28
8.2	Ergebnisse	28
9	VERSUCHE IN MAIS	29
9.1	Material und Methoden	29
9.1.1	Versuchsbeschreibung	29
9.1.2	Erhebungsmerkmale und Methoden	29
9.2	Ergebnisse	30
10	VERSUCHE IN PORREE	30
10.1	Material und Methoden	30
10.1.1	Versuchsanstellung	31
10.1.2	Erhebungsmerkmale und Methoden	31
10.2	Ergebnisse	32
11	REGULIERUNGSERFOLG DER BÜGELHACKE IN ABHÄNGIGKEIT ZUR ARBEITSGESCHWINDIGKEIT UND ZUM ENTWICKLUNGSSTADIUM EINES MODELLUNKRAUTES	32
11.1	Material und Methoden	32
11.1.1	Versuchsbeschreibung	32
11.1.2	Versuchsanlage	33
11.1.3	Gerätetechnik	33
11.1.4	Methoden	33
11.2	Ergebnisse	34
12	EINFLUß DES HACKGERÄTEEINSATZES AUF DIE WASSER-INFILTRATION DES BODENS	36
12.1	Fragestellung	36

12.2	Material und Methoden	36
12.3	Ergebnisse	37
13	BETRIEBSWIRTSCHAFTLICHER VERGLEICH DES EINSATZES VERSCHIEDENER HACKGERÄTE UND PFLEGEVARIANTEN	38
14	SCHLUßFOLGERUNG	42
14.1	Unkrautregulierung	42
	Bügelhacke	42
	Fingerhacke	44
	Tellerhackbürste	44
14.2	Möglichkeiten zur Reduzierung des Handarbeitsaufwandes sowie Hinweise für den praktischen Geräteeinsatz zur Unkrautregulierung	45
14.2.1	Geräte zum Einsatz im Bereich zwischen den Reihen und zur Reduzierung des Sicherheitsabstandes	45
14.2.2	Geräte zur Bearbeitung des Bereichs in der Reihe	47
14.2.3	Bewertung der Arbeitsgeschwindigkeit und der Maschinenkosten	48
15	DANKSAGUNG	49
16	ZUSAMMENFASSUNG	50
17	LITERATUR	53

1 Einleitung

Mit dem intensiven Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln werden heute sehr hohe Erträge auf den Nutzflächen realisiert. Die Anwendung von Herbiziden ermöglichte in der Landwirtschaft ein umfangreiches Rationalisieren des Pflanzenbaus. Fruchtfolgen konnten verkürzt und somit wirtschaftlicher gestaltet werden und der Anteil teurer Handarbeit, wie das Hacken und Jäten, wurde drastisch reduziert. Auf der anderen Seite finden heute in verschiedenen Bereichen mechanische Geräte zur Unkrautregulierung wieder eine Zunahme. Dies hat folgende Gründe:

- Aufgrund negativer Umweltwirkungen besteht im Integrierten Pflanzenbau die Forderung, den Herbizidaufwand auf ein Minimum zu begrenzen. In Reihenkulturen werden z. B. kombinierte mechanisch-chemische Verfahren der Unkrautregulierung angewendet.
- Im Zusammenhang mit ungelösten Fragen der Resistenzausbildungen von Unkräutern gegen bestimmte Herbizide sowie Nachteilen der selektiven Wirkung der chemischen Unkrautregulierung erlangen mechanische Pflegegeräte wieder an Bedeutung.
- Für zahlreiche Spezialkulturen gibt es keine zugelassenen Herbizide (Lückenindikation) oder die Anwendung wird durch die Anforderungen des Handels ausgeschlossen. Dies trifft im hohen Maße auf den Heil- und Gewürzpflanzenanbau zu.
- Weiterhin steigt die Bedeutung von auflagengebundenen Bewirtschaftungssystemen, bei denen die Anwendung von Herbiziden ganz oder teilweise ausgeschlossen ist. Zu nennen sind der Ökologische Landbau, Extensivierungsprogramme und Verordnungen und Auflagen für Wasserschutzgebiete. Die Rohstoffherzeugung für Babynahrung fällt ebenfalls in diesen sensiblen Bereich.

Aufgrund dieser neuen Anforderungen an den Landbau ist auch die Weiterentwicklung der mechanischen Pflorgetechnik wieder verstärkt in den Vordergrund getreten. Gerade für Reihenkulturen wurden in jüngster Zeit grundlegende Neuerungen in der Hacktechnik vorgestellt. Der Entwicklungsschwerpunkt liegt hier im Bereich der bodenangetriebenen und zapfwellenangetriebenen Geräte. In der landwirtschaftlichen Praxis stellt sich nun die Frage der kulturarten- und standortspezifischen Eignung dieser Pflegegeräte. Diese ungeklärten Fragen verzögern die Einführung neuer Techniken trotz des hohen Bedarfs an leistungsfähigen Geräten.

Die langsame Jugendentwicklung, verbunden mit langen Phasen geringer Bodendeckung, erfordert bei der Pflege von Reihenkulturen einen besonders hohen arbeitszeitlichen, organisatorischen aber auch einen hohen technischen Aufwand. In herbizidfreien Anbauverfahren bestimmt vorwiegend eine möglichst wirkungsvolle mechanisch durchgeführte Bestandespflege den wirtschaftlichen Erfolg, zumal in einigen Kulturen ein erheblicher Anteil an Handarbeit notwendig werden kann. Diese hohe wirtschaftliche Bedeutung einer rationellen Unkrautregulierung wird in vielen Fällen vom Landwirt aber unterschätzt.

Im Gegensatz zur Entwicklung im alten Bundesgebiet, in dem bereits eine kontinuierliche Einführung neuer Hacktechnik zu verzeichnen ist, ist die Situation in den neuen Bundesländern durch ein besonders großes Informationsdefizit gekennzeichnet. Insbesondere im Ackerbau ist hier der Einsatz von Hackgeräten, die in ihrer Arbeitsweise vom herkömmlichen Prinzip der Scharhacke abweichen, wesentlich weniger bekannt. Im Prozeß der Umstrukturierung der ostdeutschen Landwirtschaftsbetriebe zur Anpassung an die veränderten wirtschaftlichen Rahmenbedingungen wurden Investitionen in diesem Bereich bisher vernachlässigt. Investitionsschwerpunkte liegen vorwiegend in den Bereichen Gebäuderekonstruktion und Neubau sowie im Bereich der Landmaschinen bei der Schleppertechnik, den Bodenbearbeitungsgeräten und der Aussaattechnik. Aus diesen Gründen besteht in den neuen Bundesländern zusätzlicher Handlungsbedarf bei der Einführung moderner Pflfetechnik.

2 Literaturüberblick

Bei den heute in der Praxis üblichen Maßnahmen zur mechanischen Unkrautregulierung in Reihenkulturen werden Hackgeräte eingesetzt (Tab. 1), die entsprechend ihrer Betriebsart in gezogene, gezogen-abrollende und zapfwellengetriebene Maschinen unterschieden werden können (WALTER, 1989).

Tabelle 1: Geräte zur mechanischen Unkrautregulierung in Reihenkulturen (geändert nach WEBER, 1997)

Betriebsart	Geräteart
gezogene Geräte	<ul style="list-style-type: none"> • verschiedene Bauarten von Scharhackgeräten
gezogen-abrollende Geräte	<ul style="list-style-type: none"> • Rollhacken • Sternhacken • Bügelhacken • Fingerhacken
zapfwellengetriebene Geräte	<ul style="list-style-type: none"> • Reihenhackbürsten • Tellerhackbürsten • Reihenfräsen • reihenabhängig arbeitende Rüttel- und Kreiseleggen

2.1 Bestandespflege mit Scharhackgeräten

Scharhackgeräte können mit sehr unterschiedlichen Zinkenformen (gefederte 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. Je nach Fabrikat weisen die Geräte sehr unterschiedliche Verstellmöglichkeiten auf. Die Einstellung der Arbeitstiefe kann bei starrer Zinkenausführung und Vibro-Messern stufenlos für jedes einzelne Messer vorgenommen werden. Bei gefederten 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. Da bei Scharhackgeräten in der Kulturpflanzenreihe keine direkte Bearbeitungsmöglichkeit besteht, ist der Regulierungserfolg in diesem Bereich gering. Nach Untersuchungen von ESTLER (1992) lag er in der Maisreihe in Abhängigkeit von Standort und Unkrautart zwischen 0 % und 54 %, zwischen den Reihen dagegen zwischen 89 % und 96 %. Eine bessere Wirkung in der Reihe kann durch die Anwendung spezieller Häufelschare zum Anhäufeln der Kulturpflanzen erreicht werden.

Zur Wirkung der Maschinenhacke auf den Ertrag liegen zu Zuckerrüben zahlreiche Untersuchungen vor. Verschiedene Autoren (WINNER, 1981; KÜSTER et al., 1983; PETZOLD & KOLBE, 1998) kommen zu dem Ergebnis, daß Hackarbeit bei Unkrautfreiheit und guter Oberflächenstruktur zu keiner bzw. bei mehrmaligem intensiven Hacken zu geringfügigen negativen Ertragswirkungen führen kann. Die Autoren empfehlen das Hacken hingegen bei verkrusteten Böden. KÜSTER et al. (1983) konnten feststellen, daß durch das Hacken die Beinigkeit verringert werden kann.

Bei Unkrautregulierung mit Scharhackgeräten wird für die meisten Kulturarten empfohlen, zur ersten Maschinenhacke, die unmittelbar nach dem Sichtbarwerden der Kulturpflanzenreihen durchgeführt werden soll, das Gerät mit Gänsefußscharen und Hohlschutzscheiben auszurüsten. Je nach Fabrikat schützen Hohlschutzscheiben in glattrandiger oder gezahnter Ausführung die jungen Kulturpflanzen vor dem Verschütten oder, insbesondere auf bindigen Böden, vor dem Abreißen der Wurzeln durch das Verschieben scholliger Krumenbereiche. SEIFERT (1981) empfiehlt, ab der zweiten Maschinenhacke mit Winkelmessern und zunehmend tiefer zu arbeiten. Die Wirkung der Geräte kann durch nachlaufende Striegelkrallen, Stabwalzen und Sternkrümmler erhöht werden, da hierdurch eine bessere Enterdung der Unkrautwurzeln stattfindet und die Gefahr des erneuten Anwachsens von Unkräutern verringert wird (HABERLAND, 1989). Die Entwicklung von gefederten Zinken sowie von Vibro-Messern diente dem gleichen Zweck.

2.2 Bestandespflege mit Rollhackgeräten

Gezogen-abrollende Geräte zeichnen sich durch rotierende Arbeitswerkzeuge aus, die über den Boden angetrieben werden. Sie werden aus diesem Grund auch als bodenangetriebene Geräte bezeichnet. Zu diesen Hackgeräten gehört 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. Ein Vorteil dieser Geräte liegt in der hohen Flächenleistung, da sie z. B. in Mais mit Arbeitsgeschwindigkeiten von 8 - 12 km/h eingesetzt werden können (HOFFMANN, 1991). 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.

Angeboten werden zwei verschiedene Bautypen. Geräte, bei denen in einer Hackgruppe (Aggregat) 4 Sterne auf einer Welle rotieren, sind nur für den weitreihigen Flächenbau wie z.B. bei Mais geeignet (Hersteller 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 aufzuhängen sind (Hersteller Hatzenbichler, Haruwy, Kress). Diese finden sowohl im Flach- als auch im Dammanbau (Kartoffeln, Möhren) Verwendung. Durch die Einzelaufhängung kann die Anzahl an Hacksternen je Aggregat variiert werden. Bei allen Rollhacken ist der Anstellwinkel der Hacksterne und die horizontale Neigung der Hackgruppen stufenlos verstellbar.

Die Wirkungsweise der Rollhacken besteht im Herausreißen und Verschütten der Unkräuter. Durch den Häufeleffekt können Unkräuter in den Reihen durch Verschütten gestört werden. Bei Versuchen von ESTLER (1992) lag der Regulierungserfolg im Zwischenreihenbereich von Mais sowohl bei der Rollhacke als auch bei der Scharhacke bei 80 - 90 %. In der Reihe konnte er durch ein- bis zweimaliges Anhäufeln mit der Rollhacke einen Regulierungserfolg von 45 - 52 % erzielen, beim Scharhackgerät hingegen nur zwischen 20 % und 42 %. Nach REIMANN (1989) ist der Einsatz der Rollhacke im Mais bei nicht zugänglichem, verhärtetem Boden sowie bei starkem Auftreten von Wurzelunkräutern jedoch problematisch.

2.3 Bestandespflege mit Bürstenhackgeräten

Hackbürsten sind zapfwellengetriebene, reihenabhängig arbeitende Geräte. Sie lassen sich in Reihenhackbürsten mit horizontal und in Tellerhackbürsten mit vertikal rotierenden Arbeitsgeräten unterscheiden. Reihenhackbürsten (Fa. Bärtschi), die auf biologisch wirtschaftenden Betrieben vor allem im Gemüsebau eine weite Verbreitung gefunden haben, sind mit unterschiedlich breiten und mit elastischen Kunststoffborsten versehenen Bürstenscheiben ausgerüstet. Sie sind auf einer über die gesamte Arbeitsbreite durchgängigen Rotationswelle verschiebbar angebracht.

Die Wirkung der Bürstenwerkzeuge besteht im Herausreißen der Unkräuter mit der Wurzel. Es findet eine sehr gute Enterdung der Wurzeln statt. Der Unkrauteffekt wird bei den Bürstengeräten durch die Arbeitsintensität (Quotient aus Peripheriegeschwindigkeit der Borsten und Fahrgeschwindigkeit) bestimmt.

Bei Tellerhackbürsten sind je Zwischenreihenbereich zwei über Parallelogramme höhengeführte Bürstenteller angebracht. Aufgrund der Elastizität der Borsten können diese sehr nahe an, in bestimmten Kulturen auch in der Kulturpflanzenreihe arbeiten. Der Antrieb der Bürstenteller kann mechanisch (System Paul) über Gelenkwellen oder hydraulisch (Schwedische Ökologiemaschinen GmbH) über eine (schlepper- oder geräteeigene) Hydraulikpumpe erfolgen. Mit dem Einsatz der Tellerhackbürste können leichte Häufeleffekte erzielt werden, was zur Beeinträchtigung kleiner Unkräuter in der Reihe führen kann. KOUWENHOVEN (1997) faßt Ergebnisse mehrerer Untersuchungen in Zuckerrüben und Mais zusammen. Danach

war der Unkrautbesatz nach dem Bürsten in der Reihe gegenüber der unbehandelten Variante je nach Intensität um bis zu 80 % geringer.

In Bezug auf die Kulturverträglichkeit dieser Geräte wird von einigen Autoren (FOGELBERG & JOHANSSON, 1993; ASCARD & VAN DER WEIDE, 1996) die Meinung vertreten, daß z.B. bei Rüben erst ab einer Wuchshöhe von 15 cm bzw. ab einem Wachstumsstadium von 4 - 6 Blättern keine Pflanzenverluste mehr zu erwarten sind.

2.4 Bestandespflege mit der Bügelhacke

Ein weiteres bodenantriebenes Gerät ist die Bügelhacke. Sie dient der Entfernung von Unkraut im Zwischenreihenbereich und baut auf dem Prinzip von Drahtkrümelwalzen auf, die üblicherweise hinter Saatbettkombinationen angehängt werden (LANG, 1996). 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. Durch diese Funktionsweise wird der Krümeleffekt und die Enterdung der Unkrautwurzeln verstärkt. Der unkrautregulierende Effekt beruht darauf, daß kleine Unkräuter und Keimfäden an den durch den Boden gezogenen Bügeln hängenbleiben und herausgezogen werden. Weiterhin wird vom Hersteller angegeben, daß schon in frühen Kulturstadien auch ohne zusätzlichen Reihenschutz gehackt werden kann, da die Bügel keinen Seitendruck ausüben. Einstellmöglichkeiten bestehen nur beim Sicherheitsabstand der Körbe zur Kulturpflanzenreihe. Bisher wird der Einsatz in allen Reihenkulturen im Acker- und Gemüsebau sowie im Heil- und Gewürzpflanzenanbau vorrangig im frühen Kulturstadium empfohlen. Untersuchungen zu den Arbeitseffekten des Gerätes liegen bisher noch nicht vor.

2.5 Intra-Reihenregulierung mit der Fingerhacke

Die Fingerhacke ist ein Hackgerät zur Entfernung von Unkräutern 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 (MÜLLER et al., 1997).

Bisher wurden der Einsatz der Fingerhacke in einem Versuch von ASCARD & BELLINDER (1996) in Zwiebeln untersucht. Dabei wurde festgestellt, daß die unkrautregulierende Wirkung zu einem frühen Hacktermin über der eines Striegeleinsatzes lag und zu einem späteren Termin gleich hoch war. Dabei war der Ertragsverlust im Vergleich zur Variante ohne mechanische Bearbeitung in der Reihe beim Einsatz von Striegel und Fingerhacke sehr hoch

(50 %). Der Handarbeitszeitbedarf für das Unkrautjäten wurde gegenüber der unbehandelten Variante bei der Fingerhacke um ca. 65 % und beim Striegeln um 50 % verringert.

3 Zielstellung des Vorhabens

In diesem Projekt wurden in den letzten Jahren neu entwickelte Geräte zur mechanischen Unkrautregulierung in Reihenkulturen in landwirtschaftliche Betriebe eingeführt und deren Arbeitseffekte durch entsprechende Versuchsanstellungen ermittelt. Die Untersuchungen beziehen sich auf zwei bodenangetriebene Geräte, die Bügelhacke und die Fingerhacke, sowie ein zapfwellengetriebenes Gerät, die Tellerhackbürste.

Der Einsatz der Geräte erfolgte beispielhaft auf Betrieben des ökologischen Landbaus, da unter den Bedingungen des strikt herbizidfreien Anbaus sehr deutliche betriebswirtschaftliche Differenzierungen zu erwarten waren. Zudem bestand ein breites Anwendungsspektrum durch die bei dieser Betriebsform üblichen vielfältigen Fruchtfolgen. Der wachsende Markt für Bio-Produkte führte zu umfangreichen Betriebsumstellungen. Speziell in Sachsen entstand eine große Nachfrage an Bio-Industriegemüse, so daß auf zahlreichen Betrieben der Investitionsbedarf an leistungsfähigen Hackgeräten angestiegen war. Die Entscheidungsgrundlagen für einen möglichst vorteilhaften Gerätekauf sollten daher mit diesem Projekt erarbeitet werden.

Zudem ist eine Übertragbarkeit der gewonnenen Ergebnisse auf konventionell wirtschaftende Betriebe gerade bei Berücksichtigung von Verfahren der integrierten Produktion im hohen Maße gegeben, da hier arbeitswirtschaftliche Fragen sowie Fragen zur unkrautregulierenden Wirkung der Geräte ebenfalls von Bedeutung sind.

Die im Rahmen der wissenschaftlichen Betreuung des Vorhabens angestellten Untersuchungen dienen der Beantwortung folgender Fragestellungen:

Welchen Unkrautregulierungserfolg erzielen die verschiedenen Geräte unter den gegebenen Bedingungen zu unterschiedlichen Hackterminen im Zwischenreihenbereich sowie in der Kulturpflanzenreihe?

Welche Auswirkungen hat der Einsatz der verschiedenen Geräte auf den Kulturpflanzenbestand, den verbleibenden Zeitaufwand für die manuelle Unkrautbeseitigung in der Reihe sowie auf den Ertrag?

Welchen Einfluß haben Fahrgeschwindigkeit und Entwicklungsstadium der Unkräuter auf den Regulierungserfolg der Hackgeräte?

Welche Auswirkungen hat der Geräteeinsatz auf die Verschlammungsanfälligkeit des Bodens?

Welche betriebswirtschaftlichen Auswirkungen können von dem Einsatz der Hackgeräte erwartet werden?

4 Planung und Ablauf der Arbeiten

4.1 Standortauswahl

Im Rahmen des Vorhabens wurden durch den Antragsteller, der Ökobauernhöfe Sachsen GmbH, 3 Bügelhacken und eine Fingerhacke von der Fa. Kress & Co. GmbH in Neuenstadt bezogen. Eine Tellerhackbürste (Hersteller: Schwedische Ökologiemaschinen GmbH, Alnarp) wurde durch die Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft für Versuchszwecke zur Verfügung gestellt. Eine Übersicht über die landwirtschaftlichen Betriebe, auf denen die Geräte eingesetzt wurden, ist Tabelle 2 zu entnehmen. Die Betriebe sind im west- und mittelsächsischen Raum zwischen den Ballungsräumen Leipzig und Dresden angesiedelt. Durch die gezielte Auswahl der Betriebe wurde sichergestellt, daß die zu untersuchenden Geräte auf Standorten mit unterschiedlichen Bodenverhältnissen - von leichten Sandböden bis zu schweren Lößböden - getestet werden konnten.

Tabelle 2: Beschreibung der Standortverhältnisse

Betrieb	Ort	AL (ha)	Bodenverhältnisse	Ackerzahl	Bodenart	Niederschläge (mm/Jahr)	Durchschnittstemp. (°C)	Höhe über NN (m)
Biohof Müller	Röcknitz	98	Lehmsand-Braunerde	41	SI	600	8,5	120
Paulsen & Franssen GbR	Luppa	630	Sandlöß-Parabraunerde	51	Ls	674	8,4	140
Reichardt & Matthes GbR	Pulsitz	106	Löß-Parabraunerde	81	UI	666	8,4	131
Pfarrgut Krop-pach	Schreibitz	72	Löß-Parabraunerde	ca. 80	Lu	719	8,0	190
Versuchsstation	Roda	-	Löß-Braun-stangley	68	L	711	8,6	224

4.2 Kulturarten und Versuchsvarianten

Im Rahmen der wissenschaftlichen Betreuung wurden zu Beginn des Vorhabens durch Mitarbeiter der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft auf den teilnehmenden Betrieben für den Einsatz der Geräte geeignete Kulturarten ausgewählt. Anschließend wurden entsprechend den technischen Voraussetzungen auf den Betrieben Festlegungen getroffen, welche Geräte bzw. Pflegevarianten zur Anwendung kommen sollten. Die Prüfungen waren jeweils für zwei Jahre vorgesehen. Aufgrund betrieblicher Umstrukturierungen sowie Änderungen der technischen Voraussetzungen konnte nicht bei allen Kulturarten eine zweijährige Prüfung der Geräte erfolgen. Die tatsächlich in den einzelnen Kulturen eingesetzten Geräte bzw. Pflegevarianten sind in Tabelle 3 aufgeführt worden.

Weiterhin wurde ein Versuch zum Einfluß unterschiedlicher Entwicklungsstadien von Unkräutern auf den Regulierungserfolg der Bügelhacke bei verschiedenen Arbeitsgeschwindig-

keiten angelegt. Diese Untersuchungen wurden auf einer Versuchsstation der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Roda durchgeführt.

Tabelle 3: Zusammenstellung der Versuchsvarianten des Vorhabens

Kulturarten	Varianten/Geräte	Standorte/Betriebe
Buschbohnen	Scharhacke Bügelhacke Fingerhacke Bügelhacke + Striegel Bügelhacke + Scharhacke Scharhacke mit Häufelscharen Rollhacke	1) Biohof Müller, Röcknitz 2) Paulsen & Franssen GbR, Luppä
Möhren	Scharhacke Tellerhackbürste Bügelhacke	1) Biohof Müller, Röcknitz
Zuckerrüben	Scharhacke Bügelhacke Fingerhacke	1) Paulsen & Franssen GbR, Luppä
Futterrüben	Scharhacke Bügelhacke	1) Reichard & Matthes GbR, Pulsitz
Spinat	Scharhacke Bügelhacke	1) Paulsen & Franssen GbR, Luppä
Porree	Scharhacke Scharhacke + Bügelhacke	1) Pfarrgut Kroppach, Schrebitz
Mais	Scharhacke Bügelhacke	1) Reichard & Matthes GbR, Pulsitz

4.3 Versuchsanlage

Da auf den Praxisbetrieben keine Anlage in Form von randomisierten Blockanlagen erfolgen konnte, wurden die Versuche in Form von Langparzellenanlagen durchgeführt. Diese Anlageform ermöglicht in einem gewissen Umfang einen mathematisch-statistischen Ausgleich von Bodenunterschieden. Dieser erfolgt durch Interpolation der Einzelwerte der Varianten im Vergleich zu Standardwerten eines Versuches (LOCHOW & SCHUSTER, 1992). Bei allen Versuchen lagen die Varianten streifenweise nebeneinander (Abb. 1). Auf den jeweils äußeren Streifen wurde eine Vergleichsvariante (in der Regel die betriebsübliche Scharhacke) als Standard durchgeführt. Für jede Variante wurden 6 Wiederholungen mit jeweils 10 oder 15 m Länge angelegt. Abweichend davon wurde der Versuch zu Möhren im Jahr 1998 als randomisierte Blockanlage mit jeweils 6 Wiederholungen durchgeführt.

WH	St.1	Var.1	Var.2	St.2
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Abbildung 1: Langparzellenanlage mit 6 Wiederholungen (WH) zu zwei Varianten (Var. 1, Var. 2) und einem Standard (St. 1 + 2)

5 Versuche in Möhren

5.1 Material und Methoden

5.1.1 Versuchsbeschreibung

Als Varianten wurden der Einsatz der **Bügelhacke** und der **Tellerhackbürste** im Vergleich zur **Scharhacke** am Standort Röcknitz geprüft. Die Geräte wurden zeitgleich an drei aufeinanderfolgenden Hackterminen eingesetzt, wobei nur der Einsatz zur 1. und 2. Maschinenhacke (MH) untersucht wurde. In beiden Versuchsjahren erfolgte einheitlich über alle Varianten eine Vorauflaufabflammung, 1997 erfolgte nach der 3. MH ein Anhäufeln aller Varianten.

Die Sicherheitsabstände und Fahrgeschwindigkeiten bei allen Maschineneinsätzen wurden in Tabelle 4 dargestellt. Die Bügelhacke war auf der vorderen Welle im Versuchsjahr 1997 mit einem 24 cm breiten und 1998 mit zwei 14 cm breiten Bügelkörben je Zwischenreihenbereich bestückt. Auf der hinteren Welle waren Verstellkörbe angebracht, die eine stufenlose Einstellung der Arbeitsbreite im Zwischenreihenbereich ermöglichten. Die Tellerhackbürste wurde im Heckanbau mit zusätzlicher mechanischer Feinsteuerung eingesetzt. Als Scharhacke wurde ein Gerät des ehemaligen VEB Landmaschinenbau Torgau im Zwischenachs-

bau verwendet. Dieses Gerät war im Jahr 1997 mit zwei Winkelscharen und 1998 mit zwei Gänsefußscharen je Zwischenreihenbereich sowie mit Hohlschutzscheiben ausgerüstet.

Tabelle 4: Geräteeinstellungen und Fahrgeschwindigkeiten

	Sicherheitsabstand (cm)				Fahrgeschwindigkeit (km/h)			
	1997		1998		1997		1998	
Hacktermine	1. MH (17.5.)	2. MH (29.5.)	1. MH (13.5.)	2. MH (29.5.)	1. MH (17.5.)	2. MH (29.5.)	1. MH (13.5.)	2. MH (29.5.)
Scharhacke	6 - 8	6 - 8	10	10	0,5	1,5	2,3-2,4	2,9-3,1
Tellerhackbürste	-	-	-	-	0,5	0,5	0,5	1,3-1,5
Bügelhacke	21 (1) 9 - 10 (2)	21 (1) 6,5 (2)	10 (1) 8,5 (2)	11 (1) 11 (2)	3,5 - 4,0	5,0	3,9 - 4,3	5,5 - 6,0

(1) = Körbe der vorderen Welle; (2) = Körbe der hinteren Welle; MH = Maschinenhacke

5.1.2 Versuchsanlage

Im Jahr 1997 wurde der Versuch als Langparzellenanlage und 1998 als randomisierte Blockanlage durchgeführt. Der Aussattermin lag im Jahr 1997 am 8.4. (Beetanbau 2 m, 4-reihig, 45 cm Reihenabstand) und 1998 am 16.4. (Beetanbau 1,5 m, 3-reihig, 40 cm Reihenabstand).

5.1.3 Erhebungsmerkmale und Methoden

Die Ermittlung der Unkrautregulierung „in der Reihe“ erfolgte durch Auszählung der Unkräuter im Bereich von 10 cm zu beiden Seiten der Möhrenreihe im Jahr 1997 auf einer Fläche von 0,2 m² je Parzelle (Gesamtfläche 1,2 m² je Variante) und im Jahr 1998 auf 3 Flächen von jeweils 0,2 m² je Parzelle (Gesamtfläche 3,6 m² je Variante). Diese Erhebungen erfolgten vor und nach jedem Hacktermin immer an den selben mit Markierungsstäben versehenen Stellen. Im Zwischenreihenbereich wurde je Parzelle eine Fläche von 0,3 - 0,6 m² verteilt auf 3 Einzelflächen ausgezählt.

Die Möhrenpflanzen wurden ebenfalls vor und nach dem Hacken im Jahr 1997 auf 1 m (= 0,5 m²) und 1998 auf 6 m Pflanzenreihe je Parzelle (= 3 m²) ausgezählt, um die Bestandesbeeinflussung zu ermitteln. Der Zeitbedarf für das Handjäten wurde für jede Parzelle getrennt gemessen. Dabei bearbeiteten zwei Personen die Parzellen im Wechsel.

Zur Ernte wurde zur Ertragsermittlung auf jeder Parzelle im Versuchsjahr 1997 eine Fläche von 1,5 m² (entspr. 3 m laufende Reihe) und im Jahr 1998 von 3 m² (= 6 m laufende Reihe) von Hand gerodet. Alle Versuchsergebnisse wurden mit dem PC-Programm SPSS statistisch verrechnet dabei kam der Tukey-HSD-Test ($p = 0,05$) zur Anwendung, bei weniger als 3 Versuchsgliedern der t-Test ($p = 0,05$).

5.2 Ergebnisse

5.2.1 Unkrautregulierungserfolg

Aus den Ergebnissen ist zu ersehen, daß mit der Tellerhackbürste durchschnittlich die höchste unkrautregulierende Wirkung im Zwischenreihenbereich sowohl zur 1. als auch zur 2. Maschinenhacke erzielt wurde (Abb. 2). In der Möhrenreihe konnten gegenüber dem Scharhackgerät jedoch keine Vorteile bei der Unkrautregulierung ermittelt werden. Mit dem Einsatz der Bügelhacke war im Zwischenreihenbereich zur 1. Maschinenhacke ebenfalls ein deutlich höherer Regulierungserfolg als bei der Scharhacke zu verzeichnen. Durch den zweiten Einsatz der Bügelhacke war zwischen den Möhrenreihen der Regulierungserfolg nicht höher als der der Scharhacke. Insbesondere im ersten Versuchsjahr war die unkrautregulierende Wirkung in der Möhrenreihe bei der Bügelhacke deutlich geringer als bei den anderen Geräten. Als Ursache hierfür ist die spezifische Anordnung der Körbe der eingesetzten Bügelhacke anzusehen, wodurch der Bereich von ca. 5 - 11 cm von der Reihe entfernt nur durch den hinteren Korb bearbeitet wurde. Im Versuchsjahr 1998 war die Wirkungsbreite der Körbe auf beiden Wellen annähernd gleich groß, was sich in einem besseren Regulierungserfolg widerspiegelte (Abb. 2).

5.2.2 Handarbeit

Hinsichtlich des Arbeitsaufwandes für das Jäten zeichneten sich auch aufgrund einer hohen Streuung der Einzelwerte keine Unterschiede zwischen den Geräten ab (Tab. 5). Es ist lediglich auffällig, daß der Einsatz der Bügelhacke im Jahr 1997 zu dem höchsten und 1998 zu dem geringsten Handarbeitszeitbedarf führte. Dies könnte ebenfalls durch die unterschiedliche Anordnung der Körbe in den beiden Jahren verursacht worden sein.

5.2.3 Bestandesbeeinflussung und Ertrag

Aus den Ergebnissen des 2. Versuchsjahres geht hervor, daß der Einsatz der Tellerhackbürste und der Bügelhacke zur 1. Maschinenhacke jeweils eine deutlich höhere Schädigung der Möhrenpflanzen verursacht hat als bei der mit Hohlschutzscheiben eingesetzten Scharhacke (Tab. 6). Im Versuchsjahr 1997, in dem die Scharhacke ohne Schutzscheiben und mit geringerem Sicherheitsabstand zur Anwendung kam, traten zwischen Scharhacke und Tellerhackbürste bei der Veränderung des Möhrenbestandes keine Unterschiede auf. Bei diesem Versuch war die Bestandesverringering durch Einsatz der Bügelhacke tendenziell am geringsten, was wiederum auf den mit 21 cm sehr großen Sicherheitsabstand der Körbe der vorderen Welle zurückgeführt werden könnte. Der Einsatz der Geräte zur 2. Maschinenhacke führte zu keinen Unterschieden hinsichtlich der Veränderung des Möhrenbestandes (Tab. 6). In den Versuchen konnten in beiden Jahren zwischen den Varianten keine gesicherten Ertragsunterschiede ermittelt werden (siehe Tab. 5).

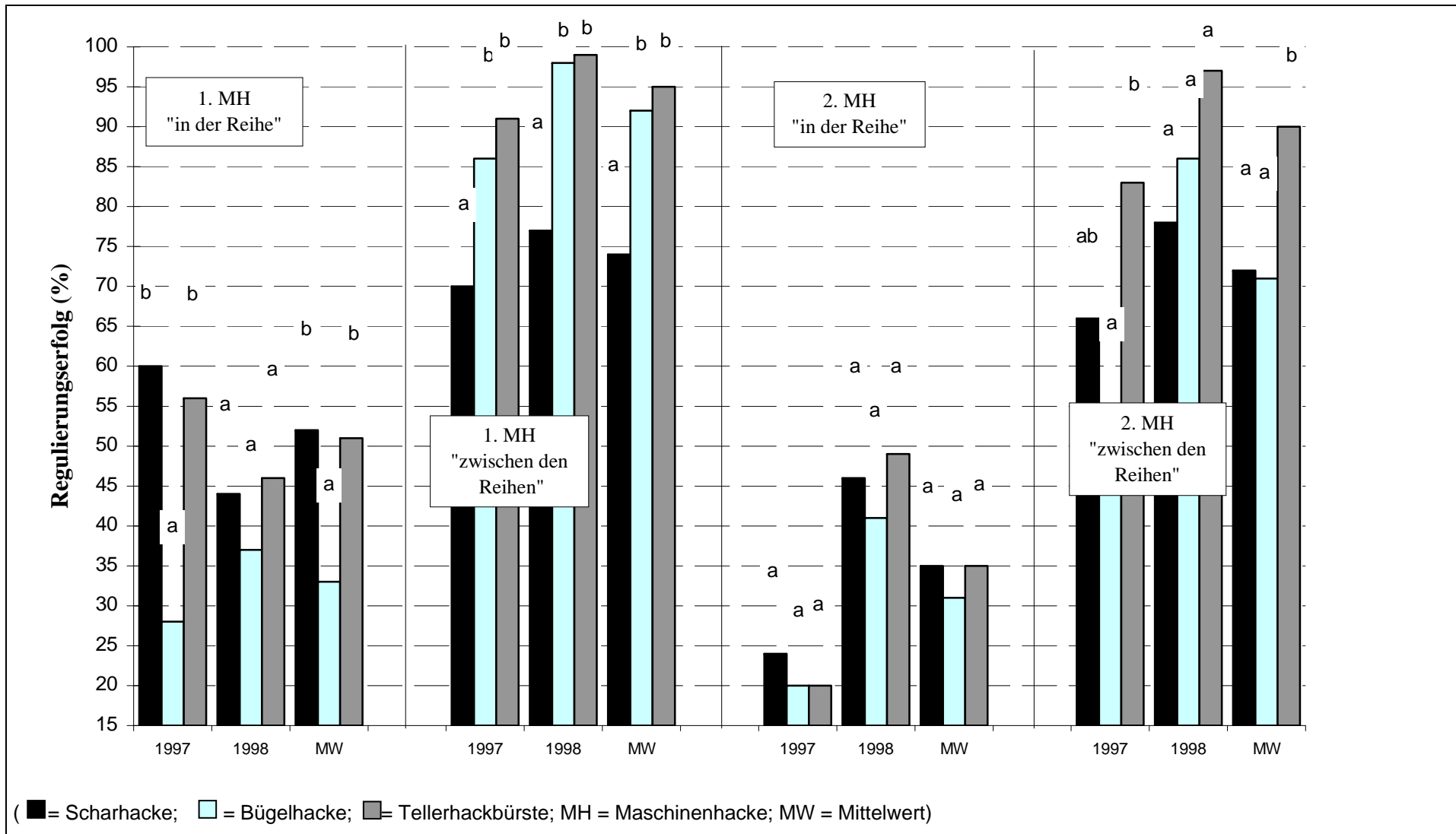


Abbildung 2: Unkrautregulierungserfolg verschiedener Hackgeräte in Möhren

Tabelle 5: Handarbeitszeiten für das Jäten und Möhrenerträge beim Einsatz verschiedener Hackgeräte

Variante	Handarbeit (Akh/ha)			Ertrag (dt/ha)		
	1997	1998	MW	1997	1998	MW
Scharhacke	273 -	224 a	249 a	407 a	548 a	477 a
Tellerhackbürste	258 -	228 a	244 a	493 a	547 a	520 a
Bügelhacke	321 -	198 a	265 a	424 a	541 a	482 a

MW = Mittelwert

Tabelle 6: Veränderung des Möhrenbestandes (%) durch die 1. und 2. Maschinenhacke mit unterschiedlichen Hackgeräten

Variante	1. Maschinenhacke			2. Maschinenhacke			1. + 2. MH		
	1997	1998	MW	1997	1998	MW	1997	1998	MW
Scharhacke	-6,6 a	-6,5 a	-6,6 a	-3,2 a	-0,3 a	-1,8 a	-9,2 a	-6,9 a	-8,2 a
Tellerhackbürste	-9,2 a	-16,5 b	-12,8 a	-0,1 a	-0,7 a	-0,4 a	-9,5 a	-16,9 b	-13,2 a
Bügelhacke	+1,2 a	-13,3 b	-6,0 a	-3,9 a	+2,4 a	-0,7 a	-2,8 a	-11,1 ab	-6,9 a

MH = Maschinenhacke; MW = Mittelwert

6 Versuche in Buschbohnen

6.1 Material und Methoden

6.1.1 Varianten

Bügelhacke: Bei der Variante "Bügelhacke" erfolgte der Einsatz des Gerätes nur bis zur 2. Maschinenhacke (MH), da zum Zeitpunkt der 3. MH die Bohnenpflanzen zu groß waren, um eine geregelte Arbeitsweise der Körbe zu gewährleisten ohne größere Verletzungen an den Kulturpflanzen zu verursachen. Die 3. MH erfolgte daher bei dieser Variante mit der Scharhacke.

Fingerhacke: Die Fingerhacke wurde zu allen drei aufeinander folgenden Hackterminen eingesetzt.

Hacke + Striegel: Das Striegeln der Variante „Bügelhacke + Striegel“ erfolgte zum Zeitpunkt der 1. und 2. MH in einem zusätzlichen Arbeitsgang unmittelbar nach dem Hacken. Zum Zeitpunkt der 3. MH wurde der Striegel nicht mehr eingesetzt.

Hacke + Häufler sowie **Rollhacke**: Bei diesen Varianten kamen die Geräte erst zur 2. MH zum Einsatz, da die Bohnen zum Zeitpunkt der 1. MH im Primärblattstadium und zum Teil noch im Auflaufstadium waren und durch die Häufelwirkung starke Pflanzenverluste befürchtet werden mußten. Im ersten Versuchsjahr wurde der Häufel Effekt erzielt, indem auf die Hackschare 5 cm hohe Blechstreifen aufgeschweißt wurden. Im zweiten Versuchsjahr wurden ebenfalls 5 cm hohe Blechstreifen auf den Scharstiel aufgesteckt. Zur 1. MH wurde bei diesen Varianten die Scharhacke eingesetzt.

Die Rollhacke wurde im Jahr 1997 mit vier Hacksternen je Bohnenreihe eingesetzt. Die Rollhacke kam im Jahr 1998 nicht zum Einsatz, da die Bohnenpflanzen auf dem vorgesehenen Schlag am Standort Röcknitz zum Zeitpunkt der 2. MH eine zu geringe Wuchshöhe von lediglich 10 cm aufwiesen.

Bügelhacke + Hackschare: Am Standort Luppä wurde im ersten Versuchsjahr (1997) die Auswirkung der Kombination der Bügelhacke mit Hackscharen geprüft. Dazu waren an einem Hackrahmen im Frontanbau je Zwischenreihenbereich 2 Gänsefußschare (teleskopgeführt) angeordnet worden. Die Bügelhacke wurde zwischen den Achsen angebaut.

6.1.2 Termine und Geräteeinstellungen

Anbauort Röcknitz: Die Geräte wurden 4- oder 6-reihig eingesetzt. Die Einstellung der Geräte und der Fahrgeschwindigkeiten erfolgte entsprechend Tabelle 7 und Tabelle 8.

Tabelle 7: Geräteeinstellungen für die Versuche in Buschbohnen (Standort Röcknitz)

	Sicherheitsabstand (cm)					
	1997			1998		
	1. MH (14.7.)	2. MH (28.7.)	3. MH (7.8.)	1. MH (25.7.)	2. MH (1.8.)	3. MH (13.8.)
Scharhacke (Winkelschare)	10	10	10	11	8,5	8,5
Bügelhacke	26 (1) 9 (2)	26 (1) 9 (2)	-	10,5 (1) 10,5 (2)	9 (1) 7,5 (2)	-
Fingerhacke	0 (Finger auf Be- rührg.)	Finger 2 cm überlap- pend	Finger 2 cm überlap- pend	Finger 2 cm überlap- pend	Finger 4 cm überlap- pend	Finger 4 cm überlap- pend
Häufelschare	-	10	7 - 9	-	12	11,5
Rollhacke	-	anhäufelnd	anhäufelnd	-	-	-

(1) = Körbe der vorderen Welle; (2) = Körbe der hinteren Welle; MH = Maschinenhacke

Tabelle 8: Fahrgeschwindigkeiten der Hackgeräte für die Versuche in Buschbohnen (Standort Röcknitz)

	Fahrgeschwindigkeit (km/h)					
	1997			1998		
	1. MH (14.7.)	2. MH (28.7.)	3. MH (7.8.)	1. MH (25.7.)	2. MH (1.8.)	3. MH (13.8.)
Scharhacke (Winkelschare)	2,2	3,0	1,9	2,1 - 2,2	2,3	1,9
Bügelhacke	5,0	6,0	-	5,8	5,8	-
Striegel	2,7	3,0	-	2,4	3,6	-
Fingerhacke	4,2	6,5	5,6	3,4 - 3,5	3,6	3,6
Häufelschare	-	3,0	1,9	-	1,6	1,9
Rollhacke	-	2,5	5,0	-	-	-

MH = Maschinenhacke

Anbauort Luppä: Die Bügelhacke wurde 12-reihig, alle anderen Geräte 4-reihig eingesetzt. Die Einstellung der Hackgeräte und der Fahrgeschwindigkeiten erfolgte entsprechend Tabelle 9.

Tabelle 9: Geräteeinstellungen und Fahrgeschwindigkeiten für Versuche in Buschbohnen (Standort Luppä)

	Sicherheitsabstand (cm)				Fahrgeschwindigkeit (km/h)			
	1997		1998		1997		1998	
	1. MH (18.6.)	2. MH (28.6.)	1. MH (28.6.)	2. MH (11./14.7.)	1. MH (18.6.)	2. MH (28.6.)	1. MH (28.6.)	2. MH (11./14.7.)
Scharhacke (Gänsefußschare)	ca. 15	15	11	10	ca. 4,5	ca. 4,5	3	3,5
Bügelhacke	8 - 10 (1) 8 - 10 (2)	8 - 10 (1) 8 - 10 (2)	17 (1) 12 (2)	17 (1) 10 (2)	5,5	6,0	4,9	5,4
Fingerhacke	-	-	2 cm über- lappend	2 cm über- lappend	-	-	2,8	4,5
Häufelschare	-	-	-	10	-	-	-	3,5

(1) = Körbe der vorderen Welle; (2) = Körbe der hinteren Welle; MH = Maschinenhacke

6.1.3 Versuchsanlage

Die Aussaat der Bohnen erfolgte am Standort Röcknitz im Jahr 1997 am 2. Juni und 1998 am 14. Juni mit einer 12-reihigen pneumatischen EZK-Drillmaschine. Die Reihenweite betrug im Jahr 1997 50 cm und im Jahr 1998 45 cm. Die Versuche wurden in Form von Lang-

parzellenanlagen angelegt. Dabei lagen die Varianten streifenweise nebeneinander. Die Streifen wurden in 6 Wiederholungen (15 m Länge, Breite entsprechend der Arbeitsbreite der Geräte) eingeteilt. Zwischen den Standardvarianten (= Scharhacke) lagen maximal drei der zu prüfenden Varianten.

Am Anbauort Luppa erfolgte die Aussaat der Bohnen im Versuchsjahr 1997 am 6. Juni und im Jahr 1998 am 20. Juni mit einer 12-reihigen pneumatischen EZK-Drillmaschine. Die Reihenweite betrug im Jahr 1997 50 cm und im Jahr 1998 45 cm. Die Versuchsanlage erfolgt analog zum Standort Röcknitz.

6.1.4 Erhebungsmerkmale und Methoden

Die Ermittlung der Unkrautregulierung „in der Reihe“ erfolgte durch Auszählung der Unkräuter im Bereich von 5 cm zu beiden Seiten der Bohnenreihe auf 1 - 3 markierten Flächen von 0,1 m² je Parzelle. Im Zwischenreihenbereich wurde je Parzelle eine Fläche von 0,3 - 0,6 m² ausgezählt. Um den Einfluß der verschiedenen Geräteeinsätze auf den Bohnenbestand zu ermitteln, wurden die Bohnenpflanzen jeweils vor und nach dem Hacken im Jahr 1997 auf 1 m Länge und 1998 auf 2 m laufende Reihe je Parzelle gezählt.

Der Zeitbedarf für die Handhacke wurde für jede Parzelle getrennt ermittelt. Dabei wurden je Variante eines Versuches vier Werte jeweils von den gleichen Personen ermittelt. Die Handhacke erfolgte immer zum Zeitpunkt des 50%-igen Reihenschlusses. Es wurden in der Regel nur die Unkräuter erfaßt, die durch die Buschbohnen nicht unterdrückt wurden und diese zu überwachsen drohten (faßt ausnahmslos *Chenopodium album*). Die Ertragsermittlungen erfolgten durch Handbeerntung aller Hülsen ab einer Länge von ca. 10 cm auf einer Fläche von 4,5 – 5 m² je Parzelle.

Eine ausführliche Beschreibung der Versuche und Darstellung der Ergebnisse zu Buschbohnen erfolgte durch ZANDER (1999).

6.2 Ergebnisse

6.2.1 Unkrautregulierungserfolg

Zwischenreihenbereich

Bügelhacke: Der Unkrautregulierungserfolg im Zwischenreihenbereich wurde nur zwischen dem Einsatz von Scharhacke und Bügelhacke miteinander verglichen (Abb. 3 und 4). In einem von drei durchgeführten Versuchen war der Regulierungserfolg der Bügelhacke dem der Scharhacke unterlegen (Abb. 3). Im zweiten Versuchsjahr konnten am Standort Röcknitz die Bügelaggregate der Bügelhacke aufgrund eines stark verdichteten Bodens, hervorgerufen durch ein Niederschlagsereignis von 46 mm am Tag vor der Aussaat, nicht mehr tief genug in die Erde eindringen. Viele Unkräuter konnten daher nicht beseitigt werden. Unter diesen Bedingungen war die unkrautregulierende Wirkung der Bügelhacke gegenüber der

Ursprünglich veröffentlicht:

Schriftenreihe des BMVEL, Reihe A: Angewandte Wissenschaft, H 492 2002; Lw.-Verlag, Münster-Hiltrup, 48S.

Scharhacke zur 1. MH um 58 % und zur 2. MH um 28 % deutlich geringer. In den anderen beiden Versuchen, bei denen bei lockerem Oberboden das Eindringen der Bügel immer problemlos gegeben war, lag der Regulierungserfolg im Zwischenreihenbereich zwischen 85 % bis annähernd 100 % und es konnten keine Unterschiede zur Scharhacke ermittelt werden (Abb. 3).

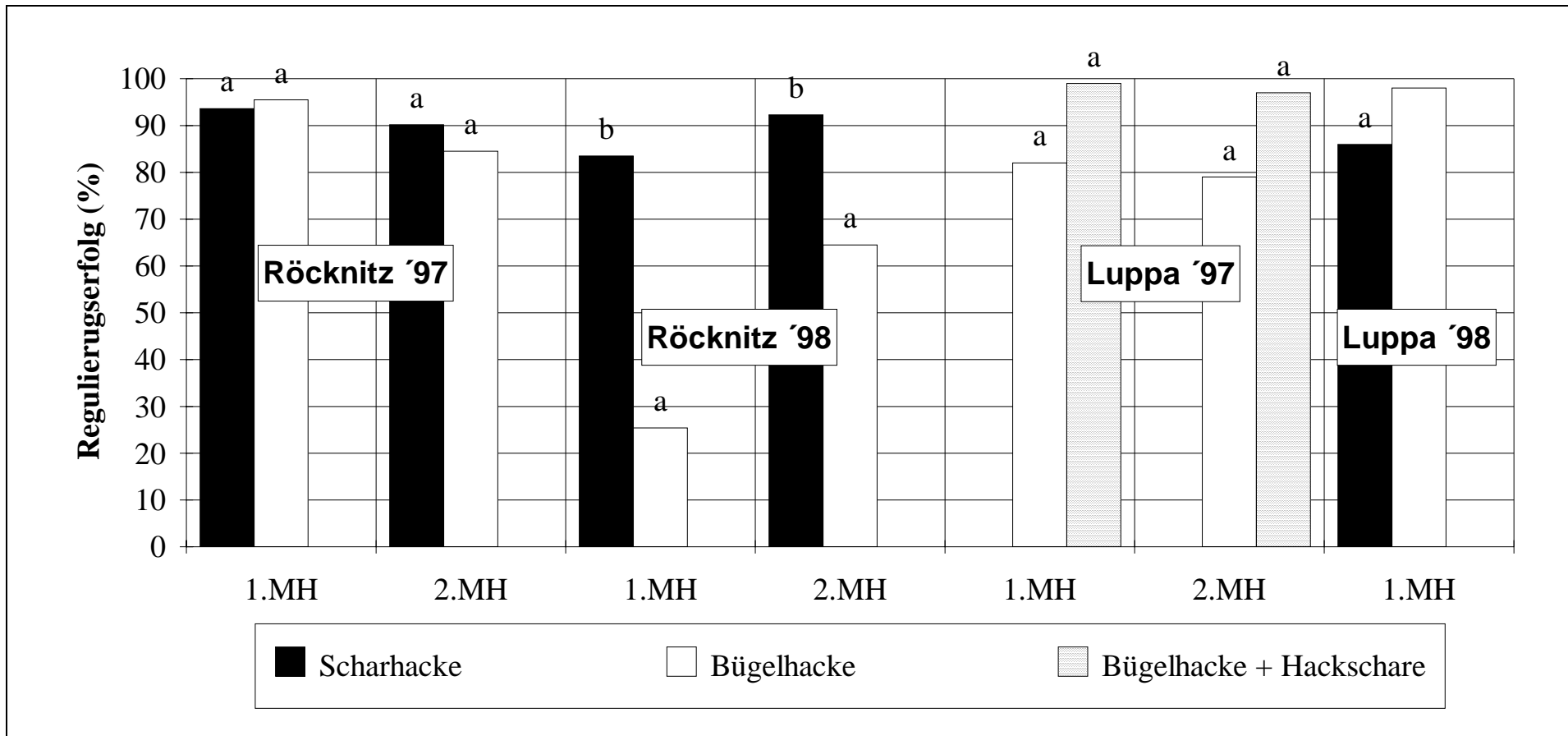


Abbildung 3: Unkrautregulierungserfolg der Bügelhacke sowie deren Kombination mit Hackscharen im Vergleich zum Einsatz der Scharhacke im Zwischenreihenbereich von Buschbohnen (MH = Maschinenhacke)

Bügelhacke + Hackschare: Die Ergebnisse zeigen, daß durch die Kombination zwischen Bügelhacke und Scharhacke der Regulierungserfolg im Zwischenreihenbereich zur 1. MH um 10 % und zur 2. MH um 18 % im Vergleich zum alleinigen Einsatz der Bügelhacke höher war (Abb. 3).

In der Bohnenreihe

In diesem Abschnitt wird ein 10 cm breiter Streifen, 5 cm zu beiden Seiten der Bohnenreihe als Bereich „in der Reihe“ definiert. Der unkrautregulierende Effekt der **Bügelhacke** war gegenüber der Scharhacke um 7 - 40 % geringer (Abb. 4). Signifikant niedrigere Werte wurden allerdings nur im Jahr 1997 zur 2. MH in Röcknitz gefunden. Eine Ausnahme bildete die 2. MH im Jahr 1998 in Röcknitz, wo der Regulierungserfolg der Bügelhacke tendenziell etwas höher lag als der der Scharhacke. Dies kann auf die unterschiedliche Anordnung der Körbe in den beiden Jahren zurückgeführt werden (siehe Tab. 7). Aufgrund der unterschiedlichen Bearbeitungsbreiten im Jahr 1997 in Röcknitz (vorderer Korb 24 cm, hinterer Korb 41 cm) und 1998 in Luppä (vorderer Korb 28 cm, hinterer Korb 33 bzw. 35 cm) wurde der Bereich unmittelbar an der Reihe nur durch den hinteren Korb bearbeitet, was als Ursache für den geringen Regulierungserfolg „in der Reihe“ angesehen werden kann. Wie aus den Ergebnissen der Möhrenversuche ebenfalls hervorging, kann von einer gewissen Verbesserung der Wirkung in der Reihe durch eine Erhöhung der Bearbeitungsbreite der Körbe der vorderen Welle ausgegangen werden.

Fingerhacke: Durch die Bearbeitung des Bereiches in der Reihe mit der Fingerhacke lag der Regulierungserfolg zur 1. MH gegenüber einer Bearbeitung mit der Scharhacke in den drei Versuchen zwischen 24 % und 33 % höher (Abb. 4). Auch bei der 2. MH trat eine Verbesserung von 0 - 24 % ein. Zur 3. MH lag der Erfolg der Fingerhacke gegenüber der Scharhacke nur noch um maximal 7 % höher. Aufgrund einer sehr geringen Verunkrautung zum Zeitpunkt der 3. MH in Luppä des Jahres 1998 wurde hier auf einen dritten Bearbeitungstermin verzichtet.

Hacke + Striegel: Aus technischen Gründen wurde diese Variante nur am Standort Röcknitz geprüft (Abb. 4). Gegenüber der Variante ohne Striegel lag der unkrautregulierende Effekt eines zusätzlichen Striegeleinsatzes im Bereich „in der Reihe“ bei der 1. MH um 13 % (1997) bzw. um 22 % (1998) höher. Nach der 2. MH war im Jahr 1997 keine Wirkung und 1998 ein höherer Regulierungserfolg um 20 % eingetreten. Im zweiten Versuchsjahr lag der unkrautregulierende Effekt des Striegelns also insgesamt deutlich über den Werten des ersten Versuchsjahres. Aufgrund der unterschiedlichen Bodenverhältnisse in den beiden Jahren (1997 lockerer Oberboden, 1998 verkrusteter Oberboden) wäre ein umgekehrtes Ergebnis zu erwarten gewesen.

Häufeln: Aus den Ergebnissen ist deutlich zu erkennen, daß sich durch das Anhäufeln erheblich höhere Regulierungserfolge sowohl im 2-Blatt-Stadium der Bohnen als auch 10 Tage später im 4-Blatt-Stadium erzielen lassen (Abb. 4). Durch den Einsatz von Häufelblechen sowie der Rollhacke wurde zur 2. MH gegenüber der Scharhacke eine 20 - 43 % höhere

Wirkung erreicht. Zur 3. MH betrug die Erhöhung des Regulierungserfolges gegenüber der Scharhacke sogar 20 - 79 %.

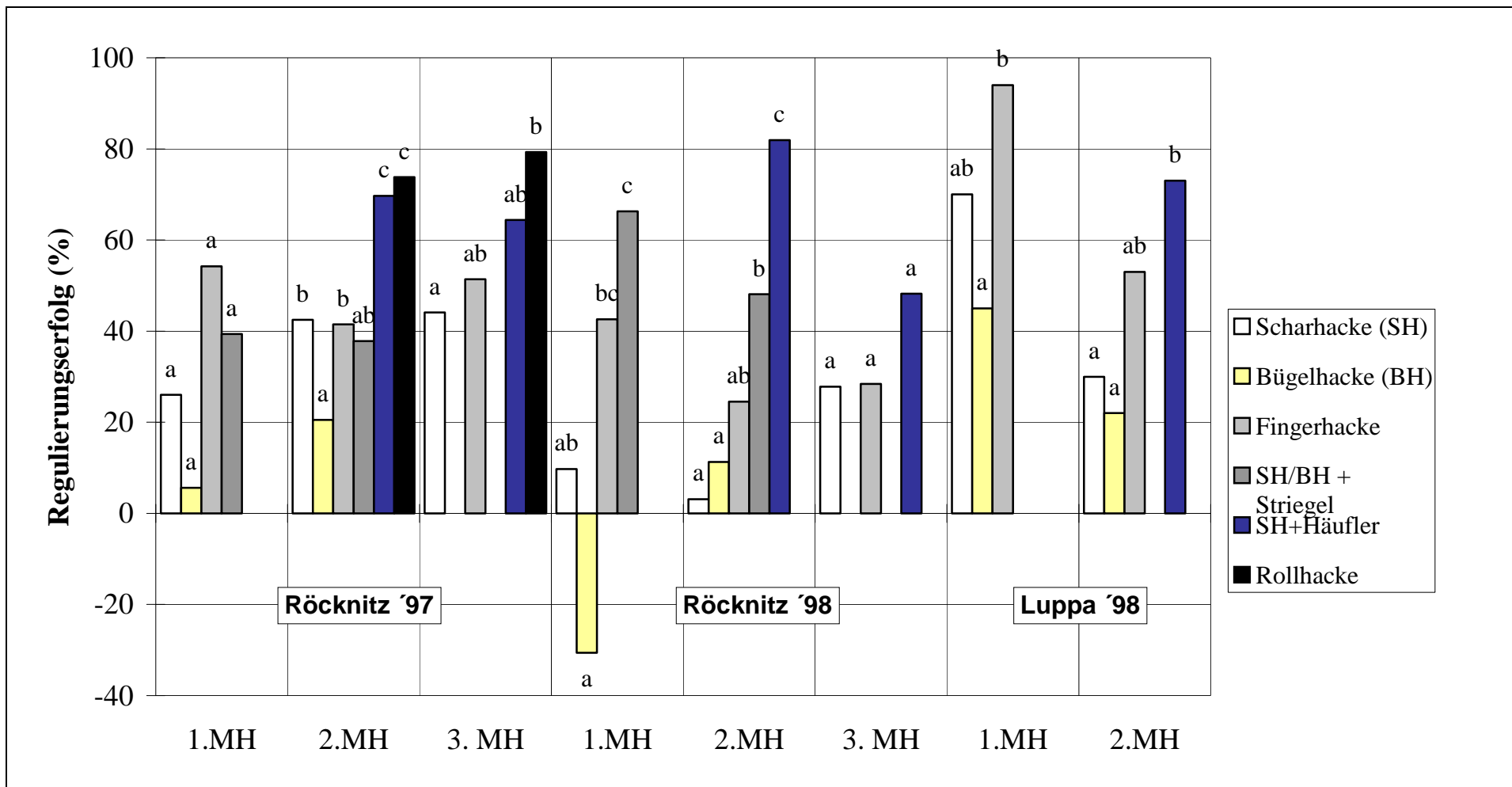


Abbildung 4: Unkrautregulierungserfolg im Bereich „in der Reihe“ von verschiedenen Pflegeverfahren in Versuchen mit Buschbohnen (MH = Maschinenhacke)

6.2.2 Bestandesbeeinflussung

Da zwischen den Versuchsvarianten und den Jahren keine Wechselwirkungen auftraten, sind in Abbildung 5 und Abbildung 6 die Ergebnisse jeweils zusammengefasst dargestellt worden. Durch das Striegeln wurde der Bohnenbestand in den Versuchen in Röcknitz besonders bei frühem Einsatz deutlich stärker verringert als bei den anderen Varianten. Zwei Striegeleinsätze führten zu einer Bestandesreduktion von bis zu 10 %.

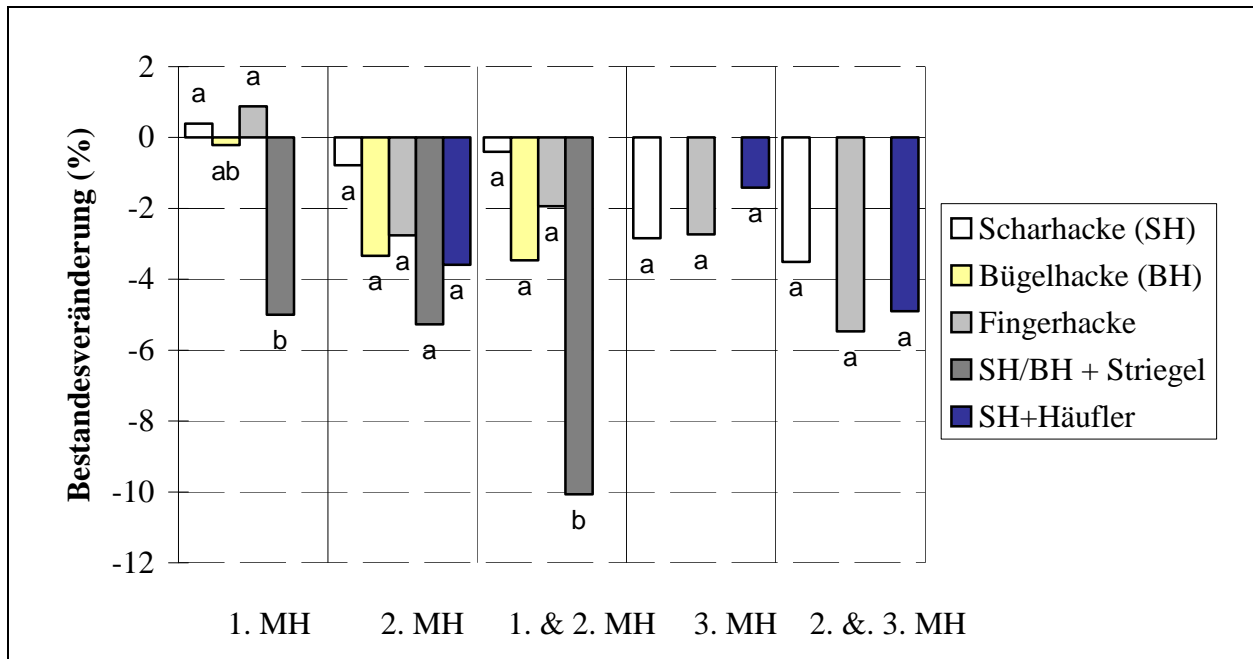


Abbildung 5: Bestandesveränderung an Buschbohnenpflanzen durch den Einsatz verschiedener Hackgeräte am Standort Röcknitz, Mittelwerte der Jahre 1997 und 1998 (MH = Maschinenhacke)

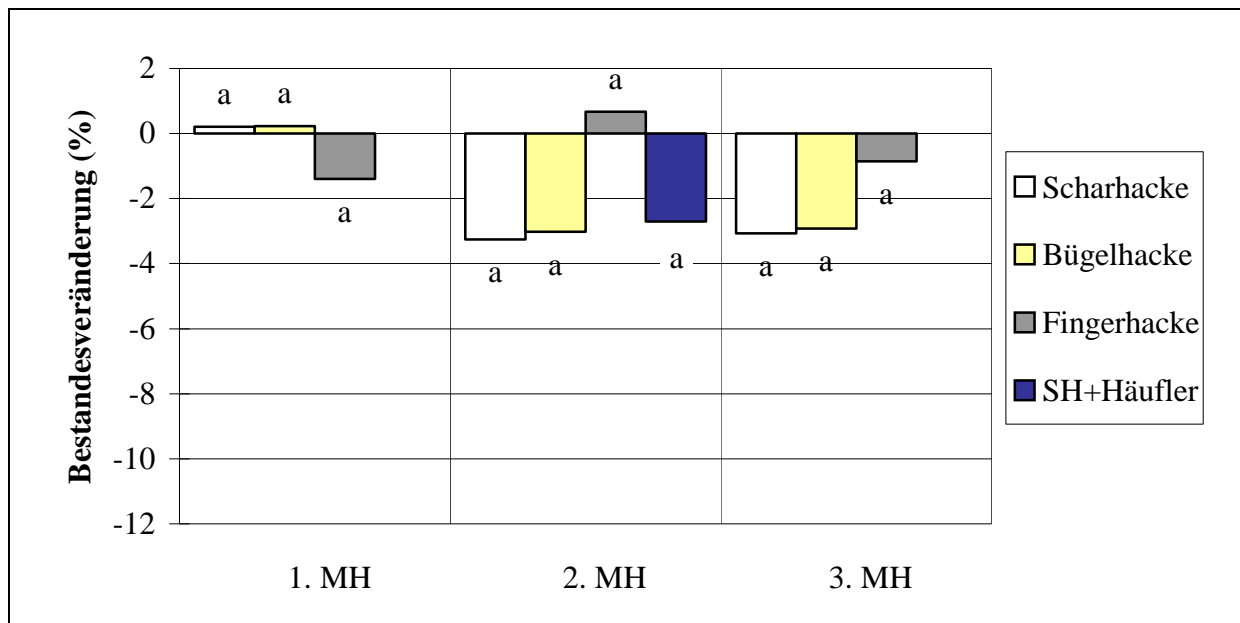


Abbildung 6: Veränderung des Buschbohnenbestandes durch den Geräteeinsatz zu verschiedenen Hackterminen am Standort Luppa des Jahres 1998 (MH = Maschinenhacke)

Durch das Anhäufeln traten dagegen an beiden Standorten keine erhöhten Pflanzenverluste auf. Auch zwischen dem Einsatz von Scharhacke, Bügelhacke und Fingerhacke traten nur sehr geringe Unterschiede in der Beeinflussung des Bohnenbestandes auf.

6.2.3 Handarbeitszeitbedarf

Die Arbeitszeit für die verbleibende Handhacke war nach dem Einsatz der Bügelhacke am Standort Röcknitz im Durchschnitt der Jahre um 64 % und bei dem Versuch in Luppa um 27 % erhöht (Abb. 7). Die ungenügende unkrautregulierende Wirkung des Gerätes an und in der Reihe ist hier als Ursache zu nennen. Weiterhin kann vermutet werden, daß die Anordnung der Körbe einen Einfluß auf die Handarbeitszeit hatte. Die Ergebnisse in Röcknitz zeigen, daß der Handarbeitszeitbedarf im ersten Jahr gegenüber der Scharhacke um 94 % (n.s.) und im zweiten Jahr nur um 42 % (**) erhöht war, was auf den größeren Sicherheitsabstand der Körbe der vorderen Welle im ersten Jahr (26 cm) zurückgeführt werden könnte. Im zweiten Jahr wurde das Gerät mit einem Sicherheitsabstand der Körbe der vorderen Welle von nur noch ca. 10 cm eingesetzt. Beim Versuch in Luppa betrug dieser Sicherheitsabstand 17 cm.

Nach dem Einsatz der Fingerhacke war im Handarbeitsaufwand insgesamt nur eine geringe Abweichung von der Scharhackvariante zu verzeichnen (Abb. 7). Bei den Versuchen in Röcknitz war die Handarbeit mit 11 - 23 % etwas erhöht, was jedoch nicht statistisch gesichert war. Beim Versuch in Luppa war der Zeitbedarf um 21 % geringer (n.s.). Deutlich ver-

ringert werden konnte die Handarbeitszeit dagegen durch das Striegeln (um 31 - 53 %) und durch das Häufeln (27 - 68 %).

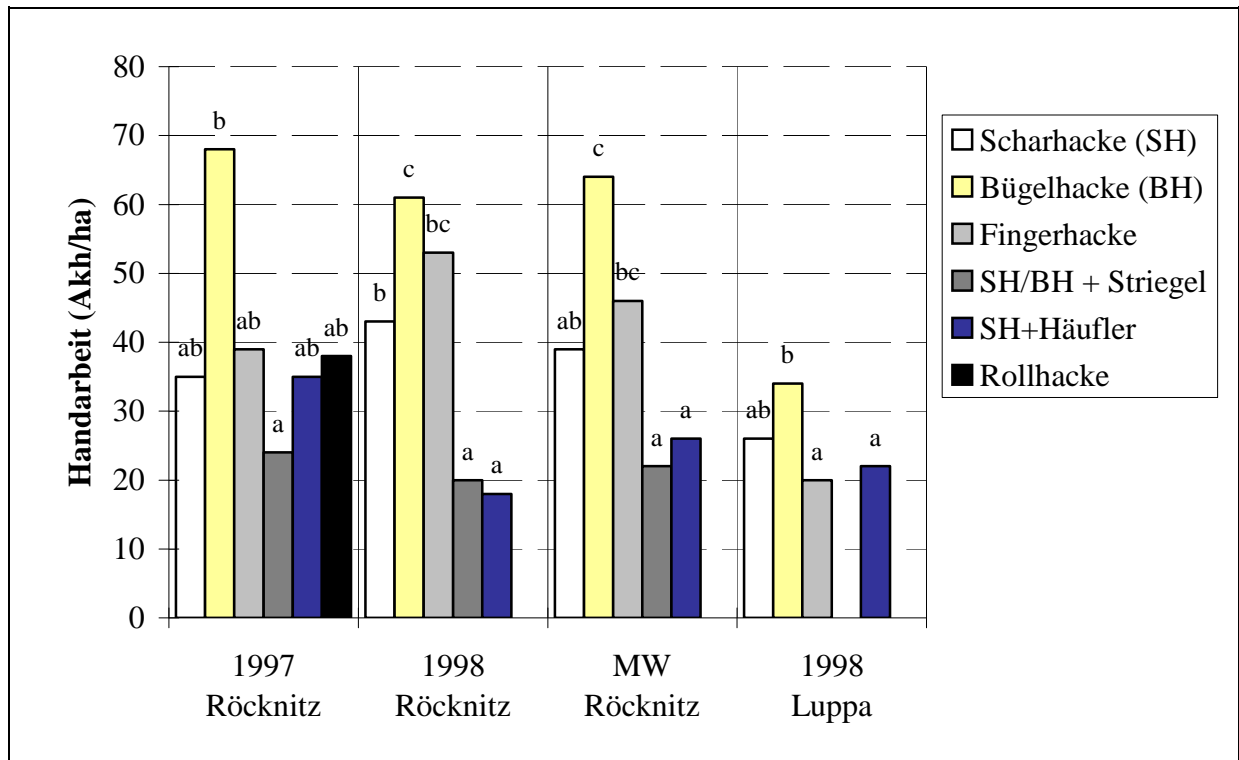


Abbildung 7: Arbeitszeitbedarf für die Handhacke bei unterschiedlichen Pflegeverfahren in Buschbohnen (MW = Mittelwert)

6.2.4 Erträge

Die Erträge waren durch den unterschiedlichen Geräteeinsatz bis auf die Häufelvarianten weitgehend gleich hoch geblieben (Abb. 8). Durch das Häufeln sind in einem Versuch mit der Rollhacke Ertragsverluste von 21 % und mit den Häufelblechen in zwei Versuchen von 15 % bzw. 11 % entstanden. Als Ursache hierfür kommen zum einen das Verschütten von einzelnen Blättern und dem damit verbundenen Verlust an Assimilationsfläche und zum anderen Wurzelbeschädigungen in Betracht.

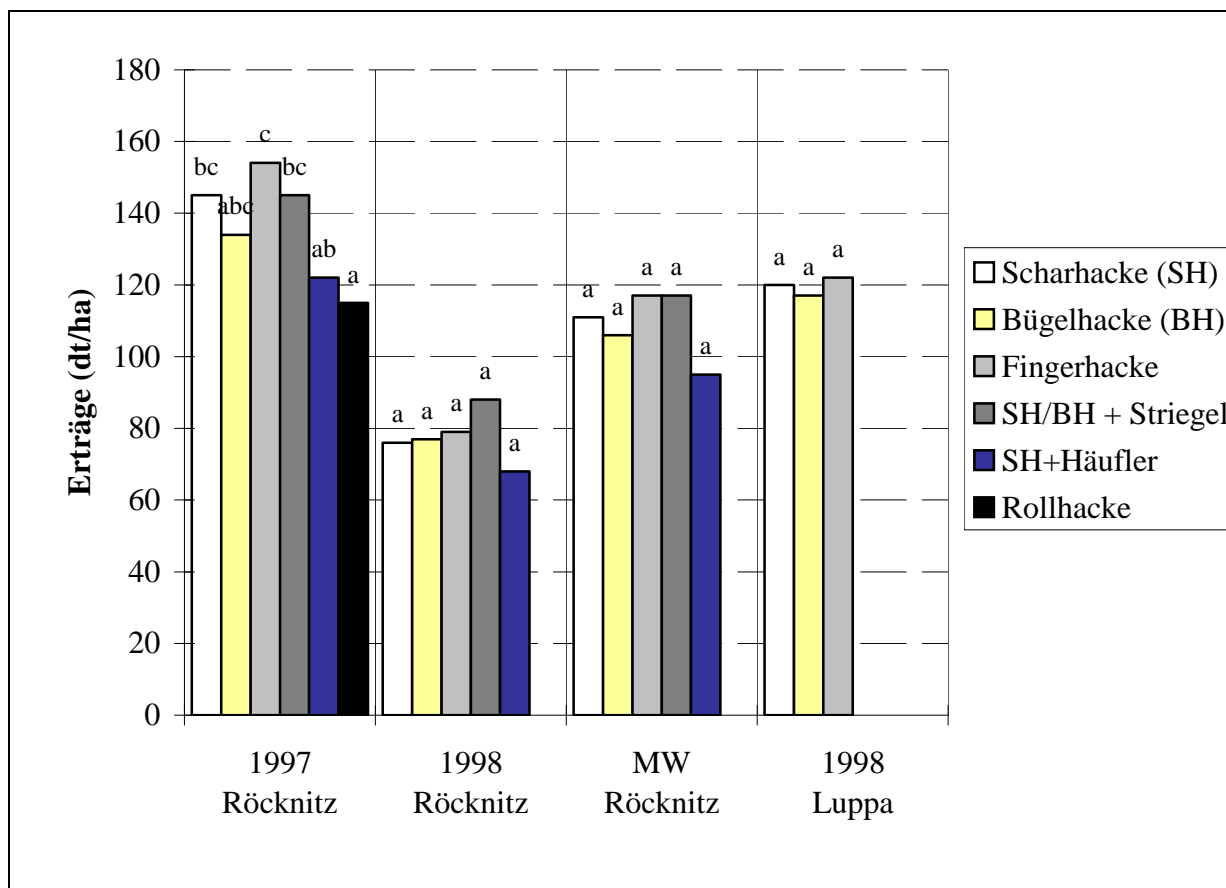


Abbildung 8: Frischmasseerträge handgepflückter Bohnen nach Anwendung verschiedener Pflegeverfahren (MW = Mittelwert)

7 Versuche in Zucker- und Futterrüben

7.1 Material und Methoden

7.1.1 Versuchsbeschreibung

Mit Beta-Rüben wurde im Jahr 1997 ein Versuch in Futterrüben am Standort Pulsitz und ein Versuch in Zuckerrüben am Standort Luppaa angelegt (Standortcharakteristik siehe unter Kap. 4.1). In Futterrüben wurde der Einsatz der **Bügelhacke** und in Zuckerrüben der Einsatz der **Bügelhacke** und der **Fingerhacke** jeweils mit der Arbeitsweise der **Scharhacke** verglichen. Die Bügelhacke kam als Heckenbaugerät für drei Reihen mit mechanischer Feinsteuerung zum Einsatz. Die Feinsteuerung stand im Jahr 1997 allerdings erst Ende Mai zur Verfügung, so daß das Gerät zu den ersten beiden Hackterminen in Futterrüben ohne Feinsteuerermöglichkeit eingesetzt werden mußte. Da unter diesen Bedingungen der Schonstreifen der Bügelhacke auf 15 cm eingestellt werden mußte, konnte kein Vergleich der Geräte hinsichtlich des unkrautregulierenden Effektes in der Reihe erfolgen. Die Scharhacke wurde im Zwischenachsenbau in den Futterrüben 6-reihig und in den Zuckerrüben 4-reihig eingesetzt. Die Fingerhacke (4-reihig, Zwischenachsenbau) kam nur in Zuckerrüben und nur zur 1. Maschinenhacke am Standort Luppaa zum Einsatz. Diese Variante wurde zur 2. Maschinenhacke mit der Scharhacke bearbeitet. In Tabelle 10 sind die jeweiligen Einstellungen und Fahrgeschwindigkeiten aufgeführt worden. Bei dem Versuch zu Futterrüben in Pulsitz ist zu berücksichtigen, daß die Geschwindigkeitsangaben Schätzwerte darstellen.

Tabelle 10: Geräteeinstellungen und Fahrgeschwindigkeiten in den Versuchen mit Futterrüben (Standort Pulsitz) und Zuckerrüben (Standort Luppaa)

	Schonstreifen (cm)				Fahrgeschwindigkeit (km/h)			
	Futterrüben, 1997		Zuckerrüben, 1998		Futterrüben, 1997		Zuckerrüben, 1998	
	1. MH (9.5.)	2. MH (20.5.)	1. MH (23.5.)	2. MH (8.6.)	1. MH (9.5.)	2. MH (20.5.)	1. MH (23.5.)	2. MH (8.6.)
Scharhacke	10 (mit Hohl- schutz- scheiben)	10 (ohne Hohl- schutz- scheiben)	10 (Hohl- schutz- scheiben 8 cm)	10 (ohne Hohl- schutz- scheiben)	ca. 2,5	ca. 4,5	2,9	3,5
Bügelhacke	26 (1) 15 (2)	26 (1) 15 (2)	21 (1) 8 (2)	21 (1) 10 (2)	ca. 6,5	ca. 6,5	8,5	8
Fingerhacke	-	-	Finger auf Berührung	-	-	-	2,9	-

(1) = Körbe der vorderen Welle; (2) = Körbe der hinteren Welle; MH = Maschinenhacke

7.1.2 Versuchsanlage

Die Aussaat der Futterrüben in Pulsitz erfolgte am 10.4. des Jahres 1997 6-reihig als Drillsaat mit einer Aussaatmenge von 5,5 kg/ha. Der Reihenabstand betrug 50 cm. Die Zuckerrüben in Luppä wurden am 27.4.1998 mit einer 12-reihigen pneumatischen Einzelkorndrillmaschine ausgesät. Die Ablageweite betrug 14 cm, die Reihenweite 45 cm. Beide Versuche wurden als Langparzellenanlagen mit 6 Wiederholungen und einer Parzellenlänge von 10 m bei den Futter- und 15 m bei den Zuckerrüben angelegt. Die Parzellenbreite betrug bei den Futterrüben 3 m (6 Reihen) und bei den Zuckerrüben 1,8 m (4 Reihen).

7.1.3 Erhebungskriterien und Methoden

Zur Ermittlung des Unkrautregulierungserfolges wurden im Zwischenreihenbereich je Parzelle eine Fläche von 0,3 m², verteilt auf 3 markierte Erhebungsstellen kurz vor und nach dem Hacken ausgezählt. Die Ermittlung der Unkrautregulierung „in der Reihe“ erfolgte im Versuch mit Zuckerrüben durch Auszählung der Unkräuter im Bereich von 5 cm zu beiden Seiten der Kulturpflanzenreihe auf 2 markierten Flächen von 0,1 m² je Parzelle kurz vor und nach den Geräteeinsätzen. Um den Einfluß der Geräteeinsätze auf den Zuckerrübenbestand zu ermitteln, wurden die Pflanzen immer vor und nach dem Hacken auf 15 m laufender Reihe je Parzelle gezählt. Der Zeitbedarf für die Vereinzlungshacke der Futterrüben und der beiden Handhacken wurde für jede Parzelle getrennt ermittelt. Dabei wurden je Variante sechs Werte mit immer den gleichen Personen ermittelt. Die Rübenenerträge wurden durch Handrodung ermittelt. In jeder Parzelle wurde bei den Futterrüben eine Fläche von 5 m² und bei den Zuckerrüben von 4,5 m² beerntet. Die ermittelten Ertragswerte enthalten den am Rübenkörpern anhaftenden Erdbesatz. Dieser kann bei den Futterrüben vernachlässigt werden, sollte bei den Ernteergebnissen der Zuckerrüben aber in Betracht gezogen werden.

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem PC-Programm SPSS. Nach der varianzanalytischen Auswertung erfolgte die Prüfung mittels Tukey-HSD-Test ($p=0,05$) bzw. mit dem t-Test ($p=0,05$) bei weniger als 3 Versuchsgliedern. In den Tabellen kennzeichnen unterschiedliche Kleinbuchstaben signifikante Unterschiede zwischen den Varianten.

7.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse zum Unkrautregulierungserfolg zeigen, daß zwischen der Wirkung der Geräte im Zwischenreihenbereich keine Unterschiede festzustellen waren (Tab. 11). Auch der bei der 2. Maschinenhacke bei den Futterrüben um 24 % geringere und bei den Zuckerrüben um 10 % geringere Regulierungserfolg der Bügelhacke ließ sich auf Grund starker Streuungen der Einzelwerte nicht absichern.

Durch den Geräteeinsatz in den Versuchen mit Zuckerrüben konnte die Verunkrautung in der Rübenreihe (Bereich von 5 cm zu beiden Seiten der Rübenpflanzen) weder durch die Scharhacke noch durch die Bügelhacke beeinträchtigt werden. Im Vergleich zum Einsatz der

Scharhacke konnte lediglich durch die Fingerhacke ein Erfolg von 15 % erzielt werden, was aber als relativ gering eingeschätzt werden muß.

Durch den Einsatz der Geräte konnten nur geringe, statistisch nicht gesicherte Einflüsse auf den Zuckerrübenbestand festgestellt werden, wobei die Bestandesverminderung mit 8,1 % durch den Einsatz der Fingerhacke zur 1. Maschinenhacke am stärksten war (Tab. 12). In der Summe der beiden Maschineneinsätze (1. und 2. Maschinenhacke) lag die Bestandesverringerung durch die Bügelhacke mit 9,7 % im Vergleich zur Scharhacke (3,4 %) auf einem eher hohen Niveau, wobei die Unterschiede auch hier nicht abzusichern waren.

Tabelle 11: Unkrautregulierungserfolg (%) verschiedener Hackgeräte bei Versuchen mit Zucker- und Futterrüben

	Futterrüben, Pulsitz, 1997		Zuckerrüben, Luppä, 1998			
	1. MH	2. MH	1. MH		2. MH	
	z.d.R.	z.d.R.	z.d.R.	i.d.R.	z.d.R.	i.d.R.
Scharhacke	90 a	42 a	84 a	-2 a	78 a	- 2 a
Bügelhacke	88 a	18 a	82 a	6 a	68 a	-19 a
Fingerhacke + Scharhacke	-	-	-	15 b	-	-

z.d.R. = Bereich zwischen den Reihen; i.d.R. = Bereich in der Reihe; MH = Maschinenhacke

Beim Handarbeitszeitbedarf sowohl für die Vereinzlungshacke der Futterrüben als auch für die beiden Handhackdurchgänge bei den Zuckerrüben traten keine Unterschiede zwischen den Hackgerätevarianten auf. Demzufolge hat der günstige Regulierungserfolg im Bereich „in der Reihe“ durch die Fingerhacke nicht vermindern auf die Handarbeitszeit gewirkt. Weiterhin ist es fraglich, ob bei den Versuchen in Futterrüben ein Einfluß der Geräte auf den Arbeitszeitbedarf beim ersten Handarbeitsgang (Vereinzlungshacke) ermittelt werden konnte. Vielmehr ist zu vermuten, daß hierbei der Zeitbedarf für das Vereinzeln der Rüben einen ausschlaggebenden Einfluß auf den Arbeitszeitbedarf hatte und weniger das Beseitigen von Unkraut, welches nach der Maschinenhacke im Bereich der Reihe stehengeblieben war (Tab. 12).

Die Erträge an Futterrüben lagen auf einem sehr hohen Niveau. Zwischen dem Einsatz der Bügelhacke und dem der Scharhacke konnten keine Unterschiede festgestellt werden. Bei den Zuckerrüben wurden dagegen nach dem Einsatz der Bügel- und Fingerhacke geringere Erträge ermittelt als nach Verwendung der Scharhacke. Als Ursache hierfür könnten die geringeren Rübenbestände zur Zeit der Ernte auf den von Bügel- und Fingerhacke bearbeiteten Parzellen angesehen werden (Scharhacke 73 000, Bügelhacke 67 000, Fingerhacke 68 000 Pflanzen/ha). Möglicherweise lagen hier aber auch Bodenunterschiede vor, die bei

der Anlageform der Langparzelle trotz rechnerischem Ausgleich nicht eliminiert werden konnten.

Tabelle 12: Bestandesveränderung, Handarbeitszeitbedarf und Rübenenerträge beim Einsatz verschiedener Hackgeräte in Versuchen mit Zucker- und Futterrüben

	Bestandesveränderung (%)			Handarbeitszeitbedarf (Akh/ha)				Rübenenertrag (dt/ha)	
	Zuckerrüben, Luppa, 1998			Futter- Rüben, Pulsitz, 1997	Zuckerrüben, Luppa, 1998			Pulsitz, 1997	Luppa, 1998
	1. MH	2. MH	1. & 2. MH	Verein- zelungs- hacke	1. HH	2. HH	Summe	Futter- rüben	Zucker- rüben
Schar- hacke	-4,1 a	1,2 a	-3,4 a	69 a	74 a	71 a	145 a	1381 a	473 b
Bügel- hacke	-7,5 a	-2,4 a	-9,7 a	68 a	70 a	72 a	142 a	1427 a	415 a
Finger- + Schar- hacke	-8,1 a	-	-	-	75 a	-	-	-	416 a

MH = Maschinenhacke; HH = Handhacke

(1) = Körbe der vorderen Welle

(2) = Körbe der hinteren Welle

8 Versuche in Spinat

8.1 Material und Methoden

8.1.1 Versuchsbeschreibung

Am Standort Luppa wurde im Jahr 1997 der Einsatz der Bügelhacke mit dem der Scharhacke verglichen. Ein Einsatz der Bügelhacke war allerdings nur zur 1. Maschinenhacke möglich. Zur 2. Maschinenhacke waren die Spinatreihen schon zur Hälfte geschlossen und es mußte auf den Einsatz der Bügelhacke verzichtet werden weil zu hohe Blattverluste zu befürchten waren. Die Scharhacke (Teleskophackkörper, Frontanbau) war mit einem 18 cm breiten Gänsefußschar je Zwischenreihenbereich ausgerüstet. Bei der Bügelhacke waren im Zwischenreihenbereich auf der vorderen und hinteren Welle 18 cm breite Bügelkörbe montiert (Tab. 13).

Tabelle 13: Sicherheitsabstände und Fahrgeschwindigkeiten im Hackversuch in Spinat

	Unbearbeiteter Streifen über der Reihe (cm)	Fahrgeschwindigkeit (km/h)
Scharhacke	7	2,7 - 3,0
Bügelhacke	7 (1) (2)	3,8 - 4,0

Der Spinat wurde am 28.6.1997 mit einer pneumatischen Drillkombination auf einen Reihenabstand von 25 cm ausgesät. Der Versuch wurde als Langparzellenanlage mit der Scharhack-Variante als Standard angelegt. Die Geräte wurden zur 1. Maschinenhacke am 13.8. eingesetzt.

8.1.2 Erhebungskriterien und Methoden

Der Unkrautregulierungserfolg in der Reihe wurde durch auszählen einer markierten Fläche von 0,1 m² je Parzelle (0,1 x 1,0 m) vor und nach dem Hacken ermittelt. Die Unkräuter wurden hierdurch in einem Bereich von 5 cm zu beiden Seiten der Spinatreihe erfaßt. Die Anzahl der Kulturpflanzen wurde vor und nach dem Hacken auf 3 m laufender Reihe je Parzelle gezählt. Die Signifikanz der Ergebnisse wurden nach der Interpolation der Werte durch den t-Test (p = 0,05) geprüft.

8.2 Ergebnisse

Wie aus Tabelle 14 zu entnehmen ist, traten keine unterschiedlichen Wirkungen zwischen dem Einsatz der Bügelhacke und dem der Scharhacke auf die Verunkrautung in der Kulturpflanzenreihe auf. Zwischen den Kulturpflanzenreihen hatte allerdings die Scharhacke eine bessere Wirkung zu verzeichnen. Als Ursache hierfür könnte das unterschiedliche Entwicklungsstadium der Unkräuter im Zwischenreihenbereich und in der Reihe angesehen werden. Während in der Reihe zum Zeitpunkt der Hacke im Durchschnitt aller Parzellen 37 % der Unkräuter im Keimblatt-Stadium anzutreffen waren (52 % im 2 – 6-Blatt-, 3 % > 6-Blattstadium, 8 % Gräser) traten im Zwischenreihenbereich fast ausschließlich größere Unkräuter auf (88 % im 2 – 6-Blatt-, 4 % > 6-Blattstadium, 8 % Gräser).

Zum Zeitpunkt der Maschinenhacke befanden sich die Spinatpflanzen im Keimblatt-Stadium, die ersten beiden echten Laubblätter waren bereits angesetzt. Es waren keine Unterschiede zwischen den Geräten auf die Bestandesdichte an Spinatpflanzen festzustellen (Tab. 14). Zur Auszählung drei Tage nach dem Hacken war die Anzahl aufgelaufener Spinatpflanzen im Vergleich zur Auszählung vor dem Hacken bei beiden Varianten um ca. 5 - 7 % angestiegen, was durch ein weiteres Auflaufen von Spinatpflanzen zwischen den Auszählterminen zustande gekommen war.

Zum Handarbeitszeitbedarf und zum Ertrag wurden in diesem Versuch keine Daten erhoben.

Tabelle 14: Unkrautregulierungserfolg und Bestandesveränderung durch Einsatz von Scharhacke und Bügelhacke in Spinat

	Unkrautregulierungserfolg (%)		Bestandesveränderung (%)
	in der Reihe	zwischen den Reihen	
Scharhacke	49 a	86 b	+ 6,6 a
Bügelhacke	49 a	68 a	+ 5,6 a

9 Versuche in Mais

9.1 Material und Methoden

9.1.1 Versuchsbeschreibung

Zur Prüfung der Eignung der Bügelhacke in Maiskulturen wurde am Standort Pulsitz (Lu, ca. 80 Bodenpunkte) ein Vergleich mit der Scharhacke durchgeführt. Der Einsatz erfolgte einmalig zur 1. Maschinenhacke im 4-Blattstadium des Maises am 6.6.1998. Scharhacke und Bügelhacke wurden mit hohen Sicherheitsabständen eingesetzt, wodurch hohe Arbeitsgeschwindigkeiten realisiert werden konnten (Tab. 15). Am 19. 6. erfolgte dann die 2. MH einheitlich für beide Varianten mit der Scharhacke.

Tabelle 15: Sicherheitsabstände und Fahrgeschwindigkeiten im Hackversuch in Mais

	Unbearbeiteter Streifen über der Reihe (cm)	Fahrgeschwindigkeit (km/h)
Scharhacke	17,5	ca. 3,0
Bügelhacke	17 (1), 20 (2)	ca. 8,0

(1) = Körbe der vorderen Welle; (2) = Körbe der hinteren Welle

Die Vorfrucht des Maises war Klee gras, welches im Frühjahr umgebrochen wurde. Der Mais wurde am 25.4.1998 gesät und einmal im Voraufbau und einmal im 3-Blattstadium gestriegelt. Dieser Versuch wurde ebenfalls als Streifenanlage mit doppeltem Standard (= Scharhacke) und 6 Wiederholungen je Variante angelegt.

9.1.2 Erhebungsmerkmale und Methoden

Die Ermittlung der unkrautregulierenden Wirkung „in der Reihe“ erfolgte vor und nach dem Hacken durch Auszählung der Unkräuter im Bereich von 10 cm zu beiden Seiten der Mais-

Ursprünglich veröffentlicht:

Schriftenreihe des BMVEL, Reihe A: Angewandte Wissenschaft, H 492 2002; Lw.-Verlag, Münster-Hiltrup, 48S.

reihe auf einer Fläche von 0,6 m² je Parzelle (Gesamtfläche 3,6 m² je Variante). Im Zwischenreihenbereich waren durch Fahrspuren und Erosionsrinnen starke Unebenheiten zu verzeichnen, weshalb in diesem Bereich kein Vergleich im Regulierungserfolg vorgenommen werden konnte. Die Maispflanzen wurden ebenfalls vor und nach dem Hacken in einer Länge von 20 m je Parzelle (= 15 m²) ausgezählt, um die Bestandesbeeinflussung zu ermitteln. Die Unkrautfrischmasse wurde je Parzelle durch Abschneiden der Unkräuter und Wägung z. Zt. der Maisernte auf einer Fläche von 15 m² ermittelt. Der Frischmasseertrag des Mais wurde je Parzelle durch Abschneiden auf ebenfalls 15 m² und Wägung der Ganzpflanze am Feld ermittelt. Zur Prüfung der Unterschiede zwischen den Varianten wurde der t-Test (p = 0,05) angewendet.

9.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen beim Unkrautregulierungserfolg einen leichten aber nicht gesicherten Vorteil der Bügelhacke im Vergleich zum Einsatz der Scharhacke (Tab. 16). Hinsichtlich der Beeinflussung des Kulturbestandes haben sich die Geräte nicht unterschieden. Der um 8 % geringere Ertrag sowie die um 45 % höhere Unkrautfrischmasse der Bügelhackvariante ließen sich ebenfalls statistisch nicht absichern. Die gemessenen Ertragsunterschiede könnten allerdings ein Hinweis auf Wurzelschädigungen sein, die durch den Einsatz der Bügelhacke aufgetreten sein konnten, da bei dem besonders lockeren Boden dieses Versuches die Bügel bis auf 10 cm Tiefe in den Boden eingedrungen waren. Der um 6 % höhere Maispflanzenbestand der Bügelhackvariante war schon vor der 1. Maschinenhacke zu verzeichnen gewesen (Tab. 16).

Tabelle 16: Versuchsergebnisse zum Einsatz verschiedener Hackgeräte in Mais

	Unkrautregulierungserfolg in der Reihe (%)	Bestandesveränderung (%)	Unkrautfrischmasse zur Ernte (g/m ²)	Anzahl Maispflanzen zur Ernte (Pfl./ha×1000)	Maisertrag (Frischmasse, dt/ha)
Scharhacke	68 a	-2,4 a	92 a	80 a	542 a
Bügelhacke	75 a	-3,4 a	133 a	85 b	479 a

10 Versuche in Porree

10.1 Material und Methoden

10.1.1 Versuchsanstellung

Bei diesem Versuch wurde im Jahr 1997 am Standort Schrebitz (Lu, Ackerzahl ca. 80) die Bügelhacke erst nach vorheriger Bearbeitung mit der Scharhacke eingesetzt und mit einer Variante ohne zusätzlichen Einsatz der Bügelhacke verglichen. Einsatztermine und die Einstellung der Geräte sind der Tabelle 17 zu entnehmen.

Tabelle 17: Einstellungen und Einsatztermine der Hackgeräte im Versuch in Porree am Standort Schrebitz

	Sicherheitsabstand (cm)		Fahrgeschwindigkeit (km/h)	
	1. MH (8.7.)	2. MH (18.7.)	1. MH (8.7.)	2. MH (18.7.)
Scharhacke	12	15	ca. 3	ca. 3
Scharhacke + Bügelhacke	24 (1) 11 (2)	24 (1) 11 (2)	ca. 8	ca. 8

(1) = Körbe der vorderen Welle; (2) = Körbe der hinteren Welle; MH = Maschinenhacke
 Die Anlage der Pflanzbeete erfolgte 3-reihig bei einem Reihenabstand von 50 cm. Die Pflanzlöcher wurden mit einer 3-reihigen Lochstanzmaschine angelegt und die Pflanzung des Porrees erfolgte am 27.6.1997 von Hand. Die erste Handhacke erfolgte am 11.7. und in der 33. Kalenderwoche (ca. 14.8.) erfolgte ein weiterer Handarbeitseinsatz. Durch den letzten Durchgang wurden lediglich hochwachsende Unkräuter (*Chenopodium album*, *Sonchus* spp.) entfernt, niedrig wachsende Unkräuter (*Lamium* spp., *Stellaria media*) wurden hingegen nicht mehr beseitigt.

10.1.2 Erhebungsmerkmale und Methoden

Die Ermittlung der Unkrautregulierung „in der Reihe“ erfolgte vor und nach dem Hacken durch Auszählung der Unkräuter im Bereich von 10 cm zu beiden Seiten der Porreereihe auf einer Fläche von 0,2 m² je Parzelle (Gesamtfläche 1,2 m² je Variante). Im Zwischenreihenbereich wurde je Parzelle eine Fläche von 0,3 m² verteilt auf 3 Einzelflächen ausgezählt (Gesamtfläche 1,8 m² je Variante). Die Porreepflanzen wurden ebenfalls vor und nach dem Hacken auf 1 m Pflanzenreihe je Parzelle (= 0,5 m²) ausgezählt, um die Bestandesbeeinflussung durch die Hackarbeiten zu ermitteln. Der Zeitbedarf für die Handhacke wurde für jede Parzelle getrennt ermittelt. Dabei bearbeiteten zwei Personen die Parzellen im Wechsel. Eine Ernteerhebung wurde nicht vorgenommen.

10.2 Ergebnisse

Wie aus Tabelle 18 zu entnehmen ist, konnte der Regulierungserfolg durch den zusätzlichen Einsatz der Bügelhacke gesteigert werden. Im Zwischenreihenbereich war eine Erhöhung zur 1. Maschinenhacke von 4 % zu verzeichnen. Im Bereich „in der Reihe“ (10 cm Sicherheitsabstand) lag die Erhöhung bei 10 % bzw. bei 19 %, was allerdings nicht gesichert war. Ein Einfluß des Maschineneinsatzes auf den Porreepflanzenbestand war nicht zu verzeichnen. Der Handarbeitszeitbedarf für die 1. Handhacke war um 20 % geringer, was sich allerdings ebenfalls nicht absichern ließ.

Tabelle 18: Regulierungserfolg, Bestandesveränderung und Handarbeit beim Einsatz verschiedener Hackgeräte im Versuch mit Porree im Jahr 1997

Variante	Unkrautregulierungserfolg (%)				Bestandesveränderung (%)		Handarbeit (nur 1. HH, Akh/ha)
	1. MH (8.7.)		2. MH (18.7.)		1. MH	2. MH	
	z. d. R.	i. d. R.	z. d. R.	i. d. R.			
Scharhacke	94 a	54 a	57 a	45 a	2,4 a	0	123 a
Bügelhacke + Scharhacke	98 b	64 a	57 a	64 a	2,4 a	0	98 a

MH = Maschinenhacke; HH = Handhacke; z.d.R. = Bereich zwischen den Reihen; i.d.R. = Bereich in der Reihe

11 Regulierungserfolg der Bügelhacke in Abhängigkeit zur Arbeitsgeschwindigkeit und zum Entwicklungsstadium eines Modellunkrautes

11.1 Material und Methoden

11.1.1 Versuchsbeschreibung

Der Einfluß der Fahrgeschwindigkeit und der Unkrautgröße auf den Regulierungserfolg wurde beim Einsatz der Bügelhacke und der Scharhacke im Jahr 1998 auf einem Lößlehmstandort 40 km südlich von Leipzig am Standort Roda in einem 3-faktoriellen Versuch getestet.

Die Stufen „langsam“, „mittel“ und „schnell“ des Faktors Fahrgeschwindigkeit wurden bei den beiden Geräten unterschiedlich definiert. Dies ist damit zu begründen, daß aufgrund der unterschiedlichen Funktionsweise der Geräte der Einsatz generell in verschiedenen Geschwindigkeitsbereichen erfolgt (Tab. 19).

Tabelle 19: Prüffaktoren und Stufen des Versuches am Standort Roda

Prüffaktor A:	Entwicklungsstadien der Modellpflanze Phacelia	
a1	Keimblattstadium bis zweites Laubblatt	
a2	4. - 6. Laubblatt	
Prüffaktor B:	Fahrgeschwindigkeit (km/h)	
	Bügelhacke	Scharhacke
b1	langsam 4	2
b2	mittel 6	4
b3	schnell 8	6
Prüffaktor C:	Hackgerät	
c1	Scharhacke	
c2	Bügelhacke	

11.1.2 Versuchsanlage

Als Versuchsfläche wurde eine randomisierte Blockanlage mit Parzellengrößen von 1,5 x 5,0 m eingemessen. Zwischen den Blöcken wurden Wege zum Wenden der Geräte mit einer Breite von 5,0 m angelegt. In den entsprechenden Parzellen wurde am 18.8. sowie am 4.9.1998 Phaceliasamen (ca. 500 Samen/m²) von Hand breitwürfig ausgesät und mit einem Holzrechen flach eingearbeitet. Der Phaceliabestand sollte eine Verunkrautung in zwei verschiedenen Entwicklungsstadien simulieren. Der Einsatz der Hackgeräte erfolgte am 25.9.1998. Zu diesem Zeitpunkt befanden sich die zum ersten Termin ausgebrachten Phaceliapflanzen im 4-6-Blatt-Stadium, die zuletzt gesäten Pflanzen im Keimblatt- bis 2-Blatt-Stadium.

11.1.3 Gerätetechnik

Die Bügelkörbe der vorderen und hinteren Welle der Bügelhacke waren in der Weise montiert, daß durch Ineinandergreifen der Körbe eine lückenlose Bearbeitung über eine Breite von ca. 120 cm erfolgte. Die Bügelhacke wurde im Heckanbau (Fendt-GT) eingesetzt. Die Scharhacke (Fa. Schmotzer) wurde im Frontanbau (Hege-Parzellen-GT) mit 4 Parallelogrammen eingesetzt. Je Parallelogramm waren 3 Gänsefußschare mit einer Schnittbreite von 14 cm angebracht. Die Messer waren mit einem Strichabstand von 12 cm montiert, so daß bei allen Messern eine Überlappung von 2 cm gewährleistet wurde.

11.1.4 Methoden

Einen Tag vor und vier Tage nach dem Hacken wurde der Phaceliabesatz in jeder Parzelle an drei mit Stäben markierten Flächen in der Größe von 0,1 m² ausgezählt. Diese Auszählungen ergaben einen mittleren Phaceliabesatz je Parzelle vor und nach dem Hacken, woraus der Regulierungserfolg für jede Parzelle ermittelt wurde.

Ursprünglich veröffentlicht:

Schriftenreihe des BMVEL, Reihe A: Angewandte Wissenschaft, H 492 2002; Lw.-Verlag, Münster-Hiltrup, 48S.

Neben einer 3-faktoriellen Varianzanalyse zur Klärung der Wirkung der einzelnen Faktoren sowie deren Wechselwirkungen wurden einfaktorielle Varianzanalysen mit anschließendem Tukey-Test durchgeführt, wodurch Unterschiede zwischen den Versuchsgliedern geprüft wurden. Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen hierbei signifikante Unterschiede zwischen den Varianten.

11.2 Ergebnisse

Einen Überblick über den Regulierungserfolg auf allen durchgeführten Varianten ist aus Abbildung 9 zu entnehmen.

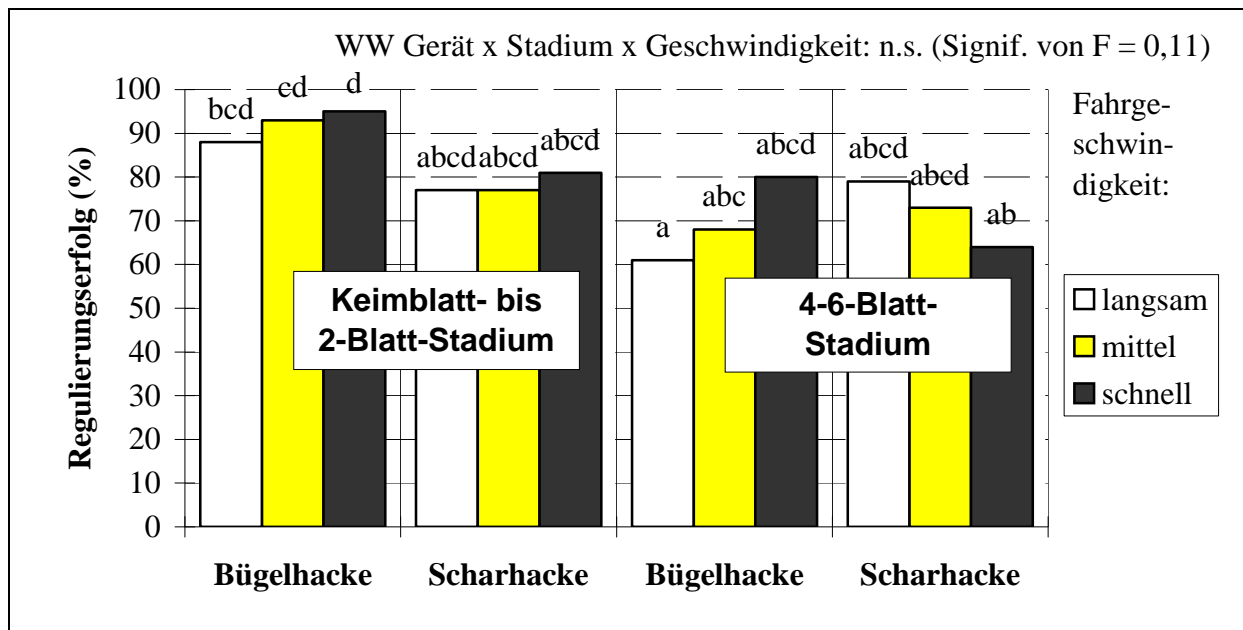


Abbildung 9: Einzeleffekte des Regulierungserfolges von Scharhacke und Bügelhacke bei unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten und Entwicklungsstadien eines Modellunkrautes (Phacelia), Versuch Roda des Jahres 1998

Die mehrfaktorielle Varianzanalyse hat ergeben, daß lediglich der Faktor „Entwicklungsstadium“ einen Einfluß auf das Ergebnis des Geräteinsatzes hatte, nicht hingegen die Faktoren „Gerät“ und „Geschwindigkeit“. Der durchschnittliche Regulierungserfolg bei allen im frühen Entwicklungsstadium gehackten Parzellen lag mit 85 % signifikant höher als der im 4-6-Blatt-Stadium. Das Auftreten größerer Unkräuter (ab 4 Blätter) zum Zeitpunkt der Hackarbeiten wirkte sich also sowohl bei der Scharhacke als auch bei der Bügelhacke negativ auf das Hackergebnis aus.

Weiterhin hat dieser Versuch ergeben, daß die miteinander verglichenen Geräte in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium der Pflanzen einen unterschiedlichen unkrautregulierenden Erfolg erzielt haben (Abb. 10). Die Wirkung der Bügelhacke war beim Einsatz im frühen Entwicklungsstadium um 14 % höher als die der Scharhacke. Eine Ursache für die bessere Wir-

kung der Bügelkörbe bei kleinen Unkräutern könnte die rotierende Arbeitsweise des Gerätes sein, wodurch die Unkrautwurzeln besser enterdet wurden und somit deren Regenerationsvermögen nach dem Hacken stärker eingeschränkt war als bei gezogenen Geräten wie der Scharhacke. Eine weitere Ursache kann darin bestehen, daß kleinere Unkräuter durch den stärkeren Erdaufwurf der rotierenden Bügelkörbe in einem höheren Maße verschüttet wurden als beim Einsatz der Scharhacke. Zur Zeit des späteren Entwicklungsstadiums der Modellpflanzen waren keine Unterschiede zwischen den Geräten hinsichtlich ihrer unkrautregulierenden Wirkung festzustellen. Hier lag der durchschnittliche Regulierungserfolg mit ca. 70 % auf einem eher geringen Niveau (Abb. 10).

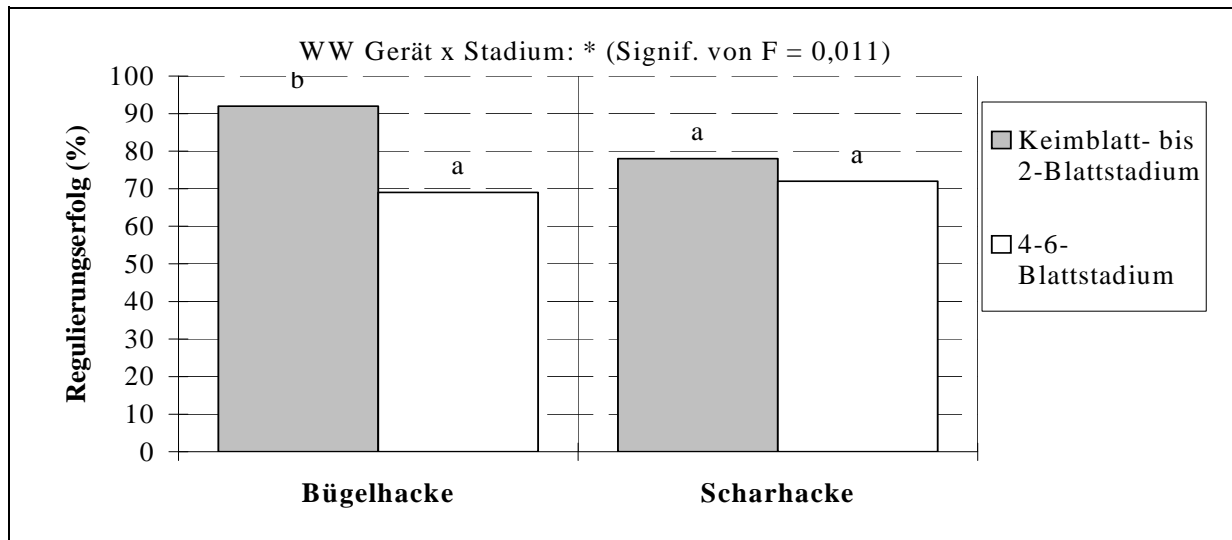


Abbildung 10: Unkrautregulierungserfolg von Bügelhacke und Scharhacke in Abhängigkeit zum Entwicklungsstadium des Modell-Unkrautbestandes (Phacelia)

Wie aus Abbildung 11 hervorgeht, ist tendenziell eine unterschiedliche Wirkung der Geräte bei steigender Geschwindigkeit zu erkennen. Beim Einsatz der Bügelhacke wurde mit steigender Fahrgeschwindigkeit ein etwas ansteigender Regulierungserfolg erzielt. Demgegenüber war bei der Anwendung der Scharhacke ein leichtes Absinken des Regulierungserfolges bei steigender Geschwindigkeit festzustellen, was auf das Hacken der Parzellen zum späten Entwicklungsstadium zurückgeführt werden konnte (vgl. Abb. 9).

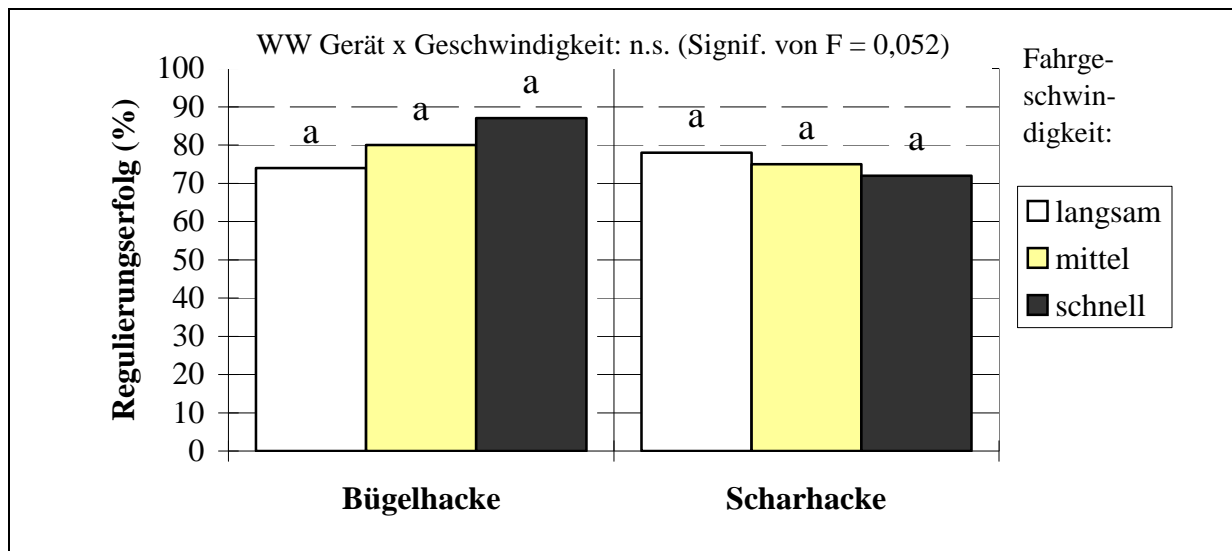


Abbildung 11: Regulierungserfolg durch Bügelhacke und Scharhacke in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit

12 Einfluß des Hackgeräteeinsatzes auf die Wasser-Infiltration des Bodens

12.1 Fragestellung

Durch die spezifische Arbeitsweise der Hackgeräte (gezogene Schare, rotierende Arbeitswerkzeuge), kann die Verschlammungsneigung und Erosionsanfälligkeit des Bodens beeinflusst werden. In den mit Reihenkulturen bestellten Ackerflächen ist aufgrund einer zu meist langen Jugendentwicklung, verbunden mit einer geringen Bodenbedeckung, die Gefahr der Erosion durch Starkniederschläge besonders hoch. Deshalb ist beim Einsatz von reihenabhängig arbeitenden Pflegegeräten dem Aspekt des Bodenschutzes im hohen Maße Rechnung zu tragen.

Als wichtiges Kriterium für die Beurteilung der Erodierbarkeit des Bodens nach dem Hackgeräteeinsatz wurde die Wasser-Infiltrationsrate herangezogen. Die Infiltrationsrate beschreibt die Wassermenge, die in einer definierten Zeit auf einer definierten Fläche im Boden versickern kann. Mit diesen Messungen sollte erfaßt werden, wie die Versickerung von Wasser an der Bodenoberfläche durch die rotierende Arbeitsweise der Bügelhacke sowie der Tellerhackbürste im Vergleich zur herkömmlichen Scharhacketechnik beeinflusst wird.

12.2 Material und Methoden

Die Messungen wurden zu 5 Terminen auf 3 Standorten in einem Abstand von 7 - 20 Tagen nach einem Hacktermin mit einem Doppelringinfiltrometer durchgeführt. Das angewandte Verfahren orientierte sich an der Beschreibung lt. DIN 19682 Blatt 7. Der Ringinfiltrometer

bestand aus zwei fest miteinander verbundenen 5 cm hohen Eisenringen. Der Durchmesser im Innenring betrug 165 mm, der des Außenringes 255 mm. Für die Messung wurde der Infiltrometer waagrecht ca. 2 - 3 cm in die Bodenoberfläche eingedrückt. Zur Vermeidung von Verschlämmungen wurde im Innenring eine ca. 5 mm starke Sandschicht aufgebracht. Das Wasser wurde aus zwei skalierten Kanistern über Schlauchleitungen und Einlaufstutzen getrennt in beide Ringe geleitet. Bei der Messung wurden über einen Zeitraum von 10 Minuten im Innen- sowie im Außenring ein konstanter Wasserspiegel über manuell bediente Regelventile eingestellt. Eine zweite Person notierte den dabei zu verzeichnenden Wasserverbrauch im Minutenrhythmus.

Für die Ermittlung der Infiltrationsrate wurde die von der zweiten bis zur zehnten Minute (t = 9 min) versickerte Wassermenge „V“ (Volumen in Liter) herangezogen. Die erste Minute des Meßzeitraumes wurde als Sättigungsphase der obersten Bodenschicht angesehen. Die vom Innenring des Infiltrometers umschlossene Fläche „F“ betrug 213,72 cm². Die Infiltrationsrate „I“ wurde mit nachfolgender Gleichung ermittelt:

$$I \text{ [mm/sec.]} = V / (F \times t)$$

12.3 Ergebnisse

Die Einzelwerte der Infiltrationsmessungen haben auf dem leichten Boden eine starke Streuung aufgewiesen, so daß die Unterschiede in den Ergebnissen nicht abzusichern waren (Abb. 12). Auf den schweren Böden war das Niveau der Infiltrationsrate nach Anwendung der Scharhacke und der Bügelhacke insgesamt zwar niedriger, aber in etwa ebenfalls gleich hoch. Demzufolge kann davon ausgegangen werden, daß der Einsatz der Bügelhacke auf allen Standorten sowie der Einsatz der Tellerhackbürste auf leichteren Standorten keine Erhöhung der Verschlammungsneigung und Erosionsgefahr im Vergleich zum Einsatz der herkömmlichen Scharhacketechnik verursacht.

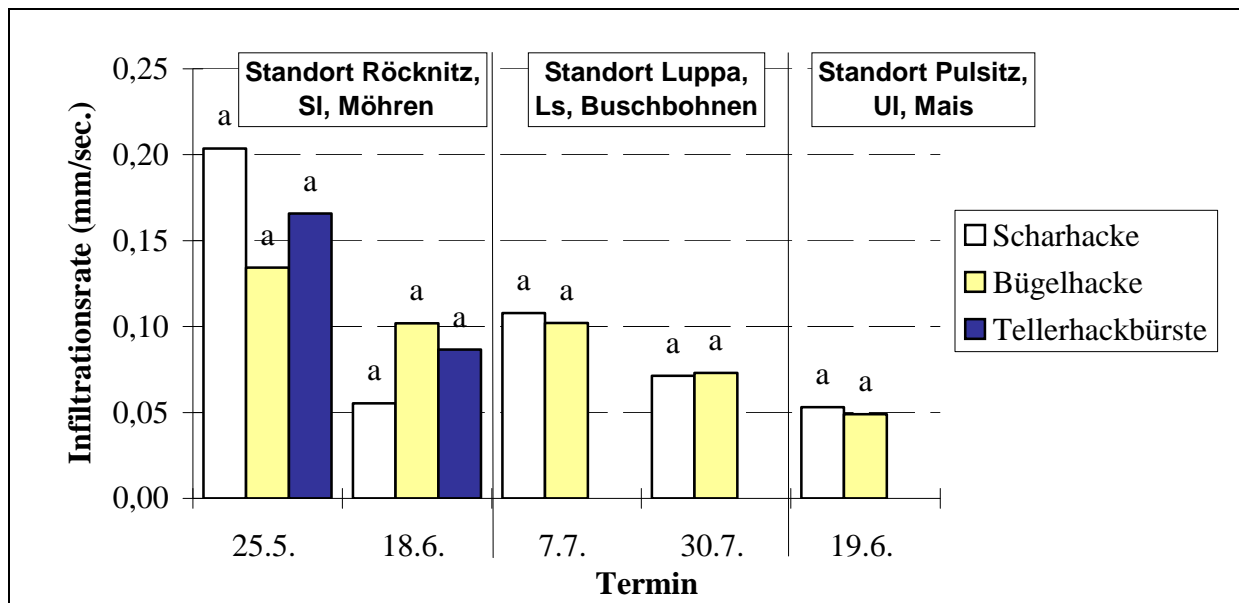


Abbildung 12: Wasser-Infiltrationsraten nach dem Einsatz verschiedener Hackgeräte auf einem leichten, mittleren und einem schweren Boden im Versuchsjahr 1998

13 Betriebswirtschaftlicher Vergleich des Einsatzes verschiedener Hackgeräte und Pflegevarianten

In Tabelle 20 wurden die variablen und festen Maschinenkosten für die Unkrautregulierung mit Scharhacke, Bügelhacke, Fingerhacke und Tellerhackbürste dargestellt. Es fällt auf, daß durch den relativ hohen Verschleiß der Arbeitswerkzeuge insbesondere der Gummifinger bei der Fingerhacke und der Bürstensegmente bei der Tellerhackbürste die variablen Maschinenkosten deutlich sowie die der Bügelhacke etwas höher liegen als bei der Scharhacke. Nach den Erfahrungen des zweijährigen Maschineneinsatzes im Rahmen des Vorhabens müssen bei einer 6-reihigen Bügelhacke die Bügel aufgrund von Verschleiß und Verbiegungen nach einem Flächeneinsatz von ca. 50 ha bei gering mit Steinen besetztem Boden ausgewechselt werden. Bei der Fingerhacke (6-reihig) müssen die Finger bereits nach einer Einsatzfläche von ca. 10 ha ersetzt werden, da diese dann am Ansatz beginnen abzuknicken.

Aus der Tabelle 20 wird weiterhin deutlich, daß durch die höheren Arbeitsgeschwindigkeiten der bodenangetriebenen Geräte die variablen Maschinenkosten des zum Hacken eingesetzten Schleppers sowie bei entsprechender Berücksichtigung der Kosten für Arbeitszeit (Maschinenhacke im Ein-Mann-Betrieb, Zwischenachsnaubau) die Gesamtkosten des Geräteeinsatzes erheblich verringert werden. Bei der Verwendung der Tellerhackbürste trifft das Ge-

genteil zu, da hier aufgrund der verhältnismäßig geringen Fahrgeschwindigkeit der Arbeitsbedarf und die variablen Schlepperkosten im Vergleich zur Scharhacke rel. hoch liegen.

Tabelle 20: Kosten der Unkrautregulierung mit verschiedenen Hackgeräten (KTBL, 1996; eigene Berechnungen)

Gerät		Scharhacke	Bügelhacke	Fingerhacke	Tellerhackbürste
Arbeitsbreite	(m)	3	3	3	3
Arbeitsgeschwindigkeit	(km/h)	2,20	5,70	4,50	1,5
Arbeitszeitbedarf	(Akh/ha)	1,8	0,8	1,0	2,5
variable	Pflegegerät	4	10	13	11
Maschinen-	Schlepper (60 PS)	22	10	12	31
kosten	Summe	26	20	25	42
Arbeitskosten	(DM/ha)	45	20	24	63
Summe	(DM/ha)	71	40	49	104
Anschaffungskosten	(DM)	8 900	8 000	11 100	29 500
feste Maschinenkosten *	(DM/Jahr)	1 095	984	1 365	3 629

*) Nutzungsdauer 12 Jahre, Zinssatz 4 % des Anschaffungspreises

Die festen Maschinenkosten sind im Vergleich zur Scharhacke bei der Bügelhacke in etwa gleich hoch, bei der Fingerhacke aufgrund des hohen Anschaffungspreises jedoch etwas und bei der Tellerhackbürste viel höher anzusetzen (Tab. 20).

Bei der Bewertung der Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Hackgeräten müssen neben den Verfahrenskosten des Hackgeräteeinsatzes weitergehend die Auswirkungen des Pflegeverfahrens auf den Ertrag und bei Anbauverfahren ohne Herbizideinsatz auch der Zeitbedarf für die Handarbeit zur Beseitigung der Restverunkrautung im Bereich „in der Reihe“ in Betracht gezogen werden.

In der Tabelle 21 wurden am Beispiel der Versuche in Buschbohnen am Standort Röcknitz die Deckungsbeiträge für den Einsatz verschiedener Hackgeräte bzw. Unkrautregulierungsstrategien ermittelt (siehe Kap. 6). Zur Berücksichtigung von Verlusten bei der maschinellen Ernte und Aufbereitung wurden die Ertragswerte aus den handbeernteten Versuchen pauschal um 20 % reduziert.

Wie aus Tabelle 21 zu entnehmen ist, liegt der Deckungsbeitrag bei Anwendung der Scharhacke verglichen mit den anderen Verfahren im mittleren Bereich. Nur der Einsatz der Fingerhacke sowie die Kombination aus Scharhacke und Striegel übersteigen diesen Deckungsbeitrag um bis zu 500 DM/ha. Die Verfahren mit Bügelhacke sowie mit Scharhacke

Ursprünglich veröffentlicht:

Schriftenreihe des BMVEL, Reihe A: Angewandte Wissenschaft, H 492 2002; Lw.-Verlag, Münster-Hiltrup, 48S.

inklusive Häufner sind durch niedrigere Deckungsbeiträge gekennzeichnet. Beim Einsatz der Bügelhacke führt der hohe Zeitaufwand bei der Handhacke zu erhöhten Kosten. Der Zeitaufwand ist auf den hohen Sicherheitsabstand im Jahr 1997 und auf den verkrusteten Boden des Jahres 1998 zurückzuführen. Die niedrigen Deckungsbeitragswerte für die Kombination aus Scharhacke und Häufner sind auf das geringe Ertragsniveau dieser Pflegevariante zurückzuführen. Dies konnte durch den niedrigen ermittelten Handarbeitsaufwand nicht kompensiert werden (Tab. 21).

Bei Zugrundelegung eines gleich hohen Ertragsniveaus (signifikante Ertragsunterschiede waren nur selten in den Versuchen aufgetreten) gleichen sich die Deckungsbeiträge aneinander an und es bestehen nur noch geringe Vorteile für den Einsatz der Scharhacke.

In den Versuchen stellte sich weiterhin heraus, daß ein ungünstiges Ergebnis im Handhackaufwand nach dem Einsatz der Bügelhacke auf eine ungünstige Anordnung der Bügelkörbe (zu großer Sicherheitsabstand der Körbe der vorderen Welle) zurückzuführen war. In weiteren Versuchen, wobei dann ein optimaler Sicherheitsabstand eingestellt worden ist, war dann kein erhöhter Aufwand mehr für die spätere Handhacke aufgetreten.

Werden demzufolge gleich hohe Erträge und gleich hohe Beträge für die Handhacke bei den Kalkulationen zugrunde gelegt, so sind praktisch keine unterschiedlichen Deckungsbeiträge zwischen der Bügelhacke, der Fingerhacke und der Scharhacke mehr zu verzeichnen, da der Anteil der variablen Maschinenkosten für die Unkrautregulierung an den Gesamtkosten des Verfahrens nur sehr gering ist.

Somit kann zusammenfassend vermerkt werden:

Die festen Maschinenkosten unterscheiden sich zwischen den Gerätetypen. Hierbei bestehen geringe Vorteile für die Bügelhacke und aufgrund der höheren Anschaffungskosten Nachteile für die Fingerhacke und besonders für die Tellerhackbürste im Vergleich zur Scharhacke.

Bei Unterstellung einer weitgehend ertragsneutralen Arbeitsweise und einem optimalen Einsatz sind kaum Unterschiede zwischen den Deckungsbeiträgen der Gerätetypen zu verzeichnen.

Tabelle 21: Deckungsbeiträge von Buschbohnen bei unterschiedlichen Verfahren der mechanischen Unkrautregulierung (Standort Röcknitz, Mittelwerte der Versuchsjahre 1997 und 1998) (KTBL, 1993, 1995, 1996; eigene Berechnungen)

Pflegeverfahren	Scharhackle	Bügelhackle	Fingerhackle	Scharhackle + Striegel	Scharhackle + Häufler
Arbeitsbreite	3 m	3m	3 m	3 m/12 m	3 m
Erträge (dt/ha)	89	85	94	94	76
Preis (DM/dt)	70	70	70	70	70
Marktleistung (DM/ha)	6 216	5 936	6 552	6 552	5 320
Kosten (DM/ha)					
Saatgut (4,5 U/ha, 275 DM/U) (1 U = 100 000 Körner)	1 250	1 250	1 250	1 250	1 250
Nährstoffentzug	208	202	217	217	187
variable Maschinenkosten					
- Unkrautregulierung	78	45	75	92	78
- sonstige	466	466	466	466	466
Kosten für Handarbeit (10 DM/h)	390	640	460	220	260
Energiekosten Beregnung (80 mm)	200	200	200	200	200
Hagelversicherung	78	74	82	82	67
Vermarktungskosten, Beiträge	455	436	479	479	392
Summe variable Kosten	3 125	3 312	3 229	3 005	2 900
Deckungsbeitrag (DM/ha)	3 091	2 624	3 323	3 547	2 420

14 Schlußfolgerung

14.1 Unkrautregulierung

Die Ergebnisse aus den durchgeführten Praxistests mit den neuen Hackgerätearten lassen eine erste allgemeine Einschätzung ihrer unkrautregulierenden Wirkung zu. Zu dieser Beurteilung müssen die Bereiche „in und an der Kulturpflanzenreihe“ sowie „im Zwischenreihenbereich“ getrennt betrachtet werden. Beim Einsatz der Scharhacke, Bügelhacke und Tellerhackbürste muß zur Kulturpflanzenreihe ein Sicherheitsabstand zwischen 5 und 10 cm eingehalten werden, es kann keine direkte Bearbeitung in diesem Bereich erfolgen. Die Fingerhacke ist ein spezielles Gerät, mit dem eine Bearbeitung des Bereichs in der Kulturpflanzenreihe durchgeführt werden kann.

Bügelhacke

Aus den Praxisvergleichen geht zusammenfassend hervor, daß die Bügelhacke im Zwischenreihenbereich zum 1. Einsatztermin der Geräte bei normal zugänglichem, nicht bis wenig verkrusteten Boden einen mit der Scharhacke vergleichbaren bis leicht besseren Unkrautregulierungseffekt erzielen kann. Die Ursache hierfür ist darin zu suchen, daß durch die Arbeitsweise der Bügelhacke kleinere Unkräuter, die noch nicht sehr tief verwurzelt sind, durch die rotierenden Körbe besser aus dem Boden herausgezogen und die Wurzeln dadurch stärker enterdet werden als durch die lediglich durch den Boden gezogenen Messer der Scharhacke.

Bei der folgenden 2. Maschinenhacke war der festgestellte Unkrautregulierungserfolg nur noch gleich hoch oder tendenziell bereits geringer als bei der Scharhacke. Tiefer verwurzelte Unkräuter können durch die Bügelkörbe aufgrund fehlender schneidender Arbeitswerkzeuge nicht mehr deutlich gestört und „ausgegraben“ werden, die Unkräuter werden lediglich „überrollt“ und bleiben im Boden verankert, so daß sie weiterwachsen können. Weiterhin weist die Bügelhacke besonders bei stark verkrusteten Böden eine unbefriedigende Arbeitsweise auf, da die Bügel dann nicht mehr in den Boden eindringen. In solchen Fällen sollte das Gerät nur in Kombination mit Hackscharen eingesetzt werden.

Im Bereich „in der Kulturpflanzenreihe“ mußte bei Anwendung der Bügelhacke zunächst ein deutlich geringerer Wirkungsgrad als bei der Scharhacke verzeichnet werden. Die Ursache hierfür ist in der standardmäßig ausgeführten unterschiedlichen Arbeitsbreite des vorderen und hinteren Korbes zu sehen. Dadurch wird ein je nach Reihenweite unterschiedlich breiter Streifen am Bearbeitungsrand der Bügel nur durch einen Korb bearbeitet (siehe Abb. 13). Dieses Problem konnte gelöst werden, indem durch Konstruktionsänderung eine Angleichung der vorderen und hinteren Arbeitsbreiten der Körbe vorgenommen wurde.

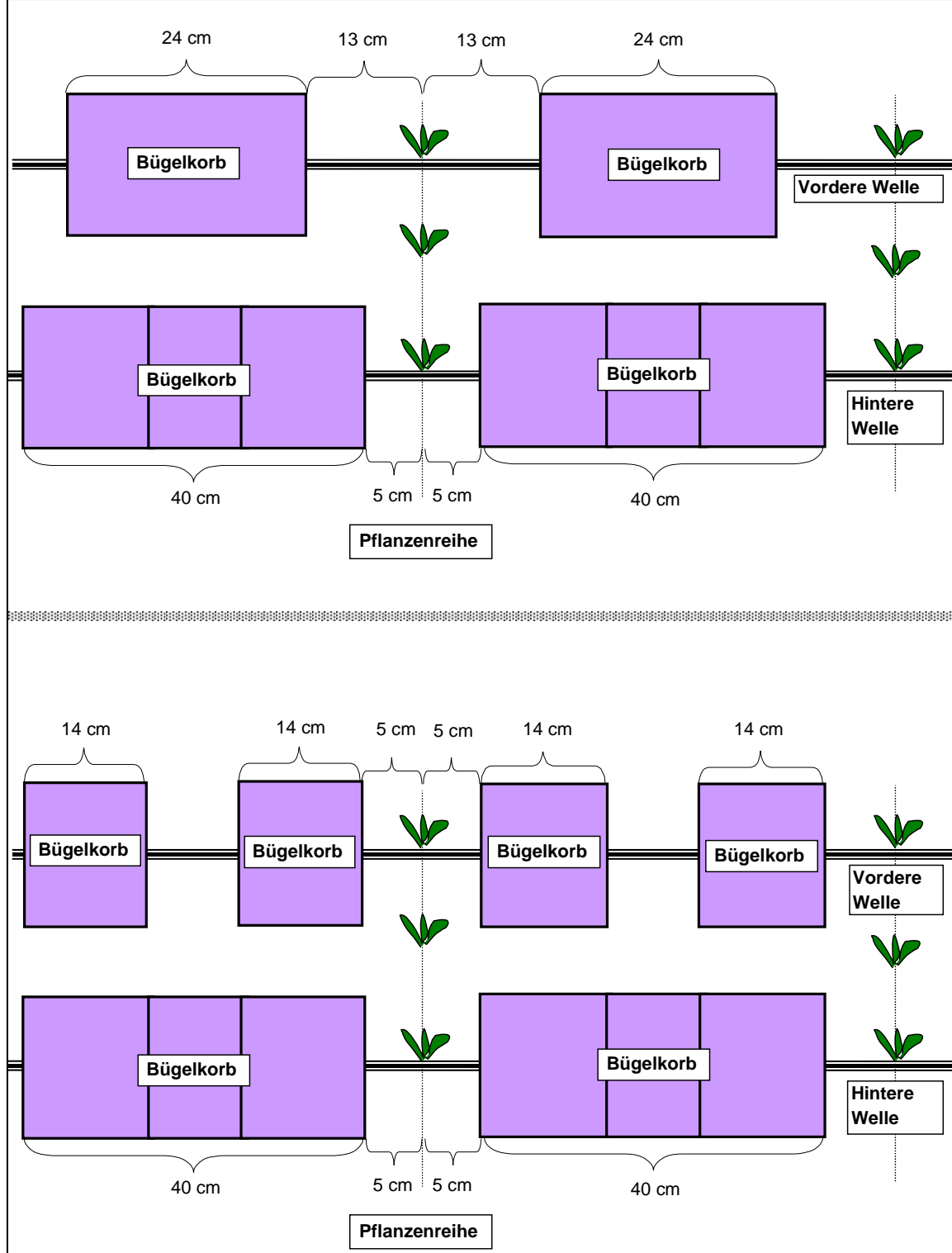


Abbildung 13: Schematische Darstellung der Arbeitsweise der Bügelhacke (oben: Standardversion; unten: Konstruktionsänderung)

Ergebnisse aus nachfolgend durchgeführten Versuchen in Möhren haben gezeigt, daß die Arbeitsweise der Bügelhacke hierdurch wesentlich verbessert wurde und es traten keine deutlichen Unterschiede in der unkrautregulierenden Wirkung im Vergleich zur Scharhacke mehr auf.

Außerdem war beim Einsatz der Bügelhacke bei einem relativ hohen Steinbesatz auf den zu bearbeitenden Ackerflächen ein starkes Verbiegen der Bügel zu verzeichnen. Die Standardausführung des Gerätes, bei dem die Bügel zwischen zwei Metallschüben eingeklemmt werden, bietet unter diesen Bedingungen keine genügende Stabilität. Daraufhin wurde durch den Hersteller eine Konstruktionsänderung vorgenommen, bei der die Bügelstäbe auf sternförmige Seitenteile aufgeschweißt wurden, wodurch ein Wegbiegen der Bügel zukünftig erschwert sein dürfte.

Fingerhacke

Bei den Versuchen in Buschbohnen deutete sich an, daß nur dann eine Erhöhung des Regulierungserfolges gegenüber dem der Scharhacke erzielt wurde, wenn der Einsatz frühzeitig erfolgte. So waren die Vorteile der Fingerhacke in den Versuchen um so höher, je kleiner die Unkräuter zur Zeit der Maschinenhacke waren. Waren die Unkräuter bereits weiter entwickelt, dies war auch oft zum 2. und 3. Hacktermin der Fall, so nahm die unkrautreduzierende Wirkung der Finger ab und es bestanden keine Vorteile mehr gegenüber der Wirkung der Scharhacke. In diesem Zusammenhang wären weitere Untersuchungen zum Einfluß der Unkrautgrößen auf den unkrautregulierenden Erfolg der Fingerhacke von Interesse, um optimale Einsatzzeitpunkte besser bestimmen zu können.

In Kulturarten, die ein verhältnismäßig schnelles Auflaufen gewährleisten, wie z. B. die Buschbohne, kann ein sehr hoher Regulierungserfolg auch im Bereich „in der Reihe“ gewährleistet werden, da die Fingerhacke sehr früh nach Sichtbarwerden der Kulturpflanzreihen eingesetzt werden kann.

Bei Kulturarten, wie den Futter- und Zuckerrüben, die durch eine relativ lange Auflaufdauer gekennzeichnet sind, besteht dieser Vorteil der Fingerhacke nicht mehr, da das Gerät oft erst eingesetzt werden kann, wenn die Unkräuter sich bereits in einem fortgeschrittenen Wachstumsstadium befinden.

Tellerhackbürste

Nach den bisher vorliegenden Ergebnissen kann bei empfindlichen Kulturarten, wie den Möhrenkeimlingen, durch Anwendung neuer Hacktechnik nicht von verbesserten Möglichkeiten der Unkrautregulierung im Bereich „in der Reihe“ ausgegangen werden, da z. B. auch beim Einsatz der geprüften Tellerhackbürste ein Sicherheitsabstand von ca. 5 cm eingehalten werden muß.

Da außerdem bei diesen Untersuchungen Einstellungen zur Arbeitsintensität der Bürstenteller, wie der Rotationsgeschwindigkeit und der Fahrgeschwindigkeit, nach subjektiven Krite-

Ursprünglich veröffentlicht:

Schriftenreihe des BMVEL, Reihe A: Angewandte Wissenschaft, H 492 2002; Lw.-Verlag, Münster-Hiltrup, 48S.

rien erfolgte, kann anhand der vorliegenden Ergebnisse noch keine abschließende Bewertung der unkrautregulierenden Wirkung der Tellerhackbürste vorgenommen werden. Hierzu müßten weitere Arbeiten durchgeführt werden, bei denen der Unkrautregulierungserfolg insbesondere auch im Bereich „in der Reihe“ bei abgestuften Arbeitsintensitäten und Sicherheitsabständen ermittelt werden sollte.

14.2 Möglichkeiten zur Reduzierung des Handarbeitsaufwandes sowie Hinweise für den praktischen Geräteinsatz zur Unkrautregulierung

Aufgrund der betriebswirtschaftlichen Ergebnisse (siehe Tab. 21) betragen die Kosten für die Handarbeit oft 5 – 10fach höhere Werte als die variablen Maschinenkosten. Ein wichtiges Kriterium für die Beurteilung der Wirksamkeit eines Hackgeräteeinsatzes bei herbizidfreien Anbauverfahren ist daher 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.

14.2.1 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. 22). 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 Boden sind dagegen alle aufgeführten Geräte mit gutem Erfolg einsetzbar (Tab. 22).

Tabelle 22: Bewertung der Einsatzmöglichkeit verschiedener Hackgeräte für den Bereich „zwischen den Reihen“ (++) sehr gut, + gut, 0 bedingt, - nicht einsetzbar)

	Unkraut-Entwicklungsstadium			Bodenzu-stand		Hoher Stein- be- satz	Entwicklungsstadium der Kulturarten (Bsp. Rübe)		
	Keimblatt- stadium	2-4-Blatt- stadium	> 4-Blatt- stadium	locker	verkrustet, ver-		< 2-Blatt- stadium	2-6-Blatt- stadium	> 6-Blatt- stadium
Bügelhacke	++	+	0	++	-	-	++	++	-
Tellerhackbürste	++	+	0	++	-	0	++	++	-
Rollhacke (mit Vorlockerer)	++	++	+	++	+	+	0	++	++
Scharhacke	++	++	++	++	+	0	++	++	++

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 (hier 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.

14.2.2 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 Häufelerscharen ausgestattet), der Striegel sowie die Rollhacke mit der Stellung der Arbeitswerkzeuge auf „anhäufelnd“ (Tab. 23). 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.

Tabelle 23: Bewertung der Einsatzmöglichkeit verschiedener Hackgeräte für den Bereich „in der Reihe“ (++) sehr gut, + gut, 0 bedingt, - nicht einsetzbar)

	Unkraut- Entwicklungsstadium			Bodenzu- stand		Ho- her Stein be- satz	Entwicklungsstadium der Kulturarten					
	Keimblattsta- dium	2-4-Blatt- stadium	> 4-Blatt- stadium	locker	verkrustet, verschlämmt		< 2-Blatt- stadium		2-6-Blatt- stadium		> 6-Blatt- stadium	
							KS ¹⁾	GS	KS	GS	KS	GS
Fingerhacke	++	0	-	++	-	0	-	++	0	++	+	++
Scharhacke (mit Häufelerscharen)	++	+	-	++	+	0	-	-	0	++	++	++
Striegel	++	0	-	++	-	0	-	+	0	++	+	++
Rollhacke (anhäufelnd)	++	++	++	++	+	0	-	-	0	+	+	++

¹⁾ Säukulturen: KS = kleinsamige Arten (z. B. Rüben, Möhren, Spinat)

GS = großsamige Arten (z. B. Buschbohne, Mais)

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 Fin-

gerhacke und des Striegels reichen bei Unkrautstadien ab dem 4-Blattstadium nicht aus, um eine befriedigende Unkrautregulierung zu erzielen (Tab. 23).

14.2.3 Bewertung der Arbeitsgeschwindigkeit und der Maschinenkosten

Die optimalen Arbeitsgeschwindigkeiten sowie die Kosten der fünf getesteten Hackgeräte (Grundausrüstung) sind sehr unterschiedlich, so daß auch diese Merkmale bei der Auswahl der für den jeweiligen Betrieb vorteilhaften Gerätetechnik mit bedacht werden müssen (Tab. 24). 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 24: Bewertung der Arbeitsgeschwindigkeit und der Kosten der Hackgeräte

	Arbeitsgeschwindigkeit	Maschinenkosten	
		fixe Kosten	variable Kosten (incl. Arbeitskosten)
Bügelhacke	hoch	gering	gering
Fingerhacke	mittelhoch	mittel	gering
Tellhackbürste	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.

15 Danksagung

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

16 Zusammenfassung

In diesem Projekt 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 miteinander verglichen. Die in der Regel 2-jährigen Prüfungen in verschiedenen Reihenkulturen führten zu folgenden Ergebnissen:

Möhren: Am Standort Röcknitz (Braunerde, SI, Ackerzahl 41) wurden in Möhren (Beetbau, 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) nachfolgende 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, UI, 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 (SI, Ls, UI) 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.

Abschließend wurden einige **betriebswirtschaftliche Unterschiede** zwischen den geprüften Hackgeräten am Beispiel der Deckungsbeitragsberechnung für die Buschbohnerzeugung, Vorschläge für **Konstruktionsänderungen** zur weiteren Verbesserung der Geräte sowie allgemein ableitbare **Einsatzmöglichkeiten von geeigneten Hackgeräten** und Gerätekombinationen für die Bereiche „zwischen den Reihen“ und „in der Reihe“ aufgezeigt.

17 Literatur

ASCARD, J. & VAN DER WEIDE, R. (1996): Mechanical and integrated in-row weed control in sugar beets. Workshop EWRS-MSA „Physical Weed Control“, Einsiedeln, Schweiz, 54

ASCARD, J. & BELLINDER, R. R. B. (1996): Mechanical in-row cultivation in row crops. Second International Weed Control Congress, Copenhagen, Dänemark, 3-8

ESTLER, M. (1992): Entwicklung und Erprobung neuer mechanischer Verfahren zur umweltgerechten Unkrautbekämpfung. „Gelbes Heft“ Nr. 45, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München

FOGELBERG, F. JOHANSSON, T. (1993): Mechanische Unkrautbekämpfung - bürsten in den Reihen bei Gemüse und Zuckerrüben. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för lantbruksmekanik, Rapport 172, Uppsala, Schweden

HABERLAND, R. (1989): Untersuchungen zur mechanischen Unkrautbekämpfung in Zuckerrüben. Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in der DDR 8, 183-187

HOFFMANN, M. (1991): Mechanische Unkrautbekämpfung. Sonderdruck aus der Kartei für Rationalisierung 4.1.1.3.1, Rationalisierungskuratorium für Landwirtschaft, Kiel

KOUWENHOVEN, J. K. (1997): Intra-row mechanical weed control - possibilities and problems. Soil & Tillage Research 41, 87 - 104

KTBL (1993): Datensammlung Feldgemüsebau. KTBL, Darmstadt

KTBL (1995): Datensammlung Betriebsplanung 1995/96. Daten für die Betriebsplanung in der Landwirtschaft. KTBL, Darmstadt

KTBL (1996): KTBL-Taschenbuch Landwirtschaft. Daten für die Betriebskalkulation in der Landwirtschaft. KTBL, Darmstadt

KÜSTER, H.-J.; KRÜGER, K.-W. & LANFERMANN, M. (1983): Untersuchungen zum Einfluß der Maschinenhacke auf Ertrag und Qualität von Zuckerrüben. Archiv Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde 28, 169 - 178

LANG, T. (1996): Mit Bügelhacke und Abflammgerät weniger Handarbeit im Gemüse- und Hackfruchtanbau! GÄA-Journal Nr. 1, S. 14-15

LOCHOW, J. VON & SCHUSTER, W. H. (1992): Anlage und Auswertung von Feldversuchen. 3. Auflage, Verlag Agrimedia, Hamburg

MÜLLER, J.; BAUMERT, A. & KÖLLER, K. (1997): Untersuchung einer bodengetriebenen, rotierenden Fingerhacke. Agrartechnische Forschung Nr. 3, 1-8

PETZOLD, W. & KOLBE, H. (1998): Zuckerrüben im Ökologischen Landbau. Einfluß von Verfahren der physikalischen Unkrautregulierung auf Regulierungserfolg, Handarbeitszeit und Ertrag, Untersuchungen zu Ablageweite, Bodenbearbeitung, Fruchtfolgestellung und Saatgutbehandlung. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft 3, Heft 9

REIMANN, W. (1989): Die mechanische Pflege von Getreide- und Maisbeständen. In: HOFFMANN, M. & GEIER, B.: Beikrautregulierung statt Unkrautbekämpfung. Verlag C. F. Müller, Karlsruhe, 51 - 63

SEIFFERT, M. (1981): Drusch- und Hackfruchtproduktion. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin

WALTER, S. (1989): Nicht-chemische Unkrautregulierung. Stiftung Ökologischer Landbau, Bad Dürkheim (SÖL-Sonderausgabe Nr. 27)

WEBER, H. (1997): Geräte- und Verfahrenstechnische Optimierung der mechanischen Unkrautregulierung in Beetkulturen. Diss., TU München.

WINNER, C. (1981): Zuckerrübenbau. DLG-Verlag, Frankfurt am Main

ZANDER, U. (1999): Einsatz und Auswirkung moderner Hacktechnik in der Reihenkultur Buschbohne unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus. Diplomarbeit, Universität Gesamthochschule Kassel, FB Landwirtschaft, Internationale Agrarentwicklung und Ökologische Umweltsicherung, Witzenhausen