

# **Landtechnische Lösungen zur Beikrautregulierung im Ökolandbau**

**Berichte aus Forschung und Praxis**

**Herausgegeben von Birgit Wilhelm und Oliver Hensel**

### Impressum

Herausgeber **Birgit Wilhelm und Oliver Hensel**  
Verlag **Deutsches Institut für Tropische und Subtropische Landwirtschaft (DITSL) GmbH, Witzenhausen**  
Redaktionsleitung **Birgit Wilhelm**  
Design und Grafiken **www.fingerprint.nl, Gerda Baars-Peters**  
Bildnachweis **Umschlagfoto: Markus Koller**  
**Seite 90: Markus Mücke**  
**Seite 140: Josef Niedermaier**  
Druck und Bindung **Druckerei Lokay e. K.**  
ISBN **978-3-9801686-8-7**

Bestelladresse **Universität Kassel**  
**Fachgebiet Agrartechnik**  
**Nordbahnhofstr. 1a**  
**37213 Witzenhausen**

© DITSL, Witzenhausen 2011

Die Autoren sind für ihre Beiträge selbst verantwortlich.  
Die Bildrechte liegen – wenn nicht anders angegeben – bei den Autoren der jeweiligen Beiträge.

Wir danken für die freundliche Unterstützung:



Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) im Rahmen des Bundesprogramm „Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft“ (BÖLN).

**BÖLN**

Bundesprogramm Ökologischer Landbau  
und andere Formen nachhaltiger  
Landwirtschaft

# **Landtechnische Lösungen zur Beikrautregulierung im Ökolandbau**

**Berichte aus Forschung und Praxis**

**Herausgegeben von Birgit Wilhelm und Oliver Hensel**

**Mit Beiträgen von:**

**Konstantin Becker, Robert Brandhuber, Björn Bohne, Willi Bolten,  
Anette Braun, Markus Demmel, Thomas van Elsen, Daniel Fischer,  
Daniela Gimplinger, Zoltan Gobor, Thorsten Haase, Martin Hänsel,  
Oliver Hensel, Jürgen Heß, Arnd Kielhorn, Karlheinz Köller,  
Hartmut Kolbe, Martin Koller, Ulrich Köpke, Hermann Laber,  
Christian Landzettel, Roy Latsch, Pavel Lukashyk, Anneli Lundkvist,  
Markus Mücke, Josef Niedermaier, Markus Puffert, Johann Rumpler,  
Guntram Sauermann, Johann Sauter, Matthias Schiller,  
Peter Schulze Lammers, Christoph Stumm, René Total,  
Arnd Verschwele, Melanie Wild, Birgit Wilhelm und Christine Zillger**

# Inhalt

VORWORT (Ulrich Schumacher)	6
EINFÜHRUNG	7
1. ALLGEMEINE GRUNDLAGEN (Birgit Wilhelm)	8
1.1 Landtechnische Lösungen - ein Überblick (Birgit Wilhelm)	11
1.2 Beikräuter, Ackerwildkräuter, Unkräuter? Ein Plädoyer für die Relativierung von Feindbildern (Thomas van Elsen)	21
1.3 Indirekte Beikrautkontrolle im Ökologischen Landbau (Christoph Stumm und Ulrich Köpke)	27
1.4 Mechanische Beikrautregulierung - Bodenbelastung im Bereich der Fahrgassen (Melanie Wild, Markus Demmel und Robert Brandhuber)	35
2. BODENBEARBEITUNG UND SAATBETTBEREITUNG (Birgit Wilhelm)	44
2.1 Direkte Maßnahmen zur Kontrolle von <i>Cirsium Arvense</i> (Pflug/Grubber) und <i>Vicia hirsuta</i> (Striegel) (Christoph Stumm, Pavel Lukashyk und Ulrich Köpke)	47
2.2 Zur Ausbreitung von Acker-Kratzdisteln in einem langjährigen Feldversuch zur Bodenbearbeitung im Ökologischen Landbau (Martin Hänsel)	53
2.3 Der Einsatz des Stoppelhobels zur Regulierung der Acker-Kratzdistel ( <i>Cirsium arvense</i> ) im viehlosen ökologischen Ackerbau (Thorsten Haase und Jürgen Heß)	61
2.4 Beikrautmanagement ohne Pflug in der Praxis (Birgit Wilhelm)	69
2.5 Die Unkrautkur - ein wesentliches Instrument der Beikrautregulierung im Gemüsebau (Anette Braun)	77
2.6 Mechanische Regulierung der Sumpfkresse im Gemüsebau (René Total)	83
3. MASSNAHMEN IN BEETKULTUREN UND FELDGEMÜSEBAU (Markus Puffert)	90
3.1 Abflammtchnik: Stand der Technik und Entwicklungsmöglichkeiten (Björn Bohne)	95
3.2 Vor- und Nachteile eines Ölabflammgerätes (Guntram Saueremann)	103
3.3 Erfahrungsbericht: Beetstriegel (Martin Koller und René Total)	109
3.4 Optimierte Beikrautregulierung im Zwiebelanbau (Martin Koller)	113
3.5 Verschiedene Hackgeräte im Feldversuch: Fenchel, Soja und Gemüsekulturen (Christine Zillger et al.)	119
3.6 Auf dem Weg zur Präzisionshacke - Beikrautregulierung mit der Scharhacke in Gemüsekulturen (Willi Bolten und Birgit Wilhelm)	127
3.7 Erfahrungen mit der Torsionshacke im Gemüseanbau (Anette Braun)	133
4. MASSNAHMEN IM ACKERBAU (Birgit Wilhelm)	140
STRIEGELN:	

4.1	Grundlagen zum Einstellen und Auswählen von Striegeln (Martin Hänsel)	143
4.2	Striegeleinsatz im Ackerbau in der Praxis (Josef Niedermaier und Birgit Wilhelm)	149
4.3	Längs fahren - quer striegeln: der Rollstriegel für Reihen- und Flächenkulturen (Johann Rumpfer)	157
HACKEN UND HÄUFELN:		
4.4	Mechanische Beikrautregulierung in Getreide und Körnererbsen (Arnd Verschwele)	165
4.5	Regeneration von Körnerleguminosen nach physikalischer Schädigung in der Jugendphase (Martin Hänsel)	171
4.6	Hoher Beikrautregulierungserfolg beim Anhäufeln von Markerbsen (Hermann Laber)	175
4.7	Feldversuch zu Aussaat von Markerbsen in Furchen (Hermann Laber)	183
4.8	Beikrautregulierung in Mais - Anhäufeln hat sich bewährt (Markus Mücke)	191
4.9	Sojabohne als Hackfrucht anbauen (Markus Mücke)	197
4.10	Leistungsvergleich von boden- und zapfwellengetriebenen Hackgeräten sowie Hinweise zum Einsatz in Reihenkulturen der landwirtschaftlichen und gärtnerischen Praxis (Hartmut Kolbe)	205
4.11	Mechanische Beikrautregulierung im Zuckerrübenanbau (Daniel Fischer und Karlheinz Köller)	211
4.12	Erfahrungsbericht: Einsatz der Scheibenhacke der Firma EuM-Agrotec (Matthias Schiller)	217
MASSNAHMEN IM KARTOFFELANBAU:		
4.13	Beikrautregulierung im Kartoffelanbau (Daniela Gimplinger und Christian Landzettel)	221
4.14	Regulierung des Stärkegehaltes und der Spätverunkrautung in Kartoffeln durch den Einsatz verschiedener Krautregulierungsverfahren (Markus Mücke)	227
5.	WEITERE LANDTECHNISCHE ENTWICKLUNGEN (Birgit Wilhelm)	234
5.1	Mechanische Beikrautregulierung in der Reihe - mechatronische Systeme und Robotik (Zoltan Gabor und Peter Schulze Lammers)	237
5.2	Beikrautregulierung in Reihenkulturen - Sensorgesteuerte Querhacke im Mais (Arnd Kielhorn et al.)	243
5.3	Ampferbekämpfung im Ökologischen Landbau (Roy Latsch und Johann Sauter)	251
5.4	Bestandspflege von Reihenkulturen mit Reihenmulchgerät (Konstantin Becker)	265
5.5	Weed Cutter CombCut® (Anneli Lundkvist et al.)	269
6.	AUSBLICK (Oliver Hensel)	276
ANHANG	Bezugsadressen	282
	Weiterführende Links	287

# Vorwort

DR. ULRICH SCHUMACHER ,  
VORSITZENDER DER KTBL-ARBEITSGEMEINSCHAFT „ÖKOLOGISCHER  
LANDBAU“

KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT E.V.  
(KTBL)

Zur Weiterentwicklung des ökologischen Landbaus besteht Entwicklungs- und Förderungsbedarf. Insbesondere für die speziellen landtechnischen Fragestellungen gibt es bisher noch zu wenige Lösungen. Der Markt ist noch zu klein, so dass die meisten landtechnischen Firmen zögern, in Forschungs- und Entwicklungsarbeit zu investieren. Die KTBL-Arbeitsgemeinschaft „Ökologischer Landbau“, in der Wissenschaftler, Berater und Praktiker zusammenarbeiten, möchte Impulse geben, um Aktivitäten in diesem Bereich anzuregen.

Die Beikrautregulierung ist in vielen Kulturen des ökologischen Pflanzenbaus noch unzureichend gelöst. Besonders im Gemüsebau und hier vor allem in der Reihe ist Handarbeit meist nicht zu vermeiden. Durch geeignete landtechnische Lösungen lässt sich der Handarbeitsaufwand reduzieren. Auch für Flächenkulturen wie Mais, Sonnenblumen oder Soja und Reihenkulturen wie Kartoffeln ließe sich die Beikrautregulierung weiter optimieren. Es sind aber erst sehr wenige Studien bekannt, die den Stand der technischen Entwicklungen systematisch aufbereitet darstellen und dadurch den Bedarf an neuen Lösungen aufzeigen.

In einem Fachgespräch vom 27. bis 28. Januar 2011 in Witzenhausen diskutierten 30 Vertreter aus Praxis, Beratung und Wissenschaft. Ziel der Veranstaltung war es, bereits einsatzbereite, aber wenig bekannte landtechnische Lösungen vorzustellen, die jeweiligen Einsatzmöglichkeiten und Entwicklungspotentiale zu erörtern sowie den Forschungs- und Entwicklungsbedarf aufzuzeigen. Das Fachgespräch wurde von der Universität Kassel, Fachgebiet Agrartechnik, in Zusammenarbeit mit dem Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) und dem Deutschen Institut für tropische und subtropische Landwirtschaft (DITSL) durchgeführt und mit Mitteln des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen der nachhaltigen Landwirtschaft (BÖLN) gefördert.

Im Namen der KTBL-Arbeitsgemeinschaft „Ökologischer Landbau“ danke ich den Teilnehmern des Fachgesprächs und den Autoren der nun vorliegenden Veröffentlichung. Mein besonderer Dank gilt Frau Dr. Wilhelm und Herrn Professor Hensel für ihr großes Engagement in diesem Anliegen. Ökologischer Landbau heißt nachhaltiger Fortschritt – diese Veröffentlichung wird dazu ihren Beitrag leisten.

# Einführung

BIRGIT WILHELM UND OLIVER HENSEL (HERAUSGEBER)

Den aktuellen Stand des Wissens zur Beikrautregulierung zusammenzuführen und den Forschungsbedarf in diesem Bereich zu identifizieren – das ist das Anliegen dieser Schrift und war auch Motivation für das Anfang 2011 an der Universität Kassel durchgeführte Fachgespräch. Dieses Buch ist demnach auch kein Lehrbuch, sondern eine Sammlung von Berichten aus Forschung und Praxis zur Beikrautregulierung im Ökolandbau. Es verschafft einen Überblick über die vielseitigen Lösungsansätze, die die Landtechnik in diesem Bereich bietet. Die Artikel sind in fünf Themenschwerpunkte gegliedert:

1. Allgemeine Grundlagen
2. Bodenbearbeitung & Saatbettbereitung
3. Beetkulturen und Feldgemüsebau
4. Maßnahmen im Ackerbau
5. Weitere landtechnische Entwicklungen

Anhand der Markierungen am rechten Seitenrand lassen sich diese Überkapitel schnell finden und das jeweils unterschiedliche Layout (Erfahrungsbericht aus der Praxis mit hinterlegtem Bild, Forschungsvorhaben ohne Bild) lässt sogleich die entsprechende Zuordnung des Beitrages erkennen.

Mit über 145 Abbildungen und 30 Tabellen ist ein umfassendes Buch entstanden, das Praxis und Beratung Lösungsansätze vorstellt und Anregungen für weitere Entwicklungen und Projekte bietet.

Wir danken allen Autorinnen und Autoren herzlich für ihre Beiträge und die sehr gute Zusammenarbeit. Besonders möchten wir uns für die Berichte aus der Praxis bedanken, in denen über Jahre gesammelte Erfahrung weitergegeben und zur Diskussion gestellt wird.

Wir wünschen Ihnen eine interessante Lektüre und weiterhin einen lebhaften Austausch zwischen Forschung und Praxis.



# 1. Allgemeine Grundlagen

EINLEITUNG VON BIRGIT WILHELM

UNIVERSITÄT KASSEL, FACHGEBIET AGRARTECHNIK



## **Bodenbedeckung ist Bodenschutz**

Der Boden ist die Lebensgrundlage aller Menschen. Er entsteht durch Verwitterung des mineralischen Ausgangsgesteins und durch Ablagerung und Einmischung von organischer Substanz durch das Bodenleben. Der fruchtbare Boden wird durch die natürliche Pflanzenvegetation vor Erosion und Bodendegradation geschützt.

## **Indirekte Maßnahmen gezielt einsetzen**

Im Ökolandbau werden neben einer Vielzahl von landtechnischen Geräten hauptsächlich indirekte Maßnahmen zur Beikrautregulierung eingesetzt. Beispiele dafür sind eine möglichst permanente Bodenbedeckung, oder der Anbau von Untersaaten. Nach wie vor ist noch wenig über die komplexen Zusammenhänge der Agrarökosysteme bekannt. Die wichtige Funktion der „Biodiversität“ ist jedoch unbestritten.

## **Nutzen der Ackerwildkräuter im Agrarökosystem**

Auch die Ackerwildkräuter haben in Agrarökosystemen eine wichtige Funktion. Darum geht es im Ökolandbau bei der Beikrautbekämpfung nicht um Ausrottung und Vernichtung, sondern um eine Regulierung, die sich unter anderem anhand von „Vielfalt“ möglichst selbst auf ein tolerierbares Niveau einstellt. Die besondere Herausforderung besteht darin, das richtige Maß zu finden, um ein funktionierendes Agrarökosystem aufzubauen, zu pflegen und gleichzeitig qualitativ hochwertige Nahrungsmittel zu erzeugen.

## **Vielzahl von Geräten**

Zur Pflege der Kulturpflanzen steht eine Vielzahl von Geräten zur Verfügung. Die Auswahl und Entscheidung zum Einsatz wird anhand von Informationen aus Forschung und Praxis erleichtert. Die Erfahrung über den jeweiligen Standort und der Zeitpunkt des Einsatzes sind jedoch nach wie vor für den Erfolg mitentscheidend. Insbesondere die Befahrbarkeit des Bodens ist zu überprüfen, um schädliche Bodenverdichtungen zu vermeiden, die wiederum zu erhöhten Beikrautbesatz führen können.



# 1.1 Landtechnische Lösungen - ein Überblick

BIRGIT WILHELM

UNIVERSITÄT KASSEL, FACHGEBIET AGRARTECHNIK

In den letzten Jahren hat sich das Angebot an Geräten zur mechanischen Beikrautregulierung weiter entwickelt. Oftmals gehen die Neuerungen auf Ideen von engagierten und technisch versierten Ökolandwirten zurück, die Geräte im Eigenbau hergestellt haben. Steigende Preise für Herbizide und auftretende Resistenzen von Beikräutern gegen einige Wirkstoffe machen den Einsatz von geeigneten Geräten auch für konventionelle Betriebe interessant. So erweitert sich der potentielle Käufermarkt und die Investitionen für die Maschinenhersteller, die für Neuentwicklungen notwendig sind, rechnen sich. Die im Buch besprochenen und vorgestellten Arbeitsgeräte lassen sich in folgende Gruppen einteilen:

- Bodenbearbeitungsgeräte (Pflug, Grubber, etc.)
- Striegel
- Abflammtchnik
- Hackgeräte
- Andere Geräte

## **Bodenbearbeitungsgeräte und Striegel**

Zur Saatbettbereitung werden im Ackerbau verschiedenen Bodenbearbeitungsgeräte eingesetzt, die allgemein bekannt sind und hier nicht im Einzelnen aufgeführt werden müssen. Bei der Wirkungsweise kommt es nicht so sehr auf das Gerät an, sondern eher auf die Arbeitstiefe und den Zeitpunkt der Bearbeitung. Der Striegel wird im Ackerbau, aber auch im Gemüsebau sehr flexibel eingesetzt. Sein Einsatz und vor allem seine Wirkungsweise sind sehr witterungsabhängig. Unterschiedliche Hersteller bestehen auf spezielle Arbeitsweisen ihrer jeweiligen Geräte.

## **Abflammtchnik**

Der wichtigste Einsatzbereich der Abflammtchnik ist der Gemüsebau. Im Ökolandbau ist der Einsatz bei Säkulturen wie Radieschen, Feldsalat, Spinat und Möhren mittlerweile Standard. Bei diesen Kulturen kann mit Maschinen nicht im Bestand gearbeitet werden und Handarbeit ist zu teuer. Dennoch

waren sich die Teilnehmer des Expertengesprächs 2011 einig, dass auf Grund des hohen Energieaufwands nach wie vor Alternativen erprobt (Striegel) und der flächenmäßige Einsatz von Abflammgeräten so weit wie möglich reduziert werden sollte.

## **Hackgeräte**

Bei den Hackgeräten unterscheidet man Geräte, die zwischen den Reihen arbeiten und Geräten, die Beikräuter auch in der Reihe erfassen. Zusätzlich gibt es einzelne Werkzeuge, die in Kombination mit Hackgeräten verwendet werden, um hauptsächlich durch Verschütten der Beikräuter die Wirkungsweise der Hackgeräte zu erhöhen. Im Gemüsebau werden verschiedene Geräte auch im Front- bzw. im Zwischenachsanaub eingesetzt. Aus diesem Grund spielt neben den Hackgeräten ein Geräteträger mit ausreichend Raum im Zwischenachsbereich für die Kombinationen verschiedener Geräte eine entscheidende Rolle bei der mechanischen Beikrautregulierung.

## **Neue landtechnische Entwicklungen**

In der Rubrik „andere Geräte“ finden Sie eine kurze Beschreibung des Reihenumlcher und des „Weed Cutters“, der eine technische Neuheit aus Schweden ist. Technische Neuheiten und Entwicklungen in der mechanischen Beikrautregulierung werden im Kapitel 5 „Weitere landtechnische Entwicklungen“ vorgestellt. Hierzu zählen auch Forschungsprojekten der Robotik und der mechanischen Ampferbekämpfung mit Wasserdampf.

## **Landmaschinenhersteller und Bezugsquellen**

Eine Liste der bekanntesten Hersteller und Bezugsadressen von Landmaschinen zur mechanischen Beikrautregulierung befindet sich im Anhang. Anhand der Kontaktdaten können die aktuellen Preise der einzelnen Maschinen erfragt werden. Auch die Landmaschinenindustrie ist der Dynamik des globalen Marktes ausgesetzt und so werden Firmen zusammengeführt, verkauft oder neu gegründet. Gleichzeitig werden die Geräte weiterentwickelt und verbessert, bzw. den unterschiedlichen Bedingungen angepasst. Daher kann es vorkommen, dass einzelne, in den Artikeln vorgestellte Geräte auf dem aktuellen Markt nicht mehr erhältlich sind. Trotzdem sind sie nach wie vor in der Praxis im Einsatz und können als gebrauchte Maschinen erworben werden.

Striegel	Abflammtechnik
<p><b>Striegel</b></p>	<p><b>Abflammtechnik</b></p>
	
<p>Der Striegel wird hauptsächlich in Getreidekulturen eingesetzt, aber auch im Gemüsebau ist der Beetstriegel (u.a. im Zwischenachsanaubau) eines der wichtigsten Geräte zur Beikrautregulierung. Es gibt eine Vielzahl von Striegeln auf dem Markt, mit Arbeitsbreiten bis zu 27 Meter. Soweit es Boden- und Wetterverhältnisse zulassen, ist auch ein Striegeln im Voraufbau möglich („Blindstriegeln“).</p> <p><b>Wirkungsweise:</b> Die Arbeitsweise des Striegels ist reihenunabhängig und seine Hauptwirkungsweise beruht auf der Verschüttung der Beikräuter. Mit der Fahrgeschwindigkeit und Zinkenstellung wird die Wirkungsweise des Striegels gesteuert. Sobald die Kultur vorhanden ist, ist die Fahrgeschwindigkeit so zu wählen, dass möglichst geringe Kulturschäden auftreten.</p> <p><b>Kapitel:</b> 2.1, 3.3 und 4.1, 4.2, 4.4, 4.13</p>	<p>Die Verfahren der thermischen Beikrautregulierung reichen von dem Einsatz der offenen Flamme über die ausschließliche Nutzung der infraroten Wärmestrahlung bis hin zur Verwendung von Mikrowellen, Laser, erhitztem Wasser, Schaum oder Luft. Die Verfahren mit offener Flamme und Infrarotstrahlung finden schon seit einigen Jahren Anwendung in der Praxis. Eine Markteinführung aller anderen benannten Verfahren blieb bisher aus, da sie über das Versuchsstadium nicht hinauskommen.</p> <p><b>Wirkungsweise:</b> Beim Abflammen werden die Pflanzen durch Eiweißdenaturierung, Beschädigung der verdunstungshemmenden Cuticula und durch Zellenplatzen auf Grund des schnellen Temperaturanstiegs geschädigt. Abflammgeräte werden hauptsächlich im Voraufbau-Verfahren eingesetzt.</p> <p><b>Kapitel:</b> 3.1, 3.2</p>

## Hackgerät „reihenunabhängig“

### Sternrollhacke



Die Sternrollhacke ist eine Rollhacke mit versetzt hintereinander angeordneten Hacksternen aus Metall und flexibler Federung. Die Rollhacke arbeitet ganzflächig und reihenunabhängig, somit ist sie auch in eng gesäten Beständen einsetzbar. Die Sternrollhacke wird im Heckenbau betrieben.

#### **Wirkungsweise:**

Die Wirkungsweise beruht hauptsächlich auf dem Entwurzeln und Verschütten der Unkräuter im frühen Stadium. Die Regelung der Bearbeitungsintensität erfolgt durch die Fahrgeschwindigkeit (je langsamer desto aggressiver). Bei langsamer Fahrgeschwindigkeit ist das Gerät auch zur Bodenbearbeitung einsetzbar.

**Kapitel:** 3.5 und .4, 4.8, 4.9, 4.10, 4.13

### Uni-Hacke (Rollstriegel)



Die Uni-Hacke ist eine Hackmesser-Rollstriegel-Kombination. Die gefederte Hackschare arbeitet zwischen den Reihen, ein Rollstriegel mit Anstellwinkel  $30^\circ$  arbeitet in der Reihe. So wird eine ganzflächige und reihenunabhängige Arbeitsweise gewährleistet. Die unmittelbar im Pflanzenbereich in den Boden einstechenden Zinken durchziehen den Boden gleichmäßig tief und vermögen auch verhärtete und verschlämmte Böden zu lockern.

#### **Wirkungsweise:**

Die Wirkungsweise beruht auf dem Aushacken kleinerer Beikräuter zwischen den Reihen durch die Hackschare und dem Verschütten von Beikräutern durch den Rollstriegel. Die Wirkung in dem schmalen Bearbeitungstreifen um die Kulturpflanze herum ist wesentlich intensiver, als die eines Flächenstriegels. Dabei werden die Kulturpflanzen nicht nennenswert beschädigt.

**Kapitel:** 3.5 und 4.3

## Hackgeräte „zwischen den Reihen“

### Scharhackgerät



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. Im Gemüseanbau wird das Gerät oft im Zwischenachs- oder Frontanbau verwendet. 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.

#### Wirkungsweise:

Die Wirkungsweise der Scharhacke beruht auf dem Aushacken und Verschütten kleinerer Unkräuter, hauptsächlich zwischen den Reihen. Das Verschütten erfolgt durch den Häufel-effekt, der je nach Bodenzustand und Arbeitstiefe stärker oder schwächer ausfällt und je nach Einstellung und Reihenabstand auch Effekte „in der Reihe“ erzielen kann.

**Kapitel:** 3.5, 3.6 und 4.8, 4.9, 4.10, 4.11

### Flachhäufler



Der Flachhäufler ist ein einfaches und unkompliziertes Gerät. Es kommt meistens in Kombination mit Scharhacken zum Einsatz. Die Werkzeuge werden an den Hackrahmen hinter den Gänsefußscharen angebracht.

#### Wirkungsweise:

Die Flachhäufler schieben den Boden zur Kulturpflanzenreihe hin und arbeitet hauptsächlich zwischen den Reihen. Die Wirkung auf Beikräuter wird hauptsächlich durch das Verschütten erzielt. Je nach Häufel-effekt kann aber auch eine Wirkung in den Reihen erzielt werden.

**Kapitel:** 4.8, 4.9

## Hackgeräte „zwischen den Reihen“

### Bügelhacke



Die Bügelhacke ist ein bodenange-triebenes Gerät und dient der Ent-fernung von Beikraut im Zwischen-reihenbereich. Zwischen den Kultur-pflanzenreihen arbeiten zwei Draht-walzen (Bügelkörbe) hintereinander. Die Walzen sind miteinander über eine Kette verbunden. Durch eine Übersetzung läuft die hintere Walze schneller als die vordere. Dadurch soll der Krümeleffekt und die Enter-dung der Beikrautwurzeln verstärkt werden.

#### **Wirkungsweise:**

Die Hacke baut auf dem Prinzip von Drahtkrümelwalzen als Nachläufer von Saatbettkombinationen auf. Der beikrautregulierende Effekt be-ruht darauf, dass kleine Unkräuter und Keimfäden an den durch den Boden gezogenen Bügeln hängen bleiben und herausgezogen werden.

**Kapitel:** 4.10, 4.11

### Frontgrubber



Der Frontgrubber besteht aus einzel-nen Hackelementen aus Federzinken.

Das Gerät kommt im Beetverfahren im Frontanbau zum Einsatz, wird aber auch im Heckenanbau eingesetzt.

#### **Wirkungsweise:**

Die einzelnen Hackelemente können auch größere Beikräuter erfassen und aushacken. Gleichzeitig erfolgt ein starkes Anhäufeln der Kultur, das klei-nere Beikräuter verschüttet. Im Ver-gleich zur Scharhacke ist dieser Häu-feleffekt beim Frontgrubber höher.

**Kapitel:** 2.5 und 3.5



Hackgeräte „zwischen den Reihen“	Hackgeräte „in der Reihe“
<p style="text-align: center;"><b>Scheibenhacke</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Tellerhackbürste</b></p>
	
<p>Die Scheibenhacke arbeitet ohne Schare und/oder Zinken, sondern mit Hohl­scheiben. Jedes Aggregat wird von dem vorderen Stützrad und dem Nachläufer in der Tiefe geführt. Die Arbeitstiefe kann für jedes Aggregat individuell eingestellt werden. Die Maschine wird als Ersatz für die Reihenfräse angeboten. Bei genauer Einstellung ist eine Fahrgeschwindigkeit bis 9 km/h möglich, ohne die Kulturpflanzen zu schädigen, oder die Reihen zu verschütten.</p> <p><b>Wirkungsweise:</b> Die Hohl­scheiben nehmen den Boden auf und ent­wurzeln so die Beikräuter. Je nach Arbeitstiefe können auch bereits größere Beikräuter noch er­fasst werden. Die Bauweise der Hackmaschine ermöglicht eine verstopfungsfreie Bodenbearbeitung in Reihen­kulturen und kann an jeden Reihenabstand (ab 30 cm bis 1,10 m) angepasst werden.</p> <p><b>Kapitel:</b> 4.12</p>	<p>Die Tellerhackbürste ist ein zapfwel­lenbetrie­benes Hackgerät. Pro Zwischenreihenbereich sind zwei über Parallelogramme höhen­geführte Bürstenteller angebracht. Aufgrund der Elastizität der Borsten können diese sehr nahe an, ggf. auch in der Kulturpflanzenreihe arbeiten. Der Antrieb der Bürstenteller erfolgt über Hydraulikmotoren. Durch Änderung der Rotationsrichtung kann sowohl von der Reihe weg als auch zur Reihe hin gearbeitet werden, wodurch leichte Häufel­effekte erzielt werden können.</p> <p><b>Wirkungsweise:</b> Die Wirkung der Bürstenwerkzeuge besteht im Herausreißen der Unkräuter mit der Wurzel. Der Regulierungserfolg wird bei den Bürstengeräten durch die Arbeitsintensität bestimmt, die sich aus der Peripheriegeschwindigkeit der Borsten und Fahrgeschwindigkeit ergibt.</p> <p><b>Kapitel:</b> 4.10, 4.11</p>

## Hackgeräte „in der Reihe“

### Torsionshacke



Die Torsionshacke ist ein Hackelement mit zwei flexiblen Federstahlzinken pro Reihe. Der Anbau erfolgt über Zusatzverbindung an gängige Hackrahmen und ist auch für den Front- und/oder Zwischenachs-anbau geeignet. Die Torsionshacke arbeitet (je nach Einstellung) knapp in der Reihe.

#### **Wirkungsweise:**

Die zwei Federstahlzinken entwurzeln oder verschütten die Beikräuter durch vibrierende und schleifende Bewegungen bis nah an die Pflanzenreihe. Die Bearbeitungsintensität wird durch die Arbeitstiefe und den Stand der Zinken geregelt.

**Kapitel:** 3.5, 3.7 und 4.9, 4.11

### Fingerhacke



Die Fingerhacke ist ein Hackelement mit zwei drehbar gelagerten Scheiben pro Reihe, mit flexiblen, fingerartigen Zinken aus Kunststoff. Der Anbau ist an gängige Hackrahmen im Front-, Heck-, oder Zwischenachs-anbau möglich. Es werden zwei verschiedene Größen ab 25 bzw. 40 cm für die jeweiligen Reihenabstände angeboten. Zudem sind je nach Kultur und Bodenart verschiedene Härtegrade der Hackelemente erhältlich.

#### **Wirkungsweise:**

Die Drehung der Sterne erfolgt durch den Bodenkontakt. Die drehenden „Finger“ greifen seitlich in die Pflanzenreihen hinein. So werden Beikräuter in der Pflanzenreihe herausgezogen und verschüttet.

**Kapitel:** 3.3, 3.5 und 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12

## Andere Geräte

### Reihenmulcher



Der Reihenmulcher ist so konstruiert, dass bei einer Gesamtarbeitsbreite von drei Meter sechs Reihen mit einem Abstand von je 50 cm bearbeitet werden können. Der Anbau erfolgt vorzugsweise in Front, kann aber auch im Heckanbau erfolgen. Der Einsatz der Reihenmulchmaschine kann bei Getreide bis etwa zum Beginn/Mitte des Ährenschiebens (BBCH 55) erfolgen.

#### Wirkungsweise:

Ein Reihenmulchgerät ist ein speziell konzipiertes Gerät, mit dessen Hilfe der Aufwuchs zwischen den Kulturreihen abgeschlegt werden kann. Dabei kann es sich um eine gezielte Reihenzwischenraumbegrünung (vorzugsweise verschiedene Futterleguminosen) oder um Beikraut handeln. Der Reihenmulcher mäht, ohne in den Boden einzudringen, mit horizontal rotierenden Messern einen Bewuchs zwischen den Kulturreihen oberflächennah ab, während die Kultur selbst unbeschädigt bleibt.

**Kapitel:** 5.4

### Weed Cutter / CombCut®



CombCut® ist ein leichtes Gerät, das auch von kleineren Traktoren gezogen werden kann. Das Gerät wird im Frontanbau montiert. Der Cutter ist in sechs und acht Meter Arbeitsbreiten erhältlich. Der Einsatz zur Beikrautregulierung ist ab dem Zeitpunkt möglich, ab dem die Beikräuter die Mindestschnitthöhe des Cutters erreicht haben. Diese liegt bei etwa 5 cm oberhalb des Bodens. Ein Einsatz im Getreide ist bis zur Strohbildung möglich. Später im Jahreslauf kann der Cutter eingesetzt werden, um Blumen- und Samenkapseln oberhalb des Ährenstandes zu entfernen.

#### Wirkungsweise

Die Arbeitsweise des CombCut® beruht auf dem physischen Unterschied zwischen Kulturpflanze und Beikraut: verzweigte Strukturen mit dickeren Trieben werden rigoros abgeschnitten oder gebrochen, während weiche und flexiblere Blätter unbeschädigt die Messer passieren.

**Kapitel:** 5.5



## 1.2 Beikräuter, Ackerwildkräuter, Unkräuter? Ein Plädoyer für die Relativierung von Feinbildern

THOMAS VAN ELSSEN

UNIVERSITÄT KASSEL

FACHGEBIET ÖKOLOGISCHER LAND- UND PFLANZENBAU

### Unkräuter im Ökologischen Landbau

Beikräuter, Ackerwildkräuter, Unkräuter – Bezeichnungen für Pflanzen, die ärgerlicherweise dort wachsen, wo der Landwirt Kulturpflanzen ernten möchte. Für viele konventionell wirtschaftende Praktiker stellen Bedenken vor Schwierigkeiten bei der Unkrautbekämpfung ohne Herbizide ein Haupthindernis dar, sich zur Umstellung auf Ökologischen Landbau zu entschließen (vgl. z.B. SCHMID & STEINER 1987). Zielsetzung mechanischer und thermischer Methoden ist es daher auch im



Abb. 1.2.1: Kornblumen sind aus konventionell mit Herbiziden bewirtschafteten Feldern heute weitgehend verschwunden, auf Bioäckern sind sie noch zu finden

„kontrolliert biologischen“ Anbau, mit Unkräutern „fertig zu werden“, „Konkurrenten“ zu beseitigen und „Unkrautgenerationen auszuschalten“ (Zitate aus den Beiträgen der 2. Internationalen Konferenz zu Fragen mechanischer und thermischer Unkrautbekämpfung; in: HOFFMANN & GEIER 1987).

Die Suche nach einem differenzierteren Umgang mit „Unkraut“ drückt sich auch im Ersetzen der Bezeichnung „Unkrautbekämpfung“ durch den Begriff „Beikrautregulierung“ aus, obwohl diese in ihrer Zielsetzung nur selten über die Perfektionierung chemikalienfreier Bekämpfungsmethoden hinausgeht. Zwar werben Kornblumen auf Informationsplakaten für den Ökologischen Landbau, und der Anbauverband „Bioland“ verteilt auf Informationsständen Samentütchen mit Klatschmohn, in der Praxis wird jedoch wie im konventionellen Anbau unerwünschter Unkrautwuchs pauschal als gefährlicher Konkurrent der Kulturpflanze angesehen und bekämpft. Ein differenzierteres Leitbild im Umgang mit der historisch gewachsenen Segetalflora ist erst in Einzelfällen auszumachen (VAN ELSEN 2000). Allen üblichen Verfahren zur Unkrautbekämpfung auch im Ökologischen Landbau ist gemeinsam, dass wirtschaftlich schädigende „Problemunkräuter“ weniger beeinträchtigt werden als empfindlichere Ackerwildkräuter, die sich in Mitteleuropa oft am Rande ihres Verbreitungsgebietes befinden und oft zu den bedrohten Arten der Segetalflora zählen.

## **Die Ackerwildkrautvegetation als Spiegel der Standortbedingungen**

Eine ökosystemare Betrachtung relativiert das Feindbild; die Zusammensetzung der Unkrautvegetation von Feldern spiegelt die am Standort wirksamen Umweltfaktoren wider; von der Vielzahl der auf Feldern spontan auftretenden Wildkräutern sind nur wenige wirtschaftlich relevant (VAN ELSEN et al. 2006). So unterscheiden sich Unkrautbestände in Winter- und Sommerfrüchten deutlich in Artenzusammensetzung und Dominanzverhältnissen. Typische Winterannuelle (wie z.B. der Windhalm) laufen gleichzeitig mit dem Wintergetreide auf, während wärmebedürftigere Frühjahrsannuelle (wie z.B. der Weiße Gänsefuß) in Hackfrüchten dominieren – und im Wintergetreide allenfalls gelegentlich in Erscheinung treten, da der Wuchsraum bereits durch andere Arten „besetzt“ ist. Noch entscheidender für die Artenzusammensetzung der Unkraut-Vegetation sind die Bodenverhältnisse. Unkräuter lassen sich in „ökologische Gruppen“ einordnen, die auf unterschiedlichen Standortansprüchen einzelner Arten an bestimmte klimatische Bedingungen (Licht, Wärme und Kontinentalität) und Bodenverhältnisse (Feuchtigkeit, Bodenreaktion und Stickstoff-Versorgung) beruhen. Das in der Standortbeurteilung früher vielfach genutzte Zeigerartenkonzept wurde ursprünglich an Ackerunkräutern entwickelt (ELLENBERG 1950). Durch Zeigerwerte werden in Form zahlenmäßiger Angaben Erfahrungswerte zum ökologischen Verhalten von Pflanzen zu wichtigen abiotischen Standortfaktoren ausgedrückt. Heute liegen Zeigerwerte für das ökologische Verhalten zahlreicher Pflanzenarten gegenüber den Faktoren Licht (L), Temperatur (T), Kontinentalität (K), Feuchtigkeit (F), Bodenreaktion (R)

und Stickstoffversorgung (N) vor (ELLENBERG et al. 1991). Da bei ökologischer Bewirtschaftung die Vegetation in aller Regel deutlich artenreicher ist als bei Anbau mit Einsatz von Herbiziden, lässt sich die Unkrautarten-Zusammensetzung als Bioindikator für den Ackerstandort nutzen.

Nicht selten kann das massenhafte Auftreten von „Problemunkräutern“ als ein Symptom für Einseitigkeiten des Standortes oder für Bewirtschaftungsfehler interpretiert werden, denen durch entsprechende Maßnahmen begegnet werden kann. So fördern Bodenverdichtung und vergrabene, unter anaeroben Bedingungen vor sich hin rottende organische Substanz die Ackerkratzdistel, die mit ihren ausgedehnten Wurzeln die Verdichtungen wieder beseitigt. Maßnahmen zur Bekämpfung scheinen dann nachhaltig, wenn sie an den Ursachen des Auftretens



**Abb. 1.2.2:** Untersaaten und Klee gras lassen Beikräuter im Anbaujahr kaum zur Entwicklung kommen, Winterhafer in der Niederrheinischen Bucht

ansetzen, sonst unterdrücken sie lediglich wie in der konventionellen Landwirtschaft die Symptome. Insbesondere in der Fruchtfolgegestaltung ergeben sich hier im Ökologischen Landbau vorbeugende Regulierungsmöglichkeiten.

## **Vom Nutzen des Unkrauts**

Unter den Ackerwildkräutern finden sich viele früher und heute noch zu Heil- und Nahrungszwecken genutzte Pflanzen, etwa die Echte Kamille und der Feldsalat. Zahlreiche Unkrautarten erfüllen wichtige Aufgaben im Agrarökosystem, beispielsweise als Nahrung für Nutzorganismen und bei der Verminderung der Bodenerosion; viele Wechselwirkungen (z.B. Einfluss der Ackerwildkräuter auf Mikroklima, Durchwurzelung und Bodenstruktur; Stoffflüsse und Nährstoffmobilisierung durch Unkrautwurzeln und Mycorrhiza) sind noch kaum erforscht. Besonders durch Untersuchungen aus dem Bereich der Phytopathologie (Lehre der Pflanzenkrankheiten) wird die „völlig unreflektierte Einstellung, die ‚Unkraut‘ automatisch mit ‚schädlich‘ assoziiert“ (NEZADAL 1980: 23), zunehmend relativiert. Die Förderung von Nutzinsekten durch Ackerwildkräuter ist Thema zahlreicher neuerer Publikationen. U.a. aus phytopathologischen Motiven werden, gefördert durch Agrarumweltprogramme, „Wanderbrachen“ und „Blühstreifen“ angelegt, deren Ansaatmischungen zumeist aus schnellwüchsigen Kulturarten bestehen. Zwar dienen deren Blüten als Nahrung für viele Tierarten, zum Schutz bedrohter Ackerwildkräuter liefern sie dagegen keinen Beitrag.

## **Wandel der Unkrautvegetation der Äcker und die Verantwortung von Biobetrieben für den Segetalartenschutz**

Ackerwildkräuter wie Kornblume, Mohn und Kamille waren durch viele Jahrhunderte bunte Begleiter der Nahrungsmittelerzeugung auf den Äckern. Etwa drei Viertel aller in Deutschland auf Feldern vorkommenden Unkrautarten sind erst mit dem Getreidebau nach Mitteleuropa eingewandert, weitere Arten (z.B. die Franzosenkraut- und Amaranth-Arten) kamen später aus Amerika hinzu. Infolge von Herbizidanwendung, Saatgutreinigung, Flächenzusammenlegung, frühem Stoppelumbruch, Veränderung der Standorte durch Aufkalkung, Düngung und Drainage, aber auch durch die Aufgabe der Ackernutzung auf Grenzertragsstandorten ist die Artenvielfalt auf Äckern drastisch zurückgegangen – heute steht jede zweite Unkrautart in mindestens einem deutschen Bundesland auf der „Roten Liste“ gefährdeter Pflanzenarten. Für viele Tierarten, die direkt oder indirekt auf Ackerwildkräuter als Nahrungsquelle angewiesen sind, bietet die „Nektarwüste Getreidefeld“ keinen Lebensraum mehr. Einige wenige „Problemunkräuter“ haben indes zugenommen, stickstoffbedürftige Arten wie das Klettenlabkraut, früher ein Wildkraut an stickstoffreichen und feuchten Waldrändern und Auen, besiedeln heute ebenso die Äcker wie Arten, die indirekt über Wirkungslücken der



Herbizide oder einseitige Getreidefruchtfolgen gefördert werden.

Viele Vergleichsuntersuchungen belegen, dass bei ökologischer Bewirtschaftung die Artenzahl der Unkräuter 2-3-fach über derjenigen konventionell bewirtschafteter Nachbarfelder liegt, teilweise noch wesentlich höher (VAN ELSSEN 1996). Neben dem Verzicht auf Herbizide sind die meist weniger dichten Kulturpflanzenbestände wesentliche Ursache. Zwar stellt der Ökologische Landbau gebietsweise damit einen effektiven Ackerwildkrautschutz dar, reicht jedoch aufgrund seiner flächenmäßig nach wie vor geringen Ausdehnung als Schutzkonzept nicht aus, zumal auch hier Tendenzen zur Intensivierung der „Beikrautregulierung“ zunehmen und nach langjährig konventioneller Bewirtschaftung das Samenpotenzial oft so ausgedünnt ist, dass noch Jahre nach der Umstellung standorttypische Arten fehlen.

Mit der Umstellung gehen nitrophile (stickstoffliebende) Arten meist deutlich zurück, während andere Unkräuter, etwa Stickstoff-autarke Wickenarten, zunehmen. Den meisten gefährdeten „Rote-Liste“-Unkräutern auf Äckern gemeinsam ist, dass sie winterannuell sind, d.h. ihren Verbreitungsschwerpunkt auf Wintergetreidefeldern haben. Je nach Intensität von Striegeln und Hacken (und verstärkt bei Einsatz von Untersaaten) verschiebt sich die Artenzusammensetzung in Richtung „Sommerfrucht-Gesellschaft“ auf Kosten von Arten wie Rittersporn und Adonisröschen (vgl. VAN ELSSEN 1994). Auf Kalkstandorten, wo diese Arten oft letzte Refugien besitzen, sind auch bei ökologischer Bewirtschaftung gezielte Schutzmaßnahmen wünschenswert, ebenso beim Auftreten von Tännelkräutern oder dem Acker-Ziest, die erst auf der unbearbeiteten Getreidestoppel zur Entwicklung kommen.

Besonders nachhaltig ist, wenn sich ökologisch wirtschaftende Landwirte für den Ackerwildkrautschutz engagieren. Das Beispiel von Wilhelm Bertram (Hof Luna), der auf der „Wernershöhe“ (Landkreis Hildesheim) langjährig in Kooperation mit dem Naturschutz Kalkscherbenäcker mit zahlreichen Rote-Liste-Pflanzenarten bewirtschaftet, zeigt exemplarisch das Innovationspotential von Biobetrieben für den Ackerwildkraut-Schutz (VAN ELSSEN et al. 2011). Darüber hinaus belegt eine Umfrage, dass viele Biobauern bereit sind, aktiv an der Wiederansiedlung selten gewordener Ackerwildkräuter auf ihren Ackerflächen mitzuwirken (WIESINGER et al. 2010). Auf der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen wurde hierzu bereits Pionierarbeit geleistet, indem Versuche zur Integration autochthoner Ackerwildkräuter in ökologisch bewirtschaftete Ackerflächen durch Ackerwildkraut-Blühstreifen (HOTZE et al. 2009) angelegt wurden. In einem nächsten Schritt sollen nun die dort entwickelten Konzepte auf Praxisbetrieben erprobt werden.

## Literatur

- Ellenberg, H. (1950): Unkrautgemeinschaften als Zeiger für Klima und Boden. Landwirtschaftliche Pflanzensoziologie I. Stuttgart, 141 S.
- Ellenberg, H., Weber, H.E., Düll, R., Werner, W., Paulissen, D. (1991): Zeigerwerte von Pflanzen in

- Mitteleuropa. - Scripta Geobotanica XVIII, Göttingen, 248 S.
- van Elsen, T. (1994): Die Fluktuation von Ackerwildkraut-Gesellschaften und ihre Beeinflussung durch Fruchtfolge und Bodenbearbeitungs-Zeitpunkt. - Ökologie und Umweltsicherung 9 (Dissertation), Witzenhausen, 414 S.
- van Elsen, T. (1996): Wirkungen des ökologischen Landbaus auf die Segetalflora - Ein Übersichtsbeitrag. - In: Diepenbrock, W., Hülsbergen, K.-J. (Hrsg.): Langzeiteffekte des ökologischen Landbaus auf Fauna, Flora und Boden (Beiträge der wissenschaftlichen Tagung am 25.04.1996 in Halle/Saale): 143-152, Halle.
- van Elsen, T. (2000): Segetalflora im ökologischen Landbau. - In: Diepenbrock, W., Hülsbergen, K.-J. (Hrsg.): Die Entwicklung von Fauna, Flora und Boden nach Umstellung auf ökologischen Landbau – Untersuchung auf einem mitteldeutschen Trockenlößstandort. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, UZU-Schriftenreihe NF, Sonderband: 230-238, Halle.
- van Elsen, T., Köpke, U., Pallutt, B., Jüttersonke, B. (2006): Maßnahmen zur Unkrautregulierung. - In: Kühne, S., Burth, U., Marx, P. (Hrsg.): Biologischer Pflanzenschutz im Freiland. Pflanzengesundheit im Ökologischen Landbau. Ulmer: 17-40, Stuttgart.
- van Elsen, T., Meyer, S., Gottwald, F., Wehke, S., Hotze, C., Dieterich, M., Blümlein, B., Metzner, J. und Leuschner, C. (2011): Ansätze zur nachhaltigen Sicherung der botanischen Artenvielfalt auf Schutzäckern – eine Aufgabe für Biobetriebe? – Beitr. 11. Wiss.-Tagung Ökol. Landbau (Band 1): 173-176, Gießen.
- Hoffmann, M., Geier, B. (Hrsg.) (1987): Beikrautregulierung statt Unkrautbekämpfung. Methoden der mechanischen und thermischen Regulierung. – Karlsruhe, 192 S.
- Hotze, C., van Elsen, T., Haase, T., Heß, J., Otto, M. (2009): Ackerwildkraut-Blühstreifen zur Integration autochthoner Ackerwildkräuter in ökologisch bewirtschaftete Ackerflächen. – Beitr. 10. Wiss.-Tagung Ökol. Landbau (Band 1): 426-429, Zürich.
- Nezadal, W. (1980): Naturschutz für Unkräuter? Zur Gefährdung der Ackerunkräuter in Bayern. – Schr. Natursch. Landespl. 12: 17-27, München.
- Schmid, O, Steiner, N. (1987): Mechanische Unkrautregulierung in der Schweiz. - In: Hoffmann, M., Geier, B. (Hrsg.): Beikrautregulierung statt Unkrautbekämpfung. Methoden der mechanischen und thermischen Regulierung: 65-81, Karlsruhe.
- Wiesinger, K., Cais, K., Bernhardt, T., van Elsen, T. (2010): Biodiversität. Klares Votum für Ritter-sporn, Frauenspiegel und Co. – Ökologie & Landbau 153 (1): 54-56, Bad Dürkheim.

HERR DR. THOMAS VAN ELSÉN

UNIVERSITÄT KASSEL, FB 11  
 FACHBEREICH ÖKOLOGISCHE AGRARWISSENSCHAFTEN  
 FACHGEBIET ÖKOLOGISCHER LAND- UND PFLANZENBAU  
 NORDBAHNHOFSTR. 1A  
 D-37213 WITZENHAUSEN

THOMAS.VAN ELSÉN@UNI-KASSEL.DE  
 WWW.WIZ.UNI-KASSEL.DE/FOEL/

## 1.3 Indirekte Beikrautkontrolle im Ökologischen Landbau

CHRISTOPH STUMM UND ULRICH KÖPKE

RHEINISCHE FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT,  
INSTITUT FÜR ORGANISCHEN LANDBAU

### Einleitung

Ziel dieses Handbuchs ist es, die unterschiedlichen Techniken und Möglichkeiten zur mechanischen Beikrautregulierung im Ökologischen Landbau (ÖL) vorzustellen und zu diskutieren. Neben diesen direkten Maßnahmen, spielen im Ökologischen Landbau aber auch indirekte Maßnahmen eine sehr wichtige Rolle. Die zur



**Abb. 1.3.1:** In Kartoffeln lässt sich mit Hilfe von Untersaaten die Spätverunkrautung deutlich reduzieren. Hier im Bild die Entwicklung der Untersaaten zur Kartoffelernte am Standort Wiesengut in Hennf/Sieg, Universität Bonn.

Verfügung stehenden, direkten Maßnahmen der mechanischen Beikrautkontrolle wie Hacke und Striegel, sind weniger selektiv und erreichen deutlich niedrigere Wirkungsgrade als im konventionellen Landbau eingesetzte Herbizide (Gerhards et al. 1995). Energie- und zeitaufwendige Maßnahmen wie das Abflammen oder der Einsatz von Querhacken und Hackbürsten sowie die Steigerung der Bearbeitungsgenauigkeit durch GPS-Unterstützung werden in absehbarer Zeit auf Kulturen mit hoher Wertschöpfung z.B. im Feldgemüsebau beschränkt bleiben (Köpke 2000). Daher gilt es im ÖL alle Möglichkeiten zu nutzen, mit denen die Konkurrenzkraft der Kulturpflanzenbestände gefördert werden kann. Indirekte, d.h. vorbeugende Maßnahmen wie die Fruchtfolgegestaltung, die Optimierung der Standraumzumessung sowie die Arten- und Sortenwahl bieten die Möglichkeit die Effizienz der Beikrautkontrolle kostenneutral zu steigern.

**Tab. 1.3.1: Maßnahmen der nicht-chemischen Kontrolle der Ackerbegleitflora**  
(nach Köpke 2000, verändert und ergänzt)

<b>Indirekte Maßnahmen</b>	<b>Direkte Maßnahmen</b>
<b>Fruchtfolgegestaltung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bodenruhe</li> <li>• Schnittnutzung</li> <li>• Allelopathie</li> </ul>	<b>Mechanische Verfahren</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Striegel</li> <li>• Hacken</li> <li>• Bürsten</li> </ul>
<b>Bodenbearbeitung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Photobiologie</li> <li>• Mulch- und Direktsaat</li> </ul>	<b>Primärbodenbearbeitung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflug</li> <li>• Grubber</li> </ul>
<b>Saat- und Pflanzguthygiene</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• geringer Besatz mit Beikrautsamen</li> <li>• Maschinenreinigung</li> <li>• Diasporenfreie Pflanzballen</li> </ul>	<b>Thermische Verfahren</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abflammen</li> <li>• Dämpfen</li> </ul>
<b>Erhöhung der Konkurrenzkraft</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Saatgutqualität</li> <li>• Sortenwahl</li> <li>• Standraumzumessung</li> <li>• Diasporenfreie organische Dünger</li> <li>• Untersaaten</li> </ul>	<b>Biologische Verfahren</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prädatoren</li> <li>• Schadorganismen</li> <li>• Extrakte</li> </ul>

## **Fruchtfolgegestaltung**

Eine vielfältige Fruchtfolgegestaltung kann durch ausgewogene Anteile von Sommerungen und Winterungen, sowie durch den Wechsel von Bodenruhe, Hack- und



**Abb.1.3.2:** Eine vielfältige Fruchtfolge unter anderem mit mehrjährigen Feldfutterbau ist eine wichtige indirekte Maßnahme zur Beikrautregulierung im Ökologischen Landbau

Halmfrüchten die Etablierung einer vielfältigen, vergleichsweise einfach zu kontrollierenden Beikrautflora sicherstellen und damit der Entwicklung von Problemunkräutern entgegenwirken (Köpke 2000). Insbesondere der mehrjährige Futterbau als tragendes Element der Fruchtfolge schwächt die vorhandene Begleitflora durch intensive Konkurrenz und Schnittnutzung (Emminger & Steinert 2002).

## **Bodenbearbeitung**

Die Direktsaat reduziert die Bodenbewegung auf ein Minimum, der für die Beikrautkeimung notwendige Impuls erfolgt nur im Bereich der Säscharre und ermöglicht damit die indirekte Kontrolle von Samenunkräutern. Im ÖL Mitteleuropas ist die Direktsaat jedoch nur wenig etabliert. Fehlende Stickstoffmineralisierung und Probleme mit perennierenden Unkräutern verhindern aus Sicht der Praxis eine Reduzierung der Bodenbearbeitungsintensität. Um diese Hemmnisse zu überwinden wird im Institut für Organischen Landbau der Universität Bonn der temporäre Einsatz der Direktsaat zu Körnerleguminosen untersucht.

Im Versuchsjahr 2010 zeigte sich, dass unter Standortbedingungen mit vglw. geringem Auftreten von perennierenden Unkräutern, wie sie in Gemüsebaubetrieben

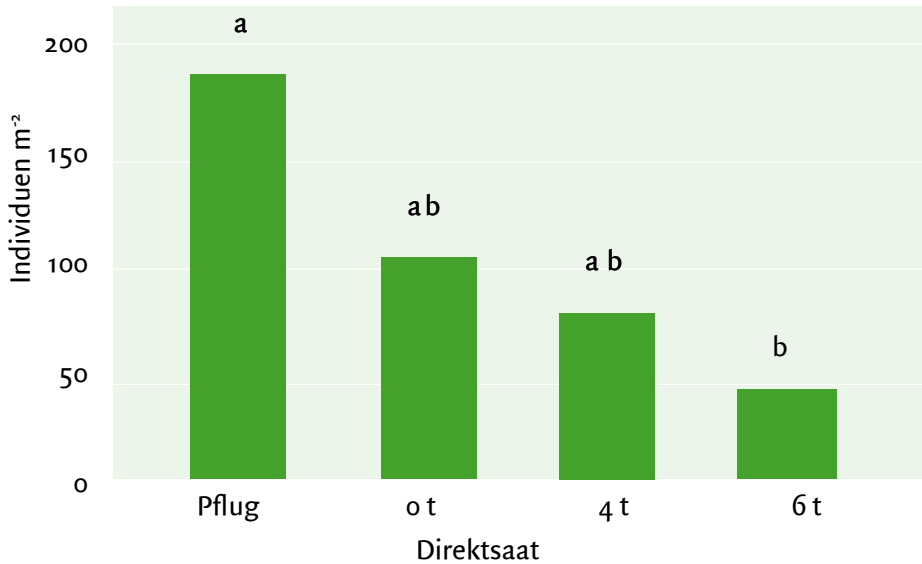


Abb. 1.3-3: Abundanz annualer Beikräuter (Individualen m<sup>-2</sup>) in Ackerbohnen bei Pflugbearbeitung und Direktsaat in Strohmulch (0, 4 und 6 t Haferstroh je ha) am 19. April 2010, Standort Wiesengut in Hennef/ Sieg. Signifikante Unterschiede sind mit verschiedenen Buchstaben gekennzeichnet (Tukey-Test,  $\alpha=0,05$ ) (verändert nach Massucati et al. 2011).

aufgrund intensiver Bodenbearbeitung z.T. anzutreffen sind, annuelle Unkräuter in Ackerbohnen durch Direktsaat in den Mulch aus Ernteresten der Vorfrucht Hafer wirkungsvoll kontrolliert werden können (Abb. 1.3.3). Der Wirkungsgrad der Beikrautregulation nimmt mit der Masse der Erntereste zu.

## Erhöhung der Konkurrenzkraft der Kulturpflanzenbestände

### Sortenwahl und Optimierung der Standraumzumessung

Da im Winterweizenanbau Striegel und Hacke häufig wegen zu feuchter Bodenbedingungen in Herbst und Frühjahr nicht zum optimalen Entwicklungsstadium der Unkräuter eingesetzt werden können, gilt es die Konkurrenzkraft der Kultur durch indirekte Maßnahmen wie Sortenwahl und Optimierung der Standraumzumessung zu fördern. Im Rahmen des von der EU geförderten Projektes WECOF (*Strategies of Weed Control in Organic Farming*) (1998 – 2002) wurde eine deutliche Reduzierung der Beikrautdeckungsgrade durch Sorten mit hoher Beschattungskraft (zügige Jugendentwicklung, planophile (waagrechter) Blatthaltung, hoher Wuchs) erzielt.

Bei engem Reihenabstand beeinflusste die Sortenwahl das Beikrautwachstum deutlich weniger als bei weitem Reihenabstand. Die planophile Sorte *Pegasso* beschattete auch bei weitem Reihenabstand effektiv die Reihenzwischenräume und reduzierte damit den Beikrautdeckungsgrad signifikant (Abb. 1.3.4). Die höchst-

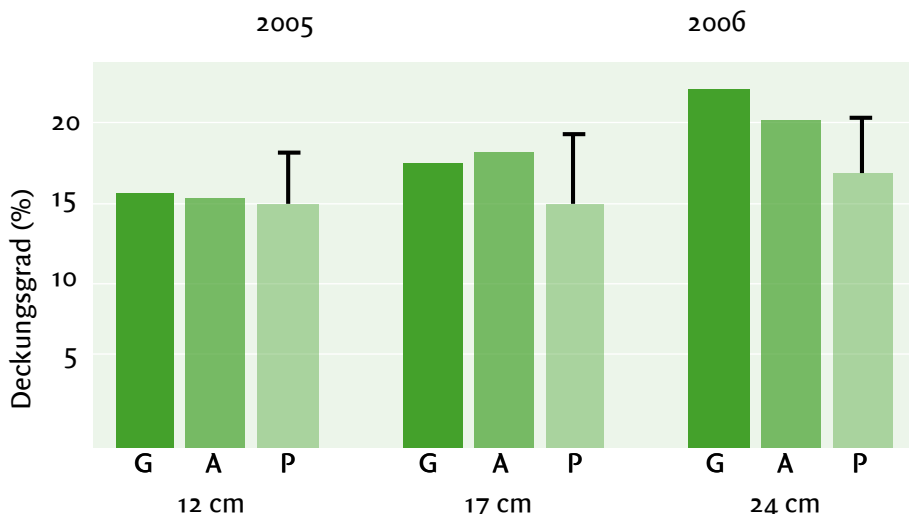


Abb. 1.3.4: Einfluss von Reihenweite und Sorte auf den Beikrautdeckungsgrad in Winterweizen. Standort Wiesengut in Hennef/Sieg, Versuchsjahr 2000/1, EC 39. Sorten: Greif (G), Astron (A), Pegasus (P). Angegeben ist die Grenzdifferenz des Tukey-Tests ( $\alpha=0,05$ ) (verändert nach Drews et al. 2002).

ten Wirkungsgrade wurden durch Kombination von engem Reihenabstand und konkurrenzstarker Sorte erzielt.

### Optimierung der Standraumzumessung im Vergleich zu mechanischer Beikrautkontrolle

Beim Vergleich eines in der Praxis entwickelten Rapsanbausystems (Raps im Gemenge mit Buchweizen) mit bereits etablierten Methoden (weiter Reihenabstand mit Maschinenhacke; enger Reihenabstand ohne mechanische Beikrautkontrolle, gleiche Saatedichte) wurde im Hinblick auf die Beikrautkontrolle in keinem Versuch ein Vorteil für die kostenintensiveren Varianten festgestellt (Stumm & Köpke 2010). Dieses Ergebnis zeigt, dass durch Optimierung der Standraumzumessung und damit Reduzierung der intraspezifischen Konkurrenz eine gleich hohe Effizienz der Regulation der Beikrauttrockenmasse möglich war, wie durch den Einsatz der Maschinenhacke bei dazu notwendigem weitem Reihenabstand (Tab. 1.3.2).

### Untersaaten

Nach dem Absterben von Kartoffelbeständen durch Krautfäulebefall oder geringe Nährstoffnachlieferung setzt im ÖL vielfach eine starke Verunkrautung v.a. mit Franzosenkraut (*Galinsoga parviflora*) und Weißem Gänsefuß (*Chenopodium album*) ein. Im Projekt „Leitbetriebe Ökologischer Landbau NRW“ wurde in den Jahren 2005 bis 2007 auf insgesamt acht Standorten die Wirkung verschiedener Untersaaten (u.a. Ölrettich, Senf, Buchweizen) auf die Spätverunkrautung untersucht.

Tab. 1.3.2: Einfluss von Anbausystem und Düngung auf die Beikrauttrockenmasse ( $t\ ha^{-1}$ ), EC 60-65 (Wiesengut - WG '08 am 16.4.2008, WG '09 am 20.4.2009, Höfferhof - HH '09 am 21.4.2009). Unterschiedliche Buchstaben innerhalb einer Zeile kennzeichnen Varianten mit einem signifikantem Unterschied  $\alpha = 0,05$  (Tukey-Test) (verändert nach Stumm & Köpke 2010).

Standort	Anbausystem					Düngung		
	i.	ii.	iii.	iv.	GD 5%	I.	II.	GD 5%
WG '08	0,68 ab	0,55 b	0,90 a	0,88 a	0,30	0,83 A	0,68 B	0,16
WG '09	0,31	0,37	0,39	0,48	0,22 n.s.	0,43	0,34	0,12 n.s.
HH '09	0,26 b	0,18 b	0,59 a	0,41 ab	0,31	0,43	0,29	0,16 n.s.

Varianten: i. enger Reihenabstand (12 cm), ohne mechanische Beikrautkontrolle; ii. weiter Reihenabstand (24 cm), mit Maschinenhacke; iii. Doppelreihe Raps und Doppelreihe Buchweizen (Reihenabstand 12 cm), ohne mechanische Beikrautkontrolle; iv. Doppelreihe Raps und Doppelreihe frei (Reihenabstand 12 cm), mit Maschinenhacke; I. 80 kg N/ha PPL (Potato Protein Liquid); II. ohne Düngung

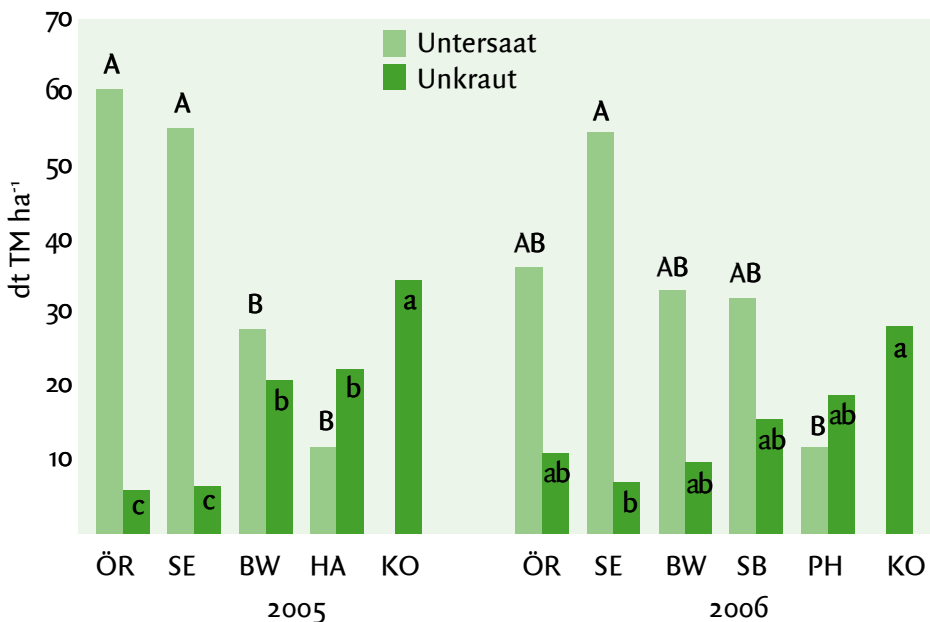


Abb. 1.3.5: Sprosstrockenmasse von Beikraut und Untersaaten (ÖR = Ölertrich SE = Senf, BW = Buchweizen, HA = Hafer, SB = Sonnenblumen, PH = Pahacelia, KO = Kontrolle ohne Untersaat) in Kartoffeln jeweils kurz vor der Ernte. Leitbetrieb Stautenhof, Kreis Viersen. Varianten mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant ( $\alpha = 0,05$ , Tukey-Test) (verändert nach Stumm & Köpke 2008).



Sowohl die Dichte von Weißem Gänsefuß (Ergebnisse nicht dargestellt) als auch die gesamte Beikrauttrockenmasse wurde durch Untersaaten z. T. signifikant reduziert (Abb. 1.3.5). Zwischen der Wüchsigkeit der Untersaaten und der Spätverunkrautung wurde ein hoch signifikant negativer Zusammenhang nachgewiesen (Stumm & Köpke 2008).

## Fazit

Durch die Kombination von indirekten und direkten Maßnahmen bei der Beikrautregulierung lässt sich der Wirkungsgrad erhöhen. Dabei sind die jeweiligen Maßnahmen an die Kulturen und die unterschiedlichen Standorte anzupassen, um den best möglichen Effekt zu erzielen. Da der Wirkungsgrad einzelner Maßnahmen der Beikrautregulation im ÖL vglw. niedrig ist, sollten in allen Kulturen die Möglichkeiten der kombinierten indirekten und direkten Maßnahmen ausgeschöpft werden. Dabei können die hier vorgestellten vorbeugenden Strategien wie Fruchtfolgegestaltung, Sortenwahl, Optimierung der Standraumzumessung und Untersaaten einen grundlegenden Beitrag leisten.

## Literatur

- Drews, S., Neuhoﬀ, D., Juroszek, P. & U. Köpke (2002): Einfluss von Sortenwahl, Reihenweite und Drillrichtung auf die Konkurrenzkräft von Winterweizen im Organischen Landbau. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Journal of Plant Diseases and Protection Sonderheft XVIII, 527-532
- Emminger R. & K. Steinert (2002): Distel erfolgreich bekämpfen. Ökolandbau spezial. 1. Jahrgang, 2/2002.
- Gerhards, R., Sökefeld, M., Kühbauch, W. & A. Nabout (1995): Einsatz eines Expertensystems und digitaler Bildverarbeitungstechnik für die teilschlaggerechte Unkrautkontrolle. 9th EWRS Symposium, Budapest 1995, Challenges for Weed Science in a Changing Europe, 655-662.
- Köpke, U. (2000): Konzept der Unkrautregulierung im ökologischen Landbau. In: Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- u. Forstwirtschaft, Kleinmachnow, Heft 72, 57-70
- Massucati, L., Geib, B. & U. Köpke (2011): Effekte temporärer Direktsaat von Ackerbohnen (*Vicia faba* sp.) auf die Segetalflora im Ökologischen Landbau. In: Leithold et al. (Hrsg.): Es geht ums Ganze: Forschen im Dialog von Wissenschaft und Praxis. Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Gießen, 15.-18. März 2011. 294-297
- Stumm, C. & U. Köpke (2008): Spätverunkrautung in ökologisch angebauten Kartoffeln mit Untersaaten regulieren. „Biodiversität in der Pflanzenproduktion“ 51. Jahrestagung vom 30. September bis 2. Oktober 2008 in Göttingen, Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften Band 20, 293-295
- Stumm, C. & U. Köpke (2010): Winterraps (*Brassica napus* L.) im Ökologischen Landbau - Anbau und Düngung. 53. Jahrestagung vom 28.-30. September 2010 in Hohenheim, Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften Band 22, 91-92

HERR CHRISTOPH STUMM UND HERR PROF. DR. ULRICH KÖPKE

RHEINISCHE FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT,  
INSTITUT FÜR ORGANISCHEN LANDBAU,  
KATZENBURGWEG 3, 53115 BONN,

[LEITBETRIEBE@UNI-BONN.DE](mailto:LEITBETRIEBE@UNI-BONN.DE)

[WWW.IOL.UNI-BONN.DE](http://WWW.IOL.UNI-BONN.DE)

[WWW.LEITBETRIEBE.OEKOLANDBAU.NRW.DE](http://WWW.LEITBETRIEBE.OEKOLANDBAU.NRW.DE)

## 1.4 Mechanische Beikrautregulierung – Bodenbelastung im Bereich der Fahrgassen

MELANIE WILD, MARKUS DEMMEL UND ROBERT BRANDHUBER

BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT,  
INSTITUT FÜR LANDECHNIK UND TIERHALTUNG

Bodenverdichtungen zu vermeiden ist für den Biobetrieb eine besonders wichtige Aufgabe. Pflanzenwurzeln und Bodenlebewesen sollen den Bodenraum uneingeschränkt erschließen und nutzen können. Dazu ist eine gute Bodenstruktur wichtig, die entscheidenden Einfluss auf die Bodenfruchtbarkeit und die Erosionsstabilität hat (Abb. 1.4.1). Wirksame mechanische Beikrautregulierung bedingt jedoch häufige Überfahrten, wodurch das Risiko von Verdichtungen vor allem im Bereich der Fahrgassen stark zunimmt.



Abb. 1.4.1: Poröses Gefüge mit Regenwurmgängern (links) und kompakt lagernder, verdichteter Boden (rechts)

## Wie entstehen Bodenverdichtungen?

Bodenverdichtung bedeutet eine Einengung oder gar Zerstörung der Versorgungsleitungen, die Sauerstoff in den Boden leiten, und Dränung gewährleisten. Sie entsteht, wenn **zu feuchte Böden** befahren werden und/oder wenn die vom Fahrzeug verursachten **Bodendrücke zu hoch** sind. Sobald Wachstumsdepressionen und Ertragseinbußen an den Kulturpflanzen auftreten, spricht man von einer Schadverdichtung.

Auch beim Einsatz von schneidenden oder kreiselnden Werkzeugen (z.B. Pflug, Grubber, Scharhacken, Unterschneidmesser oder Kreiselegge/-grubber) besteht die Gefahr des Verschmierens und Verdichtens im Bereich des Bearbeitungshorizonts („Pflugsohle“) bei zu feuchten Bodenverhältnissen.

Beim Befahren der Böden müssen Gewichts- und Antriebskräfte im Boden abgestützt werden. Die Kräfte werden über die Kontaktfläche Rad-Boden in den Boden eingeleitet und wirken dort als Bodendruck. Die notwendige Gegenkraft stellen im Boden die Reibungsspannung der Kontaktpunkte zwischen den Bodenpartikeln und auch die Wasserspannung in den Menisken zwischen den Partikeln dar. Während des Belastungsimpulses stellen auch Wasser und Luft, die in der kurzen Zeit nicht aus den Poren gedrückt werden, Gegenkraft zur Verfügung. Wo nicht genügend Gegenkraft mobilisiert werden kann, wird der Boden verformt. Der Bo-



Abb. 1.4.2: Verformungen beim Befahren eines Lehmbodens in kritisch feuchtem Zustand

den erwirbt dann eine höhere Tragfähigkeit, die aber mit dem Verlust von luftführenden und wasserleitenden Grobporen verbunden ist (Abb. 1.4. 2). Ob es zu einer Verformung kommt und wo diese stattfindet, das hängt von Ausmaß und Art der Belastung durch das Fahrzeug sowie von der Tragfähigkeit des Bodens ab (Tab. 1.4.1).

Tab. 1.4.1: Einflussfaktoren auf die Bodenverdichtung

	Faktoren	Auswirkung
Fahrzeug (=Bodenbelastung)	Reifeninnendruck bzw. Aufstandsfläche	→ Eingangsdruck in den Boden
	Radlast	→ Tiefenwirkung
	Überrollhäufigkeit	→ erreichte Verfestigung
	Schlupf	→ Verschmieren der Kontaktfläche Reifen-Boden
Boden (=Tragfähigkeit)	Bodenfeuchte (Witterung, Kultur) Bodenart, Bodentyp Bodenbearbeitung, Bearbeitungstiefe	→ Bodenfestigkeit, Tragfähigkeit

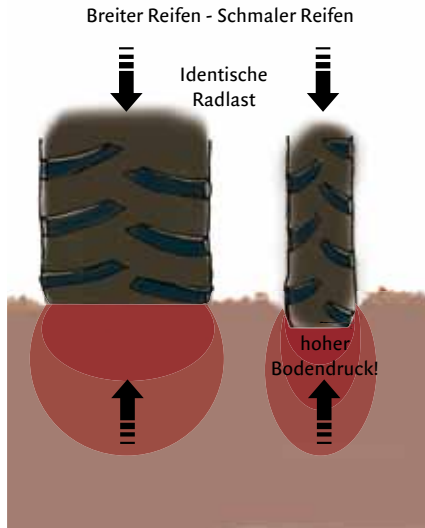
Die **Bodenfeuchte** hat den dominierenden Einfluss auf die Tragfähigkeit der Böden. Wasser im Boden wirkt als Gleitmittel bei der Verformung, der Reibungswiderstand sinkt mit zunehmender Feuchte - das heißt, die Bodenstruktur trägt nicht mehr. Die Bodenfeuchte wird nicht nur durch die Niederschläge bestimmt, sondern auch durch den Wasserverbrauch der Kulturpflanzen.

Modifizierend wirkt die **Bodenart**. Nach der gleichen Menge Niederschlag ist ein Sandboden noch befahrbar, ein Tonboden nicht mehr (siehe unten).

Mit sinkender **Bearbeitungstiefe- und intensität** steigt die Tragfähigkeit der Böden. Natürliche Gefügebildung schafft ein durchgehendes Porensystem bei vergleichsweise kompakter Lagerung. Regenwürmer spielen dabei eine wichtige Rolle. Ihre Aktivität wird mit Pflanzenmaterial an der Bodenoberfläche gefördert und sorgt für ein ausreichendes Dränvermögen der Böden. Um Verdichtungen unterhalb der Bearbeitungstiefe zu vermeiden, muss trotzdem auf bodenschonendes Befahren (geringe Radlasten) Wert gelegt werden.

Je größer die Kontaktfläche zwischen Reifen und Boden, desto kleiner ist der **Kontaktflächendruck** und desto geringer ist die Bodenbeanspruchung (Abb. 1.4.3). Mit der Wahl eines optimalen Reifens und der Einstellung des **niedrigst mögli-**

**chen Reifeninnendruck** kann der Landwirt die Reifenaufstandsfläche maximieren und die Bodenbelastung wirksam vermindern. Als Faustregel gilt: Der Bodendruck in 10 cm Bodentiefe entspricht in etwa dem Reifeninnendruck.

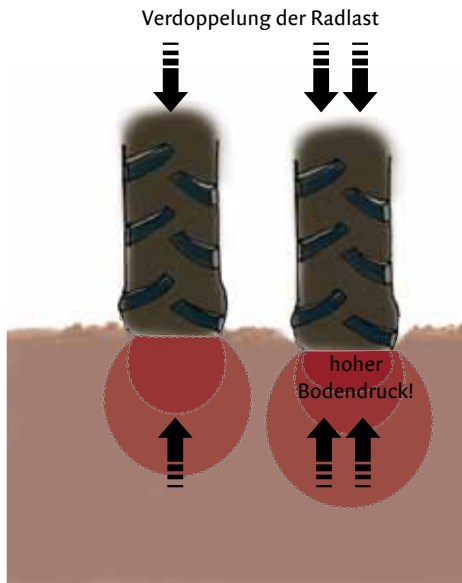


**Abb. 1.4.3: Breiterer Reifen → geringerer Bodendruck  
schmäler Reifen → höherer Bodendruck!**

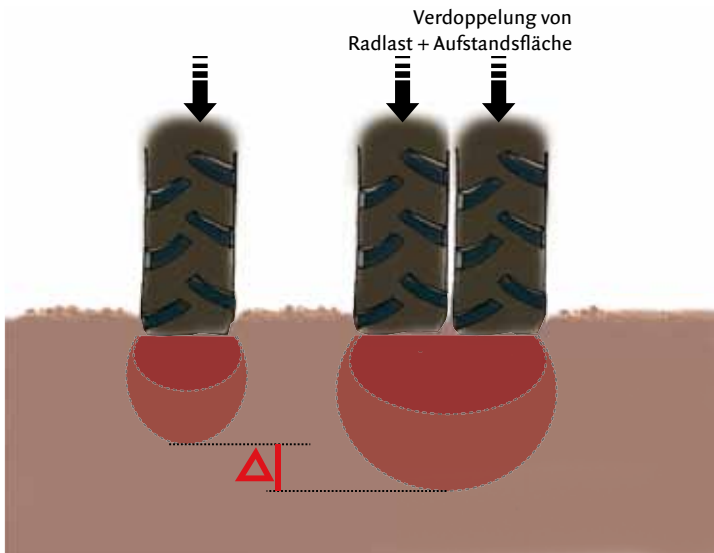
Der Kontaktflächendruck und die Tiefenwirkung der Bodenbeanspruchung nimmt mit steigender **Radlast** zu (Abb. 1.4.4). Der Unterboden, der nur schwer wieder zu lockern ist, kann dabei zunehmend verdichtet werden. Ein Fahrzeug mit niedriger Radlast ist – bei optimaler Bereifung – also immer die bodenschonendere Alternative.

Nehmen Radlast und Aufstandsfläche in gleichem Verhältnis zu, dann bleibt der Kontaktflächendruck zwar gleich, aber es wird ein größeres Bodenvolumen mechanisch beansprucht und die Tiefenwirkung des Bodendruckes nimmt zu (Abb. 1.4.5). Auch in diesem Fall ist eine erhöhte Beanspruchung des Unterbodens die Folge. Erst eine überproportional vergrößerte Aufstandsfläche kann vermeiden, dass im Unterboden höhere Drücke als bisher wirken. Diese bodenmechanische Gesetzmäßigkeit ist die Begründung der Besorgnis, dass schwere landwirtschaftliche Fahrzeuge die Unterböden verdichten können.

Je größer die **Überrollhäufigkeit** – also die Anzahl der Überfahrten – ist, desto höher ist die erreichte Verfestigung der betreffenden Bodenschichten. Vorausgesetzt die Überfahrten erfolgen bei ähnlicher Bodenfeuchte. Eine Überfahrt bei ungünstigen, also feuchteren Verhältnissen führt zu einer deutlich stärkeren Verformung und damit auch zu einer größeren Tiefenwirkung.



**Abb. 1.4.4: Doppelte Radlast bei gleicher Aufstandsfläche → höherer Bodendruck, sehr große Tiefenwirkung**



**Abb. 1.4.5: Doppelte Radlast und verdoppelte Aufstandsfläche → größere Tiefenwirkung trotz gleichen Kontaktflächendrucks!**

## **Welche Böden lassen sich verdichten?**

Jeder Boden lässt sich verdichten – egal ob Sand- oder Tonboden. Werden Tonböden zu nass befahren, sind Luftführung und Dränung sofort stark beeinträchtigt, die Kulturen auf den schweren Böden zeigen Verdichtung deshalb am deutlichsten. Die fruchtbaren Lösslehmböden in den Gäu- und Bördegebieten verzeihen mehr Fehler, so die landläufige Meinung. Aber auch auf diesen Böden verursachen Bodenverdichtungen Ertragseinbußen, sie werden aber meist nur in Jahren mit extremer Witterung wahrgenommen. Sandböden sollte man nicht als problemlos und jederzeit befahrbar bewerten. Schon geringe Feinanteile erhöhen ihre Verdichtungsempfindlichkeit.

## **Welche Auswirkungen haben Schadverdichtungen?**

Bodenverdichtungen beeinträchtigen das Pflanzenwachstum, erhöhen den Dieselverbrauch bei der Bodenbearbeitung und wirken sich negativ auf die Erosionsanfälligkeit von Böden aus.

Eine gute Bodenstruktur bis in den Unterboden ist eine der Voraussetzungen, um am Standort das Ertragsoptimum erzielen zu können. Abhängig von der Bodenart erstrecken sich die Wurzeln vieler Kulturarten bis in eine Tiefe von 100 cm und mehr. Liegt jedoch eine Verdichtung unterhalb der Krume („Pflugsohle“) vor, so können die Wurzeln oft nicht bis in den Unterboden vordringen und somit das Wasser- und Nährstoffpotenzial nicht komplett ausnutzen. Wachstumsdepressionen und Ertragseinbußen sind die Folge. Je kompakter ein Boden lagert, desto schlechter ist außerdem der Wasser- und Gastransport. Besonders im Frühjahr und bei Starkregen kommt es darauf an, dass überschüssiges Wasser rasch im Boden versickert und nicht oberflächlich abgeleitet wird. Dann erwärmt sich die Krume im Frühjahr schneller und die Stickstoffmineralisierung kommt in Gang, Erosion wird vermieden und die Niederschläge füllen den Bodenspeicher in tieferen Schichten. Zusätzlich verursacht in der Unterkrume vergrabenes Stroh bei Wasserstau Zonen mit reduzierenden Verhältnissen, die von den Pflanzenwurzeln gemieden werden.

## **Welche Vorsorgemaßnahmen kann man ergreifen?**

Wer das Potenzial seines Bodens, ein gutes Gefüge auszubilden, ausschöpfen will, muss das wichtigste Gebot dazu beherzigen: Nasse Böden nicht befahren! Mit zunehmendem Wassergehalt nimmt die Tragfähigkeit eines jeden Bodens stark ab. Warten auf bessere Befahrbarkeit ist das wirksamste Mittel zum Bodengefügeschutz!



### **Moderne Reifentechnologien nutzen**

Moderne Landwirtschaftsreifen – Radialreifen - besitzen ein großes Potential zum bodenschonenden Befahren von Acker und Grünland. Als Antriebsreifen von Traktoren sind sie darüber hinaus in der Lage, die Motorleistung effizient in Zugkraft umzusetzen. Richtig eingesetzt, also mit möglichst niedrigem Reifendruck (siehe unten), verfügen sie durch ihre Flexibilität über eine große Aufstandsfläche und ermöglichen geringe Kontaktflächendrücke. Veränderte Gummimischungen, neue Aufbauten und Konzepte mit größerem Luftvolumen erlauben es mit immer niedrigeren Reifendrücken zu arbeiten. Wichtig ist aber auch bei den übrigen Landmaschinen bodenschonende Bereifung einzusetzen, auch bei Anhängern. LKW- Hochdruckreifen gehören nicht auf den Acker oder das Grünland!

### **Luftdruck anpassen**

Für die Anpassung ist es erforderlich die Radlasten zu kennen. Diese vom Traktor und Gerätegewicht abzuleiten ist zumeist nicht möglich, da bei dreipunktgebauten Geräten der Abstand des Geräteschwerpunktes zum Traktor und die Entlastung der Vorderachse eine zusätzliche Hinterachsbelastung bewirken. Um hier mit dem richtigen Gewicht kalkulieren zu können, ist es unumgänglich die Radlasten auf einer Fuhrwerkswaage festzustellen. Dabei müssen die Vorratsbehälter von Sämaschinen oder Fässern gefüllt sein. Die niedrigst möglichen Reifeninnendrücke bei der ermittelten Radlast für Feldfahrten (10 km/h) und Straßenfahrten (30 bis 50 km/h) können aus der für den Reifen entsprechenden Reifedrucktabelle entnommen werden (siehe Anhang).

Mit Hilfe von Luftdruckverstellanlagen kann eine Veränderung bequem von Schleppersitz aus vorgenommen werden. Als günstigere Alternative gibt es Airbooster-Sets, die mit der vorhandenen Druckluftanlage am Schlepper arbeiten, zum relativ schnellen Einstellen des Reifendrucks vor Ort (siehe Links).

### **Die Last auf möglichst breite und viele Schultern verteilen!**

Müssen hohe Gesamtlasten abgestützt werden, sollten bevorzugt Fahrwerke eingesetzt werden, die sehr große Aufstandsflächen ermöglichen. Zwillingsräder verteilen die Last auf zusätzliche Räder, der Reifenluftdruck kann abgesenkt werden. Zwillingsräder können auch bei niedrigen Reihenkulturen zu Einsatz kommen, indem man die Reihen bzw. Dämme zwischen die Räder nimmt. Durch die Überbreite sind sie jedoch meist nur bei arrondierten Hoflagen sinnvoll einzusetzen. Der bei großen Gerätebreiten übliche Einsatz von aufgesattelten anstelle von dreipunktgebauten Geräten reduziert die Radlast vor allem an der Traktorhinterachse. Zunehmend stehen auch aufgesattelte Geräte mit Arbeitsbreiten von 3 und 4 Metern zur Verfügung (z.B. Grubber, Universaldrillmaschinen, Kartoffellegegeräte).

## **Zwischenfruchtanbau**

Pflanzen leeren in ihrer Hauptwachstumsphase den Wasserspeicher bis in tiefere Bodenschichten. Zur Getreideernte sind die Böden deshalb im Unterboden in vielen Jahren relativ trocken und tragfähig. Bei höheren Sommerniederschlägen schöpfen Zwischenfrüchte nach früh räumenden Kulturen den Bodenwasserspeicher aus. Das Einarbeiten im Herbst erfolgt dann auf tragfähigem Unterboden. Wer einen Spatenstich Boden aus einem Zwischenfruchtbestand nach Getreide und einem benachbarten Stoppelfeld vergleicht, bemerkt den Unterschied: Der Boden auf dem Stoppelfeld ist bis in tiefere Bodenschichten feucht und bei Pflugarbeit im Oktober verdichtungsempfindlich. Der Bodenwasserspeicher wird in den meisten Regionen Deutschlands im Winter wieder aufgefüllt.

## **Weiterführende Links**

Weiterführende Links zu Reifenbefüll- und Entleer-Sets und Online verfügbare Reifendrucktabellen im Anhang.

FRAU DR. MELANIE WILD

BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT,  
INSTITUT FÜR LANDTECHNIK UND TIERHALTUNG  
VÖTTINGER STRASSE 36, 85354 FREISING

MELANIE.WILD@LFL.BAYERN.DE  
WWW.LFL.BAYERN.DE/





# **2. Bodenbearbeitung & Saatbettbereitung**

EINLEITUNG VON BIRGIT WILHELM

UNIVERSITÄT KASSEL, FACHGEBIET AGRARTECHNIK

In der Praxis des Ökolandbaus zählt die Bodenbearbeitung neben der Fruchtfolge zu den wichtigsten Maßnahmen der Beikrautregulierung. Dabei werden verschiedene Strategien zur Regulierung des Beikrautpotentials im Ackerboden verfolgt und genutzt:

- (1) Beikrautsamen und -pflanzen vergraben
- (2) Beikrautpflanzen verschütten und zerschneiden
- (3) Beikrautpflanzen und deren Wurzeln an der Bodenoberfläche vertrocknen
- (4) Beikraut zur Keimung anregen

## **Pflug, Grubber und Stoppelhobel**

Da der Pflug die ersten beiden Aufgaben am wirkungsvollsten umsetzt, wird er nach wie vor als zuverlässigsten Gerät zur Beikrautregulierung angesehen. In einer Umfrage zur Bodenbearbeitung im Jahr 2009 gaben 86 % von 344 befragten Ökobauern „Unkrautbekämpfung“ als wichtigsten Grund für den Pflugeinsatz an. Als zweiter Grund (56 %) wurde „organische Masse in den Boden bringen“ genannt, gefolgt von 45 %, die als Hauptgrund für den Pflugeinsatz die „jahrelang gute Erfahrung“ nannten<sup>1</sup>. In den folgenden Beiträgen werden Ergebnisse aus Forschungsprojekten vorgestellt, in denen die Wirkung von verschiedenen Bodenbearbeitungsgeräten, vor allem auf die Bekämpfung von Wurzelunkräutern untersucht wird. Neben dem Pflug und dem Grubber wird der Stoppelhobel getestet, aber auch unterschiedliche Intensitäten in der Stoppelbearbeitung haben Einfluss auf den Regulierungserfolg.

## **„Falsches Saatbett“ oder Unkrautkur im Beetanbau**

Eine Maßnahme der Bodenbearbeitung, die die Entwicklungsphasen und -zyklen der einzelnen Unkräuter berücksichtigt, ist das „falsche Saatbett (bzw. Unkrautkur)“. Hierbei wird mit Hilfe einer flachen Bodenbearbeitung eine feinkrümelige Bodenstruktur hergestellt, um für die im Boden vorhandenen Beikrautsamen und/oder das Ausfallgetreide optimale Keimbedingungen zu schaffen, um sie dann in einem folgenden Arbeitsgang bekämpfen zu können. Diese Technik wird nicht nur im Ackerbau genutzt, sondern spielt auch im Gemüsebau eine wichtige Rolle, um den Beikrautdruck noch vor der Ansaat oder Pflanzung zu reduzieren. Insbesondere im Beetanbau kommen oft selbstkonstruierte Maschinen zum Einsatz. Für eine erfolgreiche „Unkrautkur“ sind mehrere Punkte zu beachten, die im Beitrag angesprochen und beschrieben werden.

---

<sup>1</sup> Wilhelm, B. 2010. *Konservierende Bodenbearbeitung im Ökolandbau – Analyse einer Verfahrenstechnik im Kontext der Bodenfruchtbarkeit*, Dissertation: <http://orgprints.org/18006/>



## 2.1 Direkte Maßnahmen zur Kontrolle von *Cirsium arvense* (Pflug/Grubber) und *Vicia hirsuta* (Striegel)

CHRISTOPH STUMM, PAVEL LUKASHYK UND ULRICH KÖPKE

RHEINISCHE FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT,  
INSTITUT FÜR ORGANISCHEN LANDBAU

### Einleitung

Zwei Unkräuter die in der Praxis des Ökologischen Landbaus häufig Probleme bereiten sind die Acker-Kratzdistel (*Cirsium arvense*) und die Rauhaarige Wicke (*Vicia hirsuta*) (Eisele 1998, Niggli & Dierauer 2000). Beide Arten verfügen über die Fähigkeit ungünstige Umweltbedingungen längere Zeit zu überdauern. Während *C. arvense*, als perennierende Pflanze sich sowohl generativ über Samen als auch vegetativ z. B. über durch Bodenbearbeitung abgetrennte Wurzelstücke auszubreiten vermag, besitzen die Samen von *V. hirsuta* eine hohe Dormanz und die Möglichkeit auch aus der unteren Krume zu keimen. Die Rauhaarige Wicke kann als Leguminose gerade unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus mit begrenzter Stickstoffverfügbarkeit einen Konkurrenzvorteil gegenüber Kulturpflanzen entwickeln. Beide Beikräuter können neben Ertragsverlusten vor allem die Ernte erschweren und die Trocknung von Druschfrüchten verteuern. Um diese „Problemunkräuter“ des Ökologischen Landbaus wirkungsvoll zu kontrollieren, wurden im Institut für Organischen Landbau der Universität Bonn zwei Strategien getestet, bei denen *C. arvense* durch wiederholt tiefer gehende Bodenbearbeitung und Konkurrenz, sowie *V. hirsuta* durch mehrmaligen Striegeleinsatz wirkungsvoll kontrolliert werden konnten.

### Acker-Kratzdistel (*Cirsium arvense*)

Für eine nachhaltige Reduzierung der Acker-Kratzdistel muss insbesondere die vegetationsfreie Zeit genutzt werden. Die in diesem Artikel vorgestellte Strategie zielt darauf ab, die Reserveassimilate von *C. arvense* in Ihren Wurzelausläufern durch wiederholtes, sukzessive tiefer gehendes Bearbeiten mit Pflug oder Grubber zu erschöpfen. Um die Wirksamkeit dieses Vorgehens zu überprüfen, wurde auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut in Hennef/Sieg von 2001 bis 2003 die „Art der Bodenbearbeitung“ (PF - Pflug vs. GR - Flügelschargrubber) sowie die „Häufigkeit der Bodenbearbeitung“ (einmalige tiefe Bearbeitung mit anschließender Frühsaat der Zwischenfrucht Senf vs. dreimalige Bearbeitung mit zunehmender

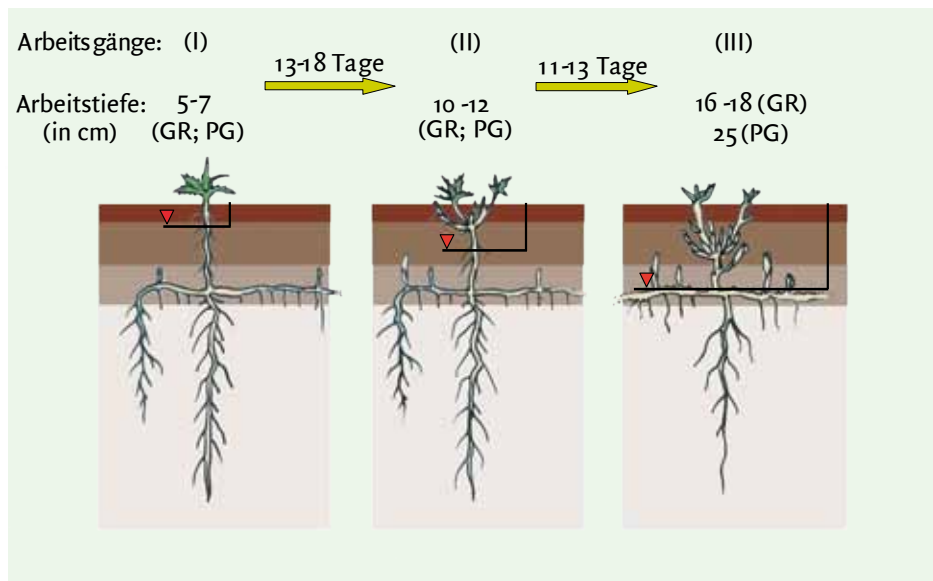


Abb. 2.1.1: Sukzessive tiefer gehende Bodenbearbeitung zur Erschöpfung der Reservestoffe von *C. arvense* (verändert nach Lukashyk et al. 2005b). GR= Flügelscharrubber; PG= Pflug.

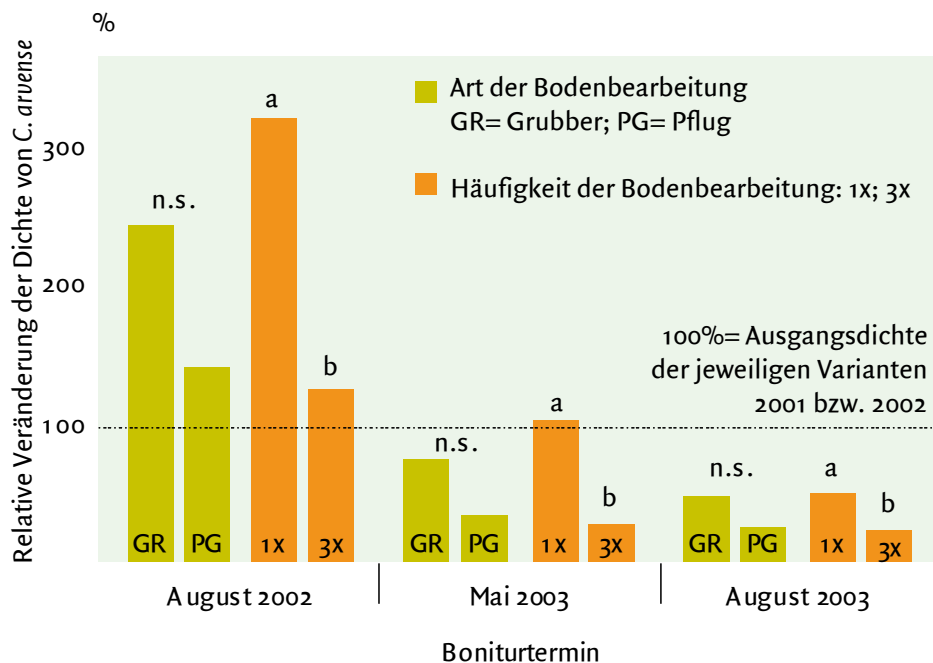


Abb. 2.1.2: Einfluss von Art und Häufigkeit der Bodenbearbeitung auf die relative Veränderung der Dichte von *C. arvense*. Unterschiedliche Buchstaben zu einem Boniturtermin kennzeichnen signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ , Tukey-Test) (verändert nach Lukashyk et al. 2005b).



Bearbeitungstiefe und anschließender Spätsaat der Zwischenfrucht Senf, (Abb. 2.1.1) in zweifaktoriellen Blockanlagen mit vier Wiederholungen getestet.

In den Varianten mit einmaliger Bearbeitung wurde durch Brechung der Apikal-dominanz eine Zunahme der Triebdichte von *C. arvense* beobachtet. Durch dreimalige Bearbeitung in zwei bis dreiwöchigem Abstand konnte dieser Anstieg im ersten Versuchsjahr signifikant reduziert werden und führte 2003 zu einem deutlichen Rückgang der Disteldichte in diesen Varianten (Abb. 2.1.2). Durch wiederholte Bodenbearbeitung wurde die Triebdichte temporär erhöht und gleichzeitig eine Erschöpfung der in den Wurzeläusläufern gespeicherten Reservestoffe und damit eine nachhaltige Schwächung der Pflanzen bewirkt. Unterschiede zwischen den verschiedenen Arten der Bodenbearbeitung waren nicht signifikant, tendenziell zeigte jedoch der Pflug eine höhere Wirksamkeit als die Bearbeitung mit dem Grubber. Erfolgsentscheidend ist weiterhin der Lichtenzug durch eine wüchsige Nachfrucht, die Wachstum und Speicherung von Assimilaten durch eventuell verbliebene schwache aufgelaufene Triebe verhindert.

### **Rauhaarige Wicke (*Vicia hirsuta*)**

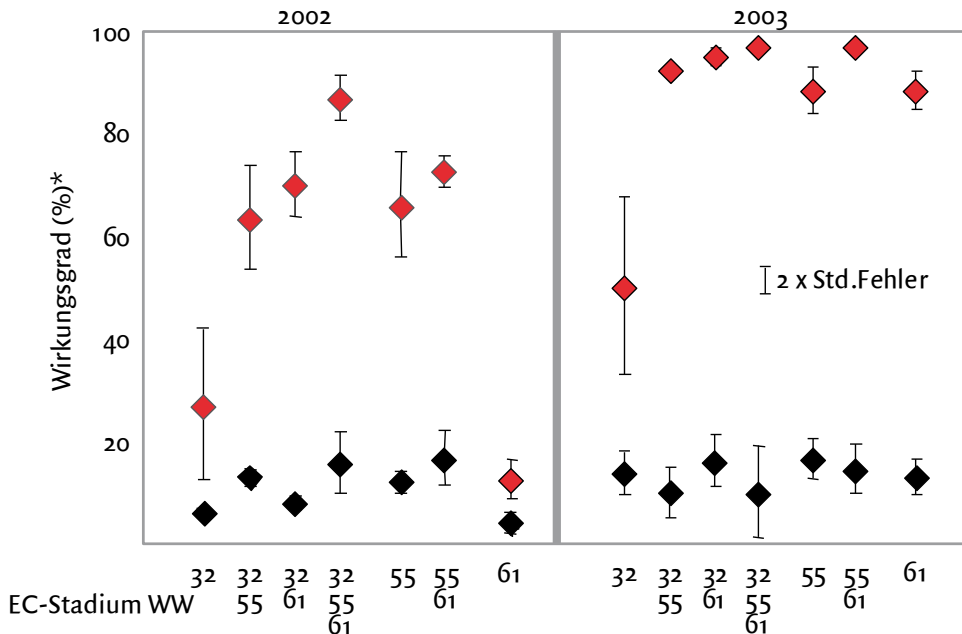
Durch den zeitigen Einsatz des Striegels im Frühjahr kann die in lichten Getreidebeständen oft massenhaft auftretende Wicke nur unzureichend kontrolliert werden. Die aufrecht stehenden, elastischen Keimlinge von *V. hirsuta* sind in diesem frühen Stadium weitgehend unempfindlich gegenüber mechanischer Belastung. Um den Regulierungserfolg eines späteren Striegeleinsatzes incl. dem „Herauskämmen“ aus Getreidebeständen zu untersuchen, wurden in den Versuchsjahren 2002 und 2003 Feldversuche auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut in Hennef/Sieg durchgeführt. Die mechanische Kontrolle mit dem Striegel erfolgte ab Beginn des Schossens (EC<sub>32</sub>) bis nach dem Ährenschieben (EC<sub>61</sub>) wobei Einsatzzeitpunkt und Striegelhäufigkeit variiert wurden.

Bereits einmaliges Striegeln zum Schossen des Winterweizens reduzierte den Deckungsgrad von *V. hirsuta* signifikant. Die zu diesem Zeitpunkt bereits verzweigten und teilweise mit dem Getreide verrankten Wicken wurden abgeknickt und zu Boden gezogen und konnten sich vglw. rasch - jedoch nicht wieder vollständig regenerieren. Der Wirkungsgrad dieser Maßnahme gemessen am Deckungsgrad von *V. hirsuta* während der Kornfüllung des Weizens (EC<sub>75</sub>) betrug im ersten Versuchsjahr etwa 25 % und im Versuchsjahr 2003 bis zu 50 % (Abb. 2.1.4). Wiederholtes Striegeln führte zu einer weiteren Reduzierung der Getreidebedeckung, wobei Wirkungsgrade von über 90 % erreicht wurden. Die Wickendichte wurde hingegen nur wenig reduziert. Die getestete Strategie beruht jedoch weniger auf einer Reduzierung der Dichte, sondern auf einer Störung des Wachstums von *V. hirsuta*., ein Sachverhalt, der sich auch in der durch mehrmaliges Striegeln reduzierten Samenproduktion von *V. hirsuta* um bis zu 75 % im Vergleich zur Kontrollvariante zeigte (Lukashyk et al. 2005a).



**Abb. 2.1.3: Striegeinsatz zum Schossen (oben) und nach dem Ährenschieben (unten)**

Fotos: P. Lukashyk



\* Wirkungsgrad bezogen auf die Dichte (◆) bzw. den Deckungsgrad (◆) von *Vicia hirsuta* während der Kornfüllung Winterweizen (EC 75); DG Kontrolle 67% (2002) bzw. 86% (2003)

**Abb. 2.1.4: Einfluss des Striegels in Winterweizen auf *Vicia hirsuta* in Abhängigkeit von Einsatzzeitpunkt und -häufigkeit (nach Lukashyk et al. 2005a)**

Der Striegeleinsatz war bis zum Ende des Ährenschiebens ohne wesentliche Schädigung des Getreides möglich. Nur bei einmalig spätem Einsatz wurden abhängig vom Wickenbesatz bis zu 30 % der Getreidehalme geschädigt. Mit wiederholtem Striegeln bis zum Ährenschieben ließen sich die stark im Wachstum gestörten und nur schwach verrankten Wicken hingegen wesentlich leichter aus dem Bestand herauskämten bzw. zu Boden ziehen, ohne die Kulturpflanze zu schädigen.

### Beratungsempfehlungen

- Zur wirkungsvollen Regulation der Acker-Kratzdistel (*Cirsium arvense*) sollte die Stoppelbearbeitung mehrfach mit zunehmender Bearbeitungstiefe in etwa zwei- bis dreiwöchigem Abstand durchgeführt werden. Trotz des tendenziell geringeren Wirkungsgrades ist der Flügelschargrubber aufgrund seiner verfahrenstechnischen Vorteile dem Wendepflug vorzuziehen. Eine konkurrenzstarke Nachfrucht sichert nachhaltigen Erfolg.
- Eine starke Verunkrautung mit Rauhaariger Wicke (*Vicia hirsuta*) kann in Getreide durch wiederholtes Striegeln/Auskämmen wirkungsvoll bekämpft werden. Dabei ist es wichtig, dass die Bearbeitung rechtzeitig während des Schossens beginnt und mehrfach bis nach dem Ährenschieben wiederholt wird.

## Literatur

- Eisele, J.-A. (1998): Strategies for the Control of *Vicia hirsuta* (L.) S.F.Gray in Organic Farming. In: Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent 63 (3a). Proc. 50th Intern. Symp. on Crop Protection, 5. Mai 1998 in Gent. 705- 711
- Lukashyk, P; Berg, M & U. Köpke (2005a) Einsatz des Striegels zur Regulierung von *Vicia hirsuta* in Winterweizen. In: Heß, J und Rahmann, G (Hrsg.) Ende der Nische, Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel. 277-280
- Lukashyk, P; Berg, M & U. Köpke (2005b) Kontrolle von *Cirsium arvense* durch Stoppelbearbeitung. In: Heß, J und Rahmann, G (Hrsg.) Ende der Nische, Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel. 281-284
- Niggli, U. & H. Dierauer (2000): Unkrautbekämpfung im ökologischen Landbau in der Schweiz. In Pallutt, B.: Pflanzenschutz im Ökologischen Landbau - Probleme und Lösungsansätze - Drittes Fachgespräch "Unkrautregulierung im Ökologischen Landbau", Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt 72, 17-26.

HERR CHRISTOPH STUMM

RHEINISCHE FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT,  
INSTITUT FÜR ORGANISCHEN LANDBAU  
KATZENBURGWEG 3, 53115 BONN

LEITBETRIEBE@UNI-BONN.DE  
WWW.IOL.UNI-BONN.DE  
WWW.LEITBETRIEBE.OEKOLANDBAU.NRW.DE

## 2.2 Zur Ausbreitung von Acker-Kratzdisteln in einem langjährigen Feldversuch zur Bodenbearbeitung im Ökologischen Landbau

MARTIN HÄNSEL

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE

Die Acker-Kratzdistel (*Cirsium arvense*) (Abb. 2.2.1) ist im Ökologischen Landbau ein besonders schwer zu regulierendes Beikraut, das nur auf den ärmsten Böden fehlt. Teilweise treten massive Bestände auf den Feldern auf, so dass diese Wildpflanze erhebliche Ernteschwernisse und Ertragsausfälle verursachen kann. Ein wesentlicher Faktor, der die Disteln in ihrer Ausbreitung beeinflusst, wird in der Bodenbearbeitung gesehen. In einem Versuch in Sachsen auf einem Lössboden zu unterschiedlichen Verfahren der Bodenbearbeitung konnten die Veränderungen von Distelbeständen 10 Jahre lang beobachtet werden.



Abb. 2.2.1: Blütenkörbe der Acker-Kratzdistel in Sommergerste

## Material und Methoden

Der Versuch zur Bodenbearbeitung wurde in Roda von 1997 bis 2006 in Westsachsen auf Löss (Lö 4) der Bodenart Lehm mit einer Ackerzahl von 68 ausgeführt. Roda liegt auf 224 m über Meereshöhe, bei einem Temperaturmittel von 8,6 °C und 711 mm Niederschlag (Referenzzeitraum 1960-1990). Im Versuchszeitraum war die Witterung insgesamt deutlich wärmer und trockener gegenüber dem Referenzzeitraum.

Drei Arten der Grundbodenbearbeitung mit dem Pflug und zwei Zeitpunkte der Stoppelbearbeitung wurden in einer zweifaktoriellen Spaltanlage untersucht. Der Faktor Stoppelbearbeitung wurde nur in den ersten beiden Versuchsjahren ausgearbeitet. Ergebnisse dazu werden im Folgenden nicht behandelt. Folgende unterschiedliche Varianten zur Grundbodenbearbeitung mit dem Pflug wurden verglichen:

- ortsübliche Pflugfurche im Herbst mit 20-25 cm Tiefe (Herbst, tief)
- flachere Bodenwendung mit dem Pflug bis 15 cm Tiefe im Herbst (Herbst, flach)
- flachere Bodenwendung mit dem Pflug im Frühjahr (Frühjahr, flach)

Von diesem grundlegenden Schema gab es eine Abweichung im Sommer 1998 indem der Versuch einheitlich zur Aussaat des Klee-grases nur mit einer einheitlichen Pflugtiefe bearbeitet wurde. Von 2001 bis 2004 erfolgte eine zusätzliche Lockerung der Bodenschicht von 15 bis 25 cm in den sonst nur flach mit dem Pflug gewendeten Parzellen (Abb. 2.2.2).

Mit dem Festlegen auf eine jährliche Frühjahrsfurche als Versuchsvariante blieb der Anbau auf Sommerkulturen beschränkt (Tab. 2.2.1). Eine organische Düngung erfolgte zu Sommerweizen, Kartoffeln und Mais als Rindergülle oder -mist. Zwischenfrüchte wurden nach Möglichkeit ausgesät.

Disteln waren von Anfang an auf den Versuchsflächen verbreitet. Um eine Zuspitzung der Distelvermehrung etwa in der zweiten Hälfte Versuchszeitraumes auszulösen, erfolgte nach 1999 kein Anbau mehr von Klee-gras zur Schnittnutzung.

Die Dichte der Acker-Kratzdisteln wurde durch Zählen jeweils aller Sprosse auf den einzelnen Versuchspartellen von 72 m<sup>2</sup> Größe ermittelt. Die Erfassungstermine selbst beeinflussten dabei die Daten für das entsprechende Jahr, so dass Zeitreihen nicht exakt vergleichbar sind.

In Roda begann erst im Herbst 1995 die ökologische Bewirtschaftung. Der Versuchsverlauf beinhaltet somit grundsätzlich auch einen dynamischen Zeitabschnitt für die Ertrags-, Boden- und Beikrautentwicklung durch die Umstellungsphase.



Abb. 2.2.2: Aufbau eines Pfluges, wie er im Versuch eingesetzt wurde. Die Lockerungswerkzeuge unterhalb der Pflugkörper können wahlweise montiert werden und wurden nicht in jedem Jahr verwendet.

Tab. 2.2.1: Abfolge der Versuchsfrüchte, ihr mittlerer Ernteertrag im Versuch sowie der Einsatz von organischem Düng

Jahr	Kultur	Ertrag dt/ha	Organische Düngung	Zwischenfrucht
1997	Sommerweizen	53,7	10 m <sup>3</sup> Rindergülle	-
1998	Sommergerste	36,4	-	(Kleegrassaussaat)
1999	Kleegras	131 (TM)	-	-
2000	Kartoffeln	249,1 (FM)	250 dt Rindermist	Phacelia
2001	Hafer	63,7	-	Phacelia
2002	Ackerbohne	39,9	-	Buchweizen/Phacelia
2003	Mais	117 (TM)	20 m <sup>3</sup> Rindergülle	-
2004	Kartoffeln	137,7 (FM)	20 m <sup>3</sup> Rindergülle	Phacelia
2005	Ackerbohne	19,7	-	Phacelia
2006	Sommergerste	25,5	-	-

## Ergebnisse und Diskussion

Die mittleren Ernteerträge in den Versuchsjahren gibt Tab. 2.2.1 wieder. Dabei ist die reine Abfolge von Sommerungen für das Gebiet untypisch und die Erträge werden stark durch die Witterung gesteuert. Die Art der Bodenbearbeitung war nur in einem Jahr signifikant mit den Ernteerträgen in Verbindung zubringen, woraus sich in dieser Hinsicht kein Hinweis für den optimalen Pflugeinsatz ableiten lässt.

Nach dem ersten Anbau einer Versuchskultur im Jahr 1997 trat gleich ein sehr hoher Befall mit Acker-Kratzdisteln mit einem Maximalwert von 350 Pflanzen in einer Parzelle in Erscheinung. Diese Extremwerte der Distelmengen verhinderten allerdings, dass zwischen den Varianten signifikante Unterschiede nachgewiesen werden konnten. Bei den später folgenden Zählungen der Jahre 2002 bis 2006 wurden nach der Frühjahrsfurche immer signifikant weniger Distelpflanzen gefunden, als nach der Variante mit tiefer Pflugfurche im Herbst (Tab. 2.2.2). Die flache Herbstfurche ordnete sich diesbezüglich zwischen den beiden anderen Ausführungen der Bodenlockerung ein. Weil keine Daten vor Anlage des Versuchs vorliegen, lassen sich diese Unterschiede nicht auf die Art der Bodenbearbeitung zurückführen. Bemerkenswert ist aber, dass sich die Frühjahrsfurche im Laufe der relativ langen Versuchszeit nie den Disteldichten der tiefen Herbstbodenbearbeitung annäherte, obwohl Disteln grundsätzlich in Lage sind große Areale über Wurzeläusläufer schnell zu besiedeln. Durch die Randomisierung der Versuchsanlage grenzen die verschiedenen Varianten unmittelbar an einander, wodurch das Besiedeln von Nachbarparzellen theoretisch schnell möglich war. Demnach hätte die gesamte Versuchsanlage nach ein oder zwei Jahren gleichmäßig mit Disteln durchwachsen sein können. Gleichzeitig trat aber auch keine deutlichere Differenzierung der Varianten gegeneinander im Laufe der Zeit ein. Hier könnte beispielweise der ständig herrschende Besiedlungsdruck aus Nachbarparzellen dämpfend gewirkt haben.

Für eine regulierende Wirkung der Pflugfurche gegen Disteln im Frühjahr spricht grundsätzlich, dass bei dieser Behandlung das Austreiben der Distelsprosse später erfolgte als nach dem Pflügen im Herbst. Vor allem milde Winter lassen nach Herbstfurchen eine umfangreiche Regeneration der Disteln bis zum Frühjahr erwarten.

Einflüsse von Beikrautvorkommen auf den Ertrag von Kulturpflanzen sind als kausaler Zusammenhang vielfach belegt. Im Versuch hatte das Distelvorkommen nur im Startjahr 1997 einen signifikanten negativen Einfluss auf die Ernteerträge von Sommerweizen. Ansonst schwanken die durchweg nicht signifikanten Werte sogar mit wechselnden Vorzeichen stark (Tab. 2.2.3). Soweit in den Versuchsjahren Zählungen an Disteln vorgenommen wurden, stellte sich zumindest kein wachsender Einfluss der Distelpopulationen auf die Ertragsbildung in allen Varianten dar. Bei der Bodenbearbeitung im Herbst ging bei beiden Arbeitstiefen der Einfluss der Distel auf den Ertrag zurück.



Tab. 2.2.2: Mittlere Anzahl Disteln in den Versuchspartellen. Die Ausgangssituation der Distelverbreitung in der Versuchsanlage ist unbekannt, so dass die Differenzen zwischen den Varianten nicht auf die Bodenbearbeitung zurückgeführt werden können.

Mittelwert Anzahl Disteln, n = 8	Bodenbearbeitung mit dem Pflug		
	Herbst, tief	Herbst, flach	Frühjahr, flach
1997, Sommerweizen, 12.11.	74 a*	58 a	28 a
1998 bis 2001 ohne Erhebungen zu Disteln			
2002, Ackerbohne, 28.06.	65 a	58 a	13 b
2003, Silomais, 24.09.	54 a	24 ab	12 b
2004, Kartoffeln, 25.07.	83 a	37 b	11 b
2005, Ackerbohne, 05.08	19 a	16 a	4 b
2006, Sommergerste, 18.07.	84 a	49 ab	23 b

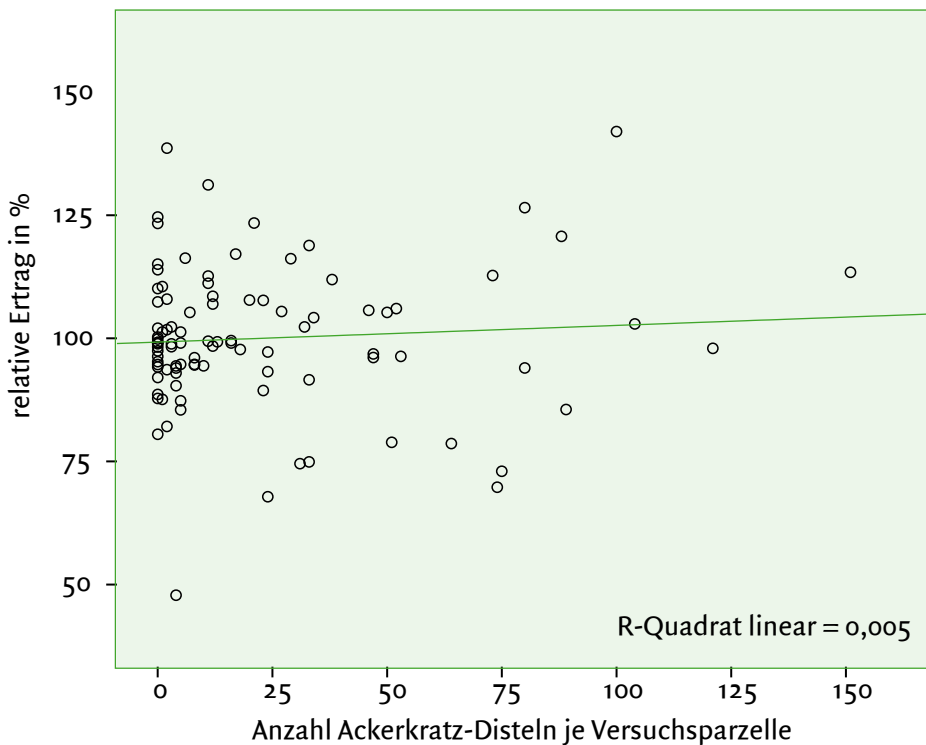
\* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Differenzen auf Ebene eines Jahres

Tab. 2.2.3: Zusammenhang von Kulturpflanzenerträgen und Anzahl der Distelsprosse je Versuchspartelle dargestellt anhand von Korrelationskoeffizienten nach Spearman (Alpha = 0,05). Negative Werte mit „\*“ deuten auf eine signifikante Ertragsminderung durch den Distelbefall hin. Alle anderen Ergebnisse sind nicht signifikant. Für die Jahre 1997 und 1998 wurde in den Berechnungen auf ein und dieselbe Distelzählung am 12.11.1997 zurückgegriffen. Die Koeffizienten können sich nur zwischen +1 und -1 bewegen.

Versuchsjahr	Herbst, tief	Herbst, flach	Frühjahr, flach
1997 (Weizen)	-0,500*	-0,762*	-0,262
1998 (Gerste)	-0,476	-0,288	-0,619
1998 bis 2001 ohne Erhebungen zu Disteln			
2002 (Ackerbohne)	0,300	-0,676	0,086
2003 (Mais)	-0,429	0,143	-0,036
2004 (Kartoffeln)	0,548	-0,405	0,0
2005 (Ackerbohne)	-0,220	0,333	-0,089
2006 (Gerste)	0,095	0,108	-0,405

Auch die Summe aller Beobachtungen der letzten Versuchsjahre von 2002 bis 2006 ließ keinen genereller Einfluss der Acker-Kratzdistel-Bestände auf die Ernteerträge der verschiedenen Kulturen erkennen (Abb. 2.2.3). Vielmehr entwickelten sich trotz andauerndem Distelbesatz auch visuell sehr zufriedenstellende Kulturen,

weil in allen Parzellen nur wenige Disteln die Bestandesobergrenzen bei Getreide oder Ackerbohnen durchbrachen und zur Blüte gelangten. Im Jahr 2006 wurden nur insgesamt 22 Disteln über dem Sommergerstenbestand gezählt. Die noch vorhandenen kürzeren Disteltriebe waren dünnstängelig und wurden in ihrer Summe als nicht relevant zum Beispiel für den Mähdrusch eingestuft. So traten auch nur 1997 und 1998 signifikante positive Korrelationskoeffizienten zwischen den Distelvorkommen und der Feuchte des gedroschenen Getreides auf. Das heißt, nur in diesen Fällen ist eine leichte Rückbefeuchtung des erntereifen Getreides durch größere Beimengungen an grünen Distelstängeln in der Dreschtrommel anzunehmen. In den beiden Anfangsjahren war die flache Herbstfurche davon betroffen und 1998 zusätzlich die Parzellen der Frühjahrsfurche. Bei der Herbstfurche konnte dieser Zusammenhang in keinem Jahr nachgewiesen werden.



**Abb. 2.2.3:** Einfluss der Dichte von Acker-Kratzdisteln in den Versuchsjahren 2002 bis 2006 in Roda auf Löss auf den Ertrag verschiedener Feldfrüchte, relativ zum Versuchsmittel der jeweiligen Jahre. Angegeben ist die lineare Ausgleichsgerade für die Einzelwerte mit Angabe des Bestimmtheitsmaßes R-Quadrat.

## Fazit

Die Distelpopulation auf der Versuchsfläche verringerte ihren Einfluss auf die landwirtschaftlichen Kulturen im Laufe von 10 Jahren, obwohl nur im ersten Drittel des Versuchszeitraumes lediglich einmal Klee gras zur Distelbekämpfung angebaut wurde.

Unterschiedliche Effekte der Bodenbearbeitungsarten im Herbst und Frühjahr auf die Ausbreitung von Disteln ließen sich in der Abfolge speziell von Sommerkulturen nicht feststellen. Allerdings stellte sich auch kein gleichmäßiger Distelbestand über den gesamten Versuch ein. So erhöhte sich der besonders niedrige Distelbefall der Variante mit Frühjahrsfurche auch nicht auf das Niveau der tiefen Pflugfurche im Herbst.

Die Disteln blieben im gesamten Versuchszeitraum bis zum Schluss etwa in einer Dichte auf der Fläche erhalten, so dass auch später kurzfristig unter förderlichen Bedingungen wieder Schäden durch diese ausdauernde Beikrautart auftreten könnten.

Der Versuch zeigt auch die hohen technischen Anforderungen, die an weiterführende Experimente zur Bekämpfung der Acker-Kratzdisteln zu stellen sind. Insbesondere an eine Separierung jeder einzelnen Versuchsparzelle von der Umgebung ist zu denken, um das Einwandern von Disteln über den Boden in den Versuch zu unterbinden.

HERR MARTIN HÄNSEL

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE  
GUSTAV-KÜHN-STR. 8, 04159 LEIPZIG

MARTIN.HAENSEL@SMUL.SACHSEN.DE  
WWW.LANDWIRTSCHAFT.SACHSEN.DE



## 2.3 Der Einsatz des Stoppelhobels zur Regulierung der Acker-Kratzdistel (*Cirsium arvense*) im viehlosen ökologischen Ackerbau

THORSTEN HAASE UND JÜRGEN HEß

UNIVERSITÄT KASSEL,  
FACHGEBIET ÖKOLOGISCHER LAND- UND PFLANZENBAU

### Einleitung

Im Ökologischen Landbau stellen ausdauernde Wurzelunkräuter wie die Acker-Kratzdistel (*Cirsium arvense*) ein erhebliches Problem dar, da sie nicht mit den in der konventionellen Landwirtschaft zur Verfügung stehenden chemischen Bekämpfungsstrategien reguliert werden können. Neben dem Anbau von konkurrenzstarken Kulturen, gilt der mehrjährige Feldfutterbau als eine mögliche Strategie, dem Problem einer zunehmenden Ausbreitung der Distel in Fruchtfolgen des Ökolandbaus zu begegnen. Auf viehlosen Betrieben, aber auch in marktfruchtbetonten Fruchtfolgen mit hohem Getreideanteil müssen alternative Wege der Regulierung der Acker-Kratzdistel gefunden werden.

### Forschungsbericht

Im vorliegenden Feldversuch sollten folgende Fragestellungen beantwortet werden: Hat mehrmalige (3x), sukzessiv tiefer gehende (4, 6-8, 10 cm), in ca. zweiwöchigen Intervallen durchgeführte Stoppelbearbeitung mit dem Schälpflug („Stoppelhobel“) einen höheren Wirkungsgrad hinsichtlich der Regulierung der Acker-Kratzdistel als konventionelle Stoppelbearbeitung mit Flügelscharrgrubber (2x) und anschließende tief wendende Grundbodenbearbeitung („Praxisüblich“) mit dem Pflug? Welche Auswirkungen haben beide Verfahren auf den Ertrag der Kulturpflanzen?

Der Versuch wurde für vier Jahre (7/2007 – 7/2011) konzipiert. Im Vergleich zu früheren Studien (Lukashyk et al. 2008; Gruber und Claupein, 2009) simuliert der Versuchsansatz ein reduziertes Bodenbearbeitungssystem ohne jegliche Grundbodenbearbeitung mit einem tief wendenden Pflug. Im Juli 2007 wurde nach Drusch der Vorfrucht Sommergerste auf einer Praxisfläche (Bodenart: Ut4 bzw. Tu4) der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen (650 mm; 8,5 °C), dem Lehr-

und Versuchsbetrieb der Universität Kassel ein einfaktorieller Feldversuch als randomisierte Blockanlage mit vier Feldwiederholungen angelegt. Die Parzellen waren 15 x 80 m (Stoppelhobel und Praxisüblich) bzw. 12 x 80 m (Luzernegras) groß. In einer bewusst druschfruchtbetonten Fruchtfolge (So-Gerste-Wi-Weizen-Triticale-Wi-Erbse/Triticale) wurden folgende Bodenbearbeitungsvarianten verglichen:

- Variante „Stoppelhobel“: nach Drusch der jeweiligen Marktfrucht wird gänzlich auf tief wendende Bodenbearbeitung verzichtet und nur max. 10 cm tief mit dem Stoppelhobel gearbeitet;
- Variante „Praxisüblich“: nach Drusch 2-malige Stoppelbearbeitung mit Flügelschargrubber und anschließenden Pflugeinsatz (25 cm tief).

Die Kontrolle stellt ein dreijähriger Luzernegrasanbau (2-3-mal gemäht und Aufwuchs abgefahren; Aussaat im Frühjahr 2008) dar. Vor der Ertragsenerhebung der Druschfrüchte Winterweizen und Triticale (Ertrag, TKM) wurden in den Beständen die Fläche der Distelnester und die Bestandesdichte repräsentativer Distelflächen mittels GPS bzw. Auszählen aufgenommen. Der Versuch wird im Sommer 2011 mit einer erneuten Erhebung des Ertrages der angebauten Kultur (Triticale) sowie der Fläche und Bestandesdichte der Distel abgeschlossen.

Tab. 2.3. 1 zeigt den Versuchsaufbau und die durchgeführten Maßnahmen in den ersten drei Versuchsjahren.

## Ergebnisse

Das Bodenbearbeitungsverfahren hatte nur in einem (2008) der drei Jahre einen statistisch abgesicherten Einfluss auf den Kornertrag. Das praxisübliche Verfahren mit zweimaliger Stoppelbearbeitung und folgender Grundbodenbearbeitung mittels Pflug erzielte jedoch auch in den beiden anderen Versuchsjahren (2009 und 2010) die (nicht signifikant) höheren Erträge als die Variante Stoppelhobel (Tab. 2.3.2 Kornertrag). Der Ertragsunterschied ließ sich nicht auf Unterschiede im Tausendkorngewicht zurückführen (Tab. 2.3.2 TKM). Die hohe Konkurrenzkraft der Triticale (cv. Benetto) mag ein Grund dafür sein, dass in den Jahren 2009 und 2010 jeweils eine geringere Bestandesdichte der Ackerkratzdisteltriebe im Vergleich zur Erhebung im Vorjahr (Tab. 2.3.2 Distel) gemessen wurde.

Mit keinem der beiden geprüften Ansätze ließ sich die Ausbreitung der Acker-Kratzdistel verhindern, wobei die relative Zunahme der Distelnesterfläche von 2007 auf 2008 nach 3x Stoppelhobel höher war als nach Grubber-Grubber-Pflug, während von 2008 auf 2009 das umgekehrte Phänomen zu beobachten war. (Tab. 2.3.2 Distelnesterfläche). Innerhalb der Jahre unterschied sich die Bestandesdichte der Distel nicht zwischen den beiden Verfahren, während die Reduktion gegenüber dem Vorjahr in der Variante Stoppelhobel stärker war als im praxisüblichen Verfahren. Die Distel scheint ihre flächige Ausbreitung durch eine Reduzierung der Triebdichte kompensiert zu haben.

Tab. 2.3.1: Versuchsaufbau und -durchführung in den Jahren 2007 bis 2010 (Frankenhausen)

	Strategie 1 Praxisüblich	Strategie 2 Stoppelhobel	Strategie 3 Luzernegras
Juli 2007	vor Drusch der Vorfrucht Sommergerste: GPS-Vermessung der Distelnester		
30.08.2007	Grubber (1.)	Stoppelhobel (1.)	Grubber + Pflug
17.09.2007	Grubber (2.)	Stoppelhobel (2.)+KE	
15.10.2007	Pflug	Stoppelhobel (3.)	
20.10.2007	Saatbett (KE*) und Aussaat Winterweizen		
27.04.2008	Aussaat		
Juli 2008	GPS-Vermessung der Distelnester + Erhebung geo-referenzierter Disteltriebe /m <sup>2</sup> ; Drusch		Schröpschnitt + zwei Schnitte Luzer- negras
11.08.2008	Grubber (1.)	Stoppelhobel (1.)+KE	
28.08.2008	Grubber (2.)	Stoppelhobel (2.)	
21.09.2008	Pflug	Stoppelhobel (3.)	
15.10.2008	Saatbett (KE) und Aussaat Triticale		
Juli 2009	GPS-Vermessung der Distelnester + Erhebung geo-referenzierter Disteltriebe / m <sup>2</sup> ; Drusch		drei Schnitte Luzer- negras
10.08.2009	Grubber (1.)	Stoppelhobel (1.)+KE	
28.08.2009	Grubber (2.)	Stoppelhobel (2.)	
21.09.2009	Pflug	Stoppelhobel (3.)	
30.09.2009	Saatbett (KE) und Aussaat Wintererbse- Triticale-Gemenge (55 / 130 kf. Kö./m <sup>2</sup> )		
bis Aug. 2010	Drusch des Wintererbse-Triticale-Gemenges		
Sep. 2010	Erhebung geo-referenzierter Disteltriebe/m <sup>2</sup>		Pflugeinsatz

\*KE=Kreiselegge

Der Anbau des Wintererbsen-Triticale-Gemenges (cv. EFB 33 und cv. Benetto) im Anbaujahr 2009/10 bewirkte eine zunächst völlige Unterdrückung der Acker-Kratzdistel im Kulturpflanzenbestand. Aufgrund des sehr dichten Gemengebestandes konnte im Sommer 2010 vor Drusch kein Einmessen der Distelnester mit-

tels GPS erfolgen. Drei Wochen nach erfolgtem Drusch wurde 2010 die Dichte der Disteltriebe in den mit GPS eingemessenen Referenzflächen (6-8 x 1 m<sup>2</sup> / Parzelle) erhoben (Tab. 2.3.2 Distel).

Seit 2008 (40 kg N/ha durch Gülle) war im Versuch bewusst auf jegliche Rückführung von Nährstoffen durch Wirtschaftsdünger verzichtet worden, um günstige Bedingungen für die Acker-Kratzdistel zu schaffen. Das vermutlich geringe Niveau an verfügbarem Stickstoff mag der Grund dafür gewesen sein, dass in 2010 im gedroschenen Gemenge mit Triticale der Anteil der Wintererbse sehr hoch bei den geprüften Varianten Stoppelhobel bzw. Praxisüblich (74 bzw. 71%) ausfiel.

**Tab. 2.3.2: Ertrag, Tausendkornmasse (TKM) der Druschfrüchte und die Entwicklung der Acker-Kratzdistel in den Versuchsjahren 2008 bis 2010**

	Winterweizen				Triticale				Wintererbse-			
	2008		2009		2009		2010		Triticale 2010		Triticale 2010	
	Stoppel-	Praxis-	Stoppel-	Praxis-	Stoppel-	Praxis-	Stoppel-	Praxis-	Stoppel-	Praxis-	Stoppel-	Praxis-
	hobel	üblich	hobel	üblich	hobel	üblich	hobel	üblich	hobel	üblich	hobel	üblich
Kornertrag [dt ha <sup>-1</sup> ]	34,8	b	42,3	a	32,5	ns	35,4		6,7	ns	29,0	
									9,4	ns	11,6	
TKM [g]	47,8	ns	49,4		43,5	ns	43,4		104,9	ns	103,8	
									32,5	ns	31,1	
Distel [Triebe m <sup>-2</sup> ]	49,7	ns	53,0		33,5	ns	34,1		18,7	ns	27,0	
rel. Zunahme der Distelnesterfläche [%]	+207		+53		+71		+126		n.e.		n.e.	

n.e. = nicht erhoben; d) dargestellt ist die Zunahme der Fläche gegenüber dem jeweiligen Vorjahr

Während der beiden ersten Feldfutterbaujahre (2008 und 2009) wurden in dem sehr dichten Luzerne-Gras (Ansaat: 80 % Luzerne; 20% Gras) überhaupt keine Disteltriebe beobachtet, im dritten Jahr (2010) zeigte sich eine zunehmende Vergrasung der Luzerne und ein insgesamt lückigerer Bestand. Der im Wirtschaftsjahr 2010/11 in allen Parzellen (Stoppelhobel; Praxisüblich; Luzernegras) folgende Anbau von Triticale soll einen abschließenden Vergleich der Wirksamkeit der zwei geprüften Verfahren der Bodenbearbeitung hinsichtlich der Distelkontrolle gegenüber einem mehrjährigen Feldfutterbau ermöglichen.





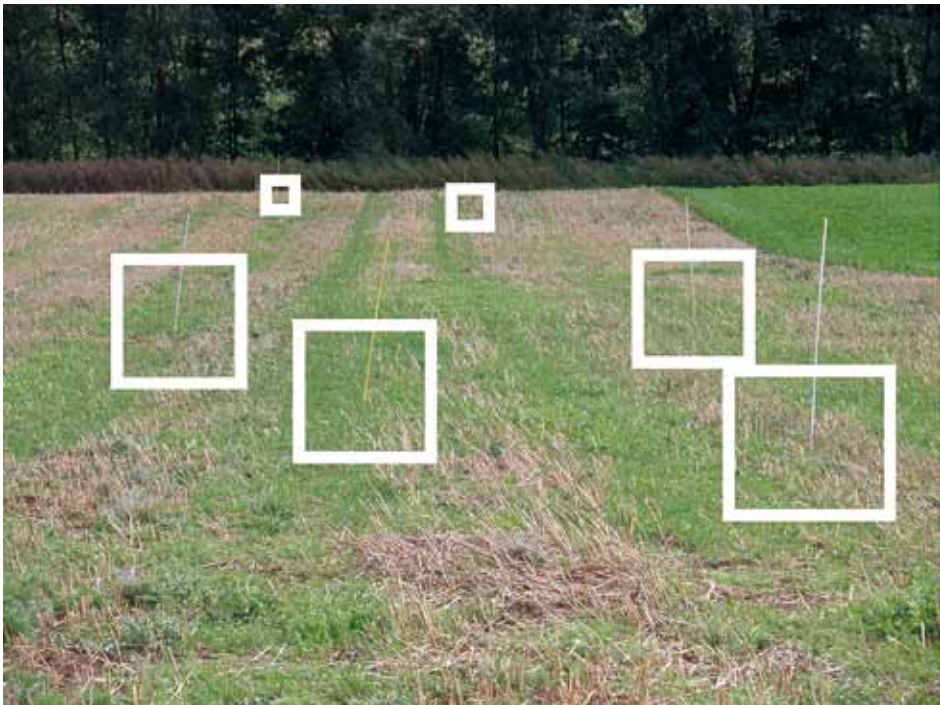
**Abb. 2.3.1: Fünf-Schar-Stoppelhobel der Firma Zobel beim Probe-Einsatz vor Versuchsbeginn (Techniker: M. Otto und E. Kölsch)**



**Abb. 2.3.2: Parzellen der Bodenbearbeitungsvarianten: links: Praxisüblich, rechts: Stoppelhobel, am Bildrand jeweils Luzernegras (26.08.2009)**



**Abb. 2.3.3: Ausgangssituation: Stark mit Acker-Kratzdisteln durchsetzter Sommergerstenschlag (Frankenhausen, Juli 2007)**



**Abb. 2.3.4: Wiederauffinden geo-referenzierter vorjähriger Referenzflächen (weiße Quadrate) mittels GPS zur Zählung der Disteltriebe /m<sup>2</sup>**

**Vorläufiges Fazit:**

Nach drei Versuchsjahren lässt sich feststellen, dass auf mittlerem Boden (hier: toniger Schluff) unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus der Stoppelhobel eine tendenziell geringere Ertragserwartung beim Anbau von Druschfrüchten (hier: Winterweizen, Triticale; Körnerleguminosen/Getreide-Gemenge) aufweist. Die Ergebnisse belegen eindrucksvoll, dass man – innerhalb einer einseitigen, druschfruchtbetonten Fruchtfolge - der vegetativen Ausbreitung der Acker-Kratzdistel (Nesterbildung) durch Bodenbearbeitung überhaupt nicht Herr werden kann. Die Erfahrungen aus dem dritten Versuchsjahr 2009/10 (Wintererbsen/Triticale-Gemenges) deuten gleichwohl darauf hin, dass konkurrenzstarke Mischfrucht-Bestände die Acker-Kratzdistel stark konkurrenzieren können und dadurch in ihrer Ertragswirksamkeit vermutlich stark beeinträchtigen.

**Literatur**

- Gruber, S., Claupein, W. (2009): Effect of tillage intensity on weed infestation in organic farming. *Soil Till Res* 105:104-111.
- Lukashyk, P., Berg, M., Köpke, U. (2008): Strategies to control Canada thistle (*Cirsium arvense*) under organic farming conditions. *Renew Agric Food Syst* 23(1):13-18.

HERR DR. THORSTEN HAASE UND HERR PROF. DR. JÜRGEN HEß

UNIVERSITÄT KASSEL  
FACHBEREICH ÖKOLOGISCHE AGRARWISSENSCHAFTEN  
FACHGEBIET ÖKOLOGISCHER LAND- UND PFLANZENBAU  
NORDBAHNHOFSTR. 1A, 37213 WITZENHAUSEN

THAASE@WIZ.UNI-KASSEL.DE  
JH@UNI-KASSEL.DE  
WWW.AGRAR.UNI-KASSEL.DE/FOEL



## 2.4 Beikrautmanagement ohne Pflug - Erfahrungen aus der Praxis

BIRGIT WILHELM

UNIVERSITÄT KASSEL, FACHGEBIET AGRARTECHNIK

Im Rahmen eines Forschungsprojekts zur konservierende Bodenbearbeitung im Ökolandbau sind die Erfahrungen von drei Landwirten, die seit mehr als zehn Jahren ihre Böden ohne Pflug bearbeiten, untersucht worden. Ziel war es das Expertenwissen, das sich über Jahre entwickelt hat, systematisch zu erfassen (Kaufmann B. A., 2008), um die Zusammenhänge in diesen Bodenbearbeitungssystemen zu verstehen und den Erfolg dieser Experten nachvollziehbar zu machen (Baars T., 2010).

### Drei Bauern – drei Bodenbearbeitungsgeräte

Bei der Auswahl der Bauern, war die langjährige Erfahrung mit der konservierenden Bodenbearbeitung im Ökolandbau das Hauptkriterium. So wurde sichergestellt, dass sich das System der Bearbeitung über mindestens zwei Fruchtfolgeperioden im Betrieb erfolgreich etabliert hat. Nach wie vor ist die Anzahl an Landwirten in Deutschland, die über zehn Jahre konservierende Bodenbearbeitung im Ökolandbau betreiben sehr begrenzt. Die ausgewählten, drei Betriebe haben unterschiedliche Betriebsschwerpunkte und arbeiten mit unterschiedlichen Bearbeitungsgeräten<sup>2</sup>. Der erste Betrieb arbeitet mit Kreiselgrubber und Fräse, der zweite mit einem Stoppelhobel und der dritte Betrieb mit einem Dyna Drive und Gänsefußschargrubber.

### Sehr flache Bearbeitung

Obwohl alle drei Bauern mit verschiedenen Bearbeitungsgeräten arbeiten, hat sich die Bearbeitungstiefe unabhängig voneinander auf einem ähnlichen Niveau eingependelt. Alle drei arbeiten heute „so flach wie möglich“, dies bedeutet nicht tiefer als 10 cm. Dabei wird diese flache Bodenbearbeitung als Impulsgeber bezeichnet. Die „eigentliche“ Bearbeitung erfolgt durch das Bodenleben, das durch

---

<sup>2</sup> Detaillierte Betriebsbeschreibungen und Fruchtfolgen finden sich in der Dissertation: <http://org-prints.org/18006/>

eine flache Bearbeitung am wenigsten in seiner Aktivität beeinträchtigt wird. Eine Voraussetzung für die flache Bearbeitung ist das Vermeiden von jeglicher Bodenverdichtung. Alle drei Bauern sehen keine Probleme mit Beikräutern auf ihren Feldern. Besonders hervorzuheben ist hierbei, dass zwei der Betriebe Saatgutvermehrung betreiben. Ein hoher Beikrautdruck würde deutliche Ertragseinbußen durch höhere Reinigungskosten und auch die Gefahr der Aberkennung nach sich ziehen. Auf allen Betrieben wird eine Vielzahl von indirekten Maßnahmen zur Beikrautregulierung durchgeführt, auf die hier nicht im Einzelnen eingegangen wird. Die direkte Beikrautregulierung erfolgt bei allen drei Bauern (B1, B2 und B3) gezielt und konsequent durch eine flache, mehrmalige Bodenbearbeitung vor der Aussaat und wird im Folgenden näher beschrieben. Nur ein Betrieb (B3) führt zusätzlich eine direkte Beikrautregulierung mit dem Striegel durch.

### **Betrieb (B1): Fräse und Kreiselgrubber**



**Abb. 2.4.1: Betrieb 1 arbeitet mit Kreiselgrubber und Fräse (nicht abgebildet) auf max. 6 cm Tiefe**

Das Ausfallgetreide und die auflaufenden Beikräuter werden nach der Ernte des Sommergetreides im „falschen Saatbett“ mechanisch reguliert. Dabei wird nach der Strohbergung sofort mit der Bodenbearbeitung begonnen, um genügend Zeit für die Beikrautregulierung vor der Wintergetreideaussaat zu haben. Eine frühe Aussaat des Wintergetreides (Weizen) ist erwünscht, um bereits im

Herbst einen starken Aufwuchs zu etablieren. So hat der Weizen im Frühjahr eine bessere Durchsetzungskraft gegenüber den dann keimenden Beikrautsamen. Mit der ersten Bodenbearbeitung werden das Ausfallgetreide und die im Oberboden vorhandenen Beikrautsamen zum Keimen angeregt. Nach einer Woche werden mit der zweiten Bodenbearbeitung diese Keimlinge zerstört. Besonders erfolgreich gelingt dies bei sehr trockenen Bodenverhältnissen. Wenn bereits nach der ersten Bearbeitung ein intensiver Aufwuchs von Beikraut und Ausfallgetreide beobachtet wird, erfolgt nach der zweiten Bearbeitung noch eine dritte Bodenbearbeitung, um möglichst viel Ausfallgetreide und Beikraut vor der Aussaat zu erreichen. Dabei werden mit der zweiten Bearbeitung einerseits die Keimlinge zerstört und andererseits noch vorhandene Samen zur Keimung angeregt. Die Aussaat erfolgt zwei bzw. drei Tage nach der letzten Bodenbearbeitung. Im Vorlauf der Sämaschine läuft ein Striegel, der das in dieser Zeit gekeimte Beikraut noch einmal bearbeitet.

### **Betrieb (B2) Stoppelhobel**



**Abb. 2.4.2: Betrieb 2 setzt zur Bodenbearbeitung einen Stoppelhobel ein**

Nach der Ernte erfolgt eine sofortige Bodenbearbeitung mit dem Stoppelhobel. Bei distelfreien Feldern wird bereits nach der ersten Bearbeitung eine Alexandriner-Perserklee-Mischung als Zwischenfrucht gesät. Auf die unmittelbare Aussaat der Zwischenfrucht wird verzichtet, wenn sich bereits bei der Ernte Wurzelunkräu-

ter zeigen. Dann folgt erst eine mehrmalige flache Bodenbearbeitung mit dem Stoppelhobel, um die Acker-Kratzdistel zu bekämpfen. Wichtig dabei ist, dass der Boden eine gute Bodengare aufweist (Abb. 2.4.3). Sind nach der ersten Bodenbearbeitung noch größere, kantige Erdklumpen auf den Flächen sichtbar, folgt sofort nach dem Stoppelhobel noch ein weiterer Bearbeitungsgang mit der Kreiselegge (ca. 4 cm tief). Dann wird der Auflauf der Beikräuter auf der Fläche genau beobachtet.



**Abb. 2.4.3: Gewünschte Bodengare nach der Bearbeitung**

Disteltriebe zeigen sich sehr früh nach der Bearbeitung (ca. 8 Tage). Für eine Regulierung der Distelaufkommen sollen die Triebe bis in eine Höhe von ca. 10 cm wachsen und eine deutliche Rosette entwickelt haben. Dies dauert je nach Witterung etwa 2-3 Wochen. Jetzt erfolgt die zweite Bearbeitung mit dem Stoppelhobel. In diesem Stadium wird die Pflanze durch Bearbeitung besonders stark beeinträchtigt und kann sich nicht so schnell wieder erholen. Im Anschluss wird sofort eine Zwischenfrucht Alexandriner- Perserklee gesät oder bereits die Winter-  
saat (Dinkel, Roggen), um einen zusätzlich Konkurrenzdruck der Kulturpflanzen gegenüber der bereits beeinträchtigten Distel aufzubauen.



## Betrieb (B<sub>3</sub>): Dyna Drive und Gänsefußschargrubber



Abb. 2.4. 4: Betrieb 3 arbeitet mit einem dreibalkigen Gänsefußschargrubber

Die Stoppelbearbeitung erfolgt sofort nach der Ernte. Wenn eine Bearbeitung der abgeernteten Flächen am selben Tag nicht möglich ist, dann wird die Ernte um einen weiteren Tag verschoben. Es ist sehr wichtig, dass der Bodenumsatz sofort beginnen kann. Die Kapillarität muss gebrochen werden, damit das Wasser im Boden bleibt und die Bodenprozesse starten können. Dieser Prozess dauert etwa 10 bis 14 Tage. Für die Stoppelbearbeitung setzt B<sub>3</sub> am liebsten den Dyna Drive ein (Abb. 2.4.5). Die maximale Bearbeitungstiefe des Dyna Drive liegt bei etwa 4 cm. Somit ist er nur einsetzbar, wenn der Boden durch Trockenheit nicht zu hart ist und wenn der Mähdrescher bei der Ernte keine tiefen Spuren hinterlassen hat. In diesen Fällen erfolgt die Stoppelbearbeitung mit dem Gänsefußschargrubber, so flach wie möglich.



**Abb. 2.4 5:** Der Dyna Drive ist ein Boden angetriebenes Gerät, das den Boden sehr flach (1-2 cm) bearbeiten kann

Nur vor der Aussaat der Zwischenfrucht wird die Bearbeitung sofort nach der Ernte generell mit dem Gänsefußschargrubber (6-7 cm) durchgeführt. In der Regel ist hier nur ein Bearbeitungsgang erforderlich und so wird etwas mehr Boden eingemischt. Nach zehn Tagen Bodenruhe beginnen die Bodenumsetzungsprozesse. Im Idealfall beobachtet B<sub>3</sub> auf der bearbeiteten Fläche einen Bewuchs mit „grünen Algen“. Dann ist der richtige Zeitpunkt, um die Zwischenfrucht zu säen. Hierbei wird dann ein Schneckenkornsäegerät für die Breitsaat verwendet. Wenn die Bodenumsetzung nicht zufrieden stellend verlaufen ist, wird die Zwischenfrucht mit der Säkombination ausgesät. So wird der Boden noch einmal mit einem in der Kombination integrierten Rototriller bearbeitet.

## **Fazit**

Die aktive Beikrautregulierung erfolgt bei allen drei Bauern gezielt und konsequent durch eine flache, mehrmalige Bodenbearbeitung vor der Aussaat. Wobei die Bodenbearbeitung bei allen unmittelbar nach der Ernte beginnt. Diese Maßnahme wird von weiteren indirekten Maßnahmen, wie Fruchtfolge, Bodenbedeckung, Berücksichtigung von Bodenverhältnissen etc. unterstützt. Die Stärke des Beikrautmanagements liegt dabei in der Kombination der verschiedenen Maßnahmen, die so abgestimmt werden, dass sie sich in ihrer Wirkung nicht behindern.

## Literatur

- Baars, T. 2010. *Experiential Science; Towards an Integration of Implicit and Reflected Practitioner-Expert Knowledge in the Scientific Development of Organic Farming*. J. Agric. Environ. Ethics, DOI 10.1007/s10806-010-9281-3
- Kaufmann B. A. 2008. *Cybernetic Analysis of Socio-biological Systems. The Case of livestock Management in resource-Poor Enviroments*. Weikersheim : Margraf Publishers GmbH, 2008
- Wilhelm, B. 2010. *Konservierende Bodenbearbeitung im Ökolandbau – Analyse einer Verfahrenstechnik im Kontext der Bodenfruchtbarkeit*, VDI Schriftenreihe Forschungsbericht Agrartechnik (VDI-MEG) 493, Dissertation: <http://orgprints.org/18006/>

FRAU DR. BIRGIT WILHELM

UNIVERSITÄT KASSEL

FACHBEREICH ÖKOLOGISCHE AGRARWISSENSCHAFTEN  
FACHGEBIET AGRARTECHNIK  
NORDBAHNHOFSTR. 1A, 37213 WITZENHAUSEN

BIRGIT.WILHELM@UNI-KASSEL.DE  
WWW.UNI-KASSEL.DE/AGRAR/AGT



## 2.5 Die Unkrautkur – ein wesentliches Instrument in der Beikrautregulierung im Gemüsebau

ANETTE BRAUN

BERATUNGSDIENST ÖKOLOGISCHER GEMÜSEBAU

Die Beikrautregulierung in der gepflanzten und erst recht in der direkt gesäten Gemüsekultur gestaltet sich dann am leichtesten, wenn man von vornherein möglichst wenig Beikraut hat. Schon lange bekannt und immer wieder empfohlen wird daher das Prinzip, durch flächiges Bearbeiten vor der Saat bzw. dem Pflanzen der Kultur das Beikrautpotential zu verringern. Wichtig für das Gelingen des Beikrautvorlaufs - auch „falsches Saatbett“ genannt – ist ein strategisches Vorgehen und das richtige Gerät für die Bodenbearbeitung.

### Strategie des Unkrautvorlaufs

Für den Unkrautvorlauf soll die Fläche mindestens **zwei, optimalerweise vier bis sechs Wochen** vor der Bestellung bearbeitet sein.

Ist das Saat- bzw. Pflanzbeet fertig hergerichtet, sollen zuerst die Beikräuter keimen. Dafür benötigen sie **genügend Feuchtigkeit** und eine **ausreichend feine Bodenstruktur**. Einige Gärtner bewässern bei Trockenheit sogar die Beete, um das Unkraut zum Keimen zu bringen.

Ab jetzt wird nur noch **die oberste Bodenschicht**, optimalerweise 2-3 cm flach **bearbeitet**, damit keine neuen Beikrautsamen aus tieferen Schichten wieder nach oben gebracht werden. Auf den meisten langjährigen Ökoflächen ist der Beikrautdruck mit den Jahren angestiegen, so dass wir in der Regel immer mit einem hohen Besatz an Beikrautsamen im gesamten Bearbeitungshorizont rechnen können!

Im Sommer ist bei vorhandener Bodenfeuchte oft schon nach einer Woche genügend Beikraut aufgelaufen, dass sich ein Bearbeitungsgang lohnt. Die Beikräuter sollten dabei im Keimblatt- bis Zweiblattstadium sein, so dass sie durch die flache Bearbeitung sicher absterben. Dieser Vorgang wird zwei- bis dreimal wiederholt, um einen höchst möglichen Regulierungseffekt zu erzielen. Vor allem bei hohem Potential an Samenbeikräutern im Boden kann aber schon mit einem gut gemachten Bearbeitungsgang (möglichst flache und gründliche Bearbeitung des ganzen Beets, bei trockenen und sonnigen Wetter) der Beikrautbesatz mindestens um die Hälfte reduziert werden. Nach dem letzten Bearbeitungsgang sollte je nach Witterung mindestens einige Stunden Zeit bleiben, damit das Beikraut zuerst vertrocknet und nicht von den Andruckrollen der Pflanz- oder Sämaschine unterstützt wieder anwachsen kann.

## Geräte für die Unkrautkur im Beetanbau

Welche Geräte sind dafür geeignet? Ziel ist es, das gesamte Beet nur 2-3 cm tief, dabei aber gleichmäßig und gründlich zu bearbeiten. Mit handelsüblichen Kultiegegen, Netzeggen oder Striegeln kann zwar grundsätzlich eine oberflächliche Bodenbearbeitung durchgeführt werden, aber dabei wird der Boden nicht flächig unterschritten, so dass für eine gründliche Bearbeitung der Boden deutlich tiefer bewegt werden muss, wobei aber wieder neue Unkrautsamen von unten hochgeholt werden. Die verwendeten Schare sollen **keinen** (oder minimalen) **Anstellwinkel** haben, möglichst **flach** arbeiten und **wenig häufeln**, was sonst zu einer unruhigen Beetoberfläche mit Furchen führen und wiederum tieferes Arbeiten nötig machen würde. Die **Scharhalterung** sollte **starr** sein, da Vibrohalterungen naturgemäß federn und so keine präzise Tiefenführung ermöglichen. Günstig ist eine breite Überlappung der Schare um die gesamte Beetbreite wirklich zu erfassen.

Ein im Handel erhältliches Gerät von Steketee (Abb. 2.5.1) ist mit Gänsefußscharen (leicht häufelnd) an Vibrohalterungen (ungenau Tiefenführung) ausgestattet. Beides führt dazu, dass man mit diesem Gerät tiefer arbeiten muss, als es für einen Unkrautvorlauf sinnvoll ist. Günstig dagegen ist die Höhenführung durch Stabwalzen vorne und hinten, was eine exakte Höhenführung auf dem Beet gewährleistet. Ein ähnliches Gerät wurde auch von der Fa. Kress angeboten.

Die folgenden Geräte sind im Eigenbau entwickelt worden und repräsentieren eine Vielzahl von betriebseigenen Lösungen:

Ein „Unterschneidemesser“, das im Zwischenachsanbau eingesetzt über die ge-



Abb. 2.5.1: Im Handel erhältliches Gerät von Steketee (Foto: G.Eisenkolb)

samte Beetbreite arbeitet. (Abb. 2.5.2 und Abb. 2.5.3) Ergänzt wird es durch eine angehängte Doppelschlepe aus U-Stahl zum Krustenbrechen und Krümeln. Die Höhenführung wird hier manuell über die Hydraulik nachgeregelt, um im hängigen Gelände genauer arbeiten zu können.



Abb. 2.5.2: Unterschneidemesser: das eigentliche Messer (s. Pfeil) ursprünglich aus Federstahl, jetzt aus Kostengründen handelsüblicher Baustahl. Eine Möglichkeit, wäre, Schleifschienen für Frontladerschaufeln, die als Meterware erhältlich sind, zu verwenden. (Foto: A. Müller)

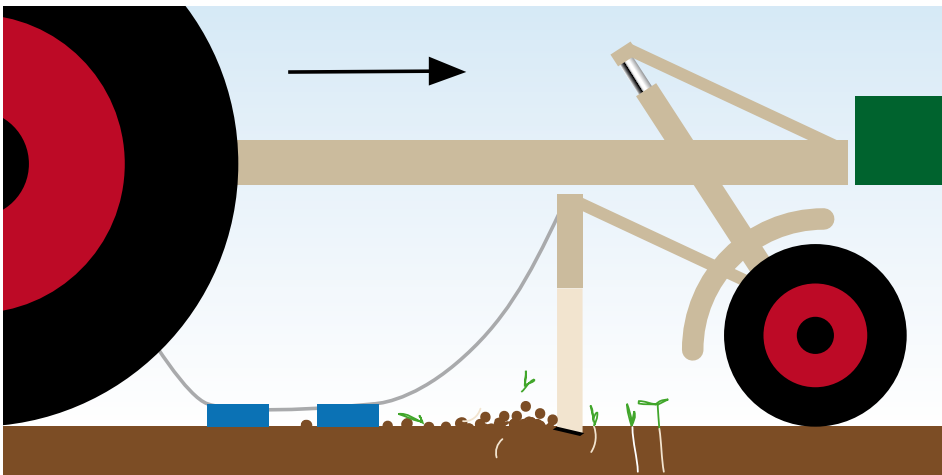


Abb. 2.5.3: Mit dem „Unterschneidemesser“ im Zwischenachsanbau wird der Boden in einer Arbeitstiefe von 2-3 cm bearbeitet, die gekeimten Beikräuter werden mit dem Messer durchtrennt. Die angehängte Doppelschlepe aus U-Stahl bricht evtl. vorhandene Bodenkrusten und krümelnd die Bodenoberfläche



**Abb. 2.5.4:** Umgebaut aus einer Güttler- Kulti-Egge. Höhenführung über die nachlaufende Walze und Oberlenker, das Parallelogramm (s. Pfeil) unterstützt die gleichmäßige Höhenführung bei Unebenheiten



**Abb. 2.5.5:** Exakte Höhenführung auf dem Beet durch zwei Farmflexräder vorne und die Krümelwalze hinten (Foto: G. Eisenkolb)



Aus einer Güttler-Kulti-Egge wurde das nächste Gerät gebaut (Abb. 2.5.4). In der ursprünglichen Arbeitsbreite 2 m sind diese Geräte kaum noch im Einsatz und daher gebraucht günstig zu bekommen. Durch flache Schare ohne Anstellwinkel in einer festen Halterung, die zudem breit überlappen, wird hier ein flaches, gleichmäßiges Unterschneiden im Beet erreicht. Zur seitlichen Führung des Erdstroms im Beet sind zwei seitliche Bleche angebracht, die das Abrutschen der Erde in die Fahrspuren verhindern. Über Gummipuffer sind diese schwingend gelagert, wodurch sie weitgehend verstopfungsfrei arbeiten.

Der nächste Eigenbau ist mit flach arbeitenden Klingenmessern ausgestattet (Abb. 2.5.5). Eine exakte Höhenführung auf dem Beet ist gewährleistet durch zwei Farmflexräder vorne und die Krümelwalze hinten und die in Längs- und Querrichtung pendelnde Aufhängung.

Die gezeigten Geräte sollen als Anregung dienen.

FRAU ANETTE BRAUN  
BERATUNGSDIENST ÖKOLOGISCHER GEMÜSEBAU  
AUF DEM WASEN 9, 71640 LUDWIGSBURG

ABRAUN@BIO-BERATUNG.DE



## 2.6 Mechanische Regulierung der Sumpfkresse im Gemüsebau

RENÉ TOTAL

FORSCHUNGSANSTALT AGROSCOPE CHANGINS-WÄDENSWIL ACW

Die Wilde Sumpfkresse (*Rorippa sylvestris*) aus der Familie der Kreuzblütengewächse ist schon lange als Beikraut bekannt. Sie kommt in ganz Europa, Nordafrika sowie Klein- und Westasien vor. Es wird vermutet, dass sie über Torfsubstrate in gärtnerische Bereiche eingeschleppt worden ist. Die Sumpfkresse wurde bislang als eher harmloses Beikraut (Abb. 2.6.1) angesehen. Begrenzten Befallsherden auf den Feldern wird nach wie vor zu wenig Beachtung geschenkt. Die intensive Bodenbearbeitung, der überbetriebliche Einsatz von Maschinen, wie auch der Flächenabtausch und Zupachten fördern die Verbreitung der Sumpfkresse.



Abb. 2.6. 1: Problemunkräuter in Dauerkulturen sind gerade im Bioanbau schwierig zu bekämpfen!

### Problem Wurzelunkraut

Die Hauptvermehrung der Sumpfkresse erfolgt über die Wurzelaufläufer. Problematisch ist vor allem, dass Wurzeln, die mit rotierenden Bodenbearbeitungsgerä-

ten zerstückelt werden, aus jedem kleinen Stück wieder austreiben! Werden Maschinen nach dem Einsatz in einem verseuchten Feld nicht konsequent gereinigt, so können über kleine Wurzelstücke, die an den Geräten haften bleiben, neue Felder verseucht werden.

Die Vermehrung und Verbreitung erfolgt aber auch über Samen, die schwimmfähig sind und daher bei Starkregen von Nachbarfeldern eingeschwemmt werden können.

## **Mechanische Bekämpfung**

Im Bioanbau ist die direkte Bekämpfung der Sumpfkresse eher schwierig.

In befallenen Flächen sollte möglichst wenig mit rotierenden Werkzeugen wie Boden- oder Reihenfräse gearbeitet werden, da durch die Zerstückelung der Wurzeln neue Einzelpflanzen entstehen.

In einem Praxisversuch wurden von April bis September während einer Schwarzbrache folgende Geräte zur Bekämpfung eingesetzt:

- 3 Scharpflug mit Vorschäler normal eingestellt, anschliessend Scheibenegge
- 3 Scharpflug ohne Vorschäler, anschliessend Scheibenegge
- Scheibenegge
- Federzinkenegge
- Schwingsiebroder

Ziel des Versuches war es, möglichst viele Wurzelstücke in eine günstige Position zu bringen, damit sie austreiben oder an der Bodenoberfläche bei heißem Wetter verdorren. Die Geräte wurden im Abstand von etwa 2 bis 3 Wochen jeweils bei trockenem Wetter eingesetzt.

## **Wirkung der Geräte**

### **3 Scharpflug mit Vorschäler**

Beim Pflügen wird mit dem Vorschäler je nach Einstellung eine 3 cm bis 7 cm dicke Schicht in die Pflugsohle geschält. In diesem Band, das abgeschält wird, sind sehr viele Wurzeln der Sumpfkresse vorhanden. Je nach Einstellung des Pfluges liegen diese Wurzeln nun in einer Tiefe von 20 cm bis 30 cm. In dieser Bodenschicht sind sie gut geschützt vor jeglichen Einflüssen. Die Wurzeln können über einen längeren Zeitraum in dieser Tiefe verharren. Sie versuchen natürlich neue Triebe zu bilden, was aus dieser Tiefe jedoch relativ viel Energie braucht. Wir konnten bei Grabungen aber beobachten, dass die Triebe teilweise durch Regenwurmgänge wuchsen um weniger Widerstand im Boden zu haben.

Somit kann also mit der normalen Pflugeinstellung für den Moment zwar ein relativ

sauberes Feld bestellt werden, es dauert jedoch nur kurze Zeit (z.B. bei der folgenden Bodenbearbeitung), bis die Sumpfkresse wieder an der Oberfläche erscheint.

### 3 Scharpflug ohne Vorschäler



Abb. 2.6. 2: Ohne Vorschäler arbeitet der Pflug viele Sumpfkressewurzeln nicht in die Tiefe

Wird der Vorschäler hoch gestellt (Abb. 2.6.2), werden weniger Sumpfkressewurzeln vergraben. Im Moment sieht die Fläche zwar nicht wie gewohnt sauber aus, da viele Wurzeln an der Oberfläche liegen. Das ist jedoch erwünscht, da in den nachfolgenden Arbeitsgängen die Wurzeln weiter gestört werden und somit aushungern oder verdorren.

Bei beiden Pflugvarianten wurde anschliessend regelmässig bei trockenem Wetter mit der Scheibenegge weiterbearbeitet.

#### Scheibenegge

Die Scheibenegge (Abb. 2.6.3) wurde mit einer Arbeitstiefe von 15 – 20 cm eingestellt, dass sie stark in den Boden eingriff. Ziel war es, möglichst viele Wurzeln an die Oberfläche zu bringen. Die Wirkung auf die Sumpfkressewurzeln war gut. Beim mehrmaligen Befahren hat sich gezeigt, dass die Randzonen, an denen der Traktor noch nicht die optimale Geschwindigkeit erreicht hat und die Maschine daher nicht tief in den Boden eingreift, die Wirkung schlecht ist. Um alle Bereiche gleichmässig intensiv zu bearbeiten, wäre eine kreuzweise Bearbeitung der Fläche optimal. Die Größe der Versuchsfläche war leider für Querfahrten nicht geeignet.

Von der Wirkung und der Flächenleistung her hat sich die Scheibenegge gegenüber dem Pflugverfahren am besten bewährt.



Abb. 2.6.3: Mit der Scheibenegge lassen sich grosse Mengen Boden umarbeiten

### Federzinkenegge

Im Versuch wurde auch noch eine Federzinkenegge eingesetzt. Die Wirkung ist aber gering, da zu wenig Boden bewegt wird und somit auch zu wenige Wurzeln an die Oberfläche gebracht werden. Möglich ist der abwechselnde Einsatz mit der Scheibenegge.

### Schwingsiebroder

Da gerade im Randbereich, aber auch im Ackerrandstreifen viele Sumpfkressenwurzeln im Boden sind, die mit den oben genannten Geräten nicht gut erreicht werden, wurde nach einer weiteren Bekämpfungsmöglichkeit gesucht.

Der Schwingsiebroder wird vor allem in Baumschulen eingesetzt um Pflanzen auszuschütteln. Das Gerät wurde quer zu der Parzelle eingesetzt. Je nach Bodenart kann ein Teil der Wurzeln (Abb. 2.6. 5) mit dem Gerät an die Oberfläche geschüttelt werden. Der Roder muss sehr steil eingestellt werden, das heißt, das Messer vorne sollte tief laufen (10 bis 25 cm) und das Sieb hinten möglichst hoch eingestellt werden (siehe Abb. 2.6.4). Mit dem Schwingsiebroder kann eine Teilwirkung erreicht werden. Der Einsatz eignet sich vor allem für Randzonen, die nicht mit anderen Geräten bearbeitet werden können. Vor allem in leichten sandigen,

gut rieselfähigen Böden zeigt der Schwingsiebroder gute Erfolge. Leider ist die Arbeitsgeschwindigkeit nicht sehr hoch und die Arbeitstiefe ist je nach Bodenart auf 10 cm (schwere Böden) bis 25 cm begrenzt.



**Abb. 2.6.4:** Schwingsiebroder befördern Wurzeln an die Oberfläche



**Abb. 2.6.5:** Gerade entlang des Ackerrandstreifens können mit dem Schwingsiebroder gute Wirkungen erzielt werden

### **Wirkung der getesteten Geräte**

Um die Wirkung der verschiedenen Geräte zu vergleichen, wurden im Herbst nach der Behandlung und im folgenden Frühjahr Bodenproben gegraben und auf Wurzeln der Sumpfkresse untersucht.

Im Herbst konnten auf allen Parzelle in den Arbeitstiefen der Geräte nur noch vereinzelt Wurzeln gefunden werden. In der Variante Pflug mit Vorschäler wurden im Bereich der Pflugsohle (Abb. 2.6.6), die unter der Bearbeitungstiefe der Scheibengegge lag, aber noch vermehrt Wurzeln gefunden.

Nachkontrolle der Fläche im Frühjahr. Mit der Bodenerwärmung im April zeigte sich auch die Wirkung der Massnahme vom Vorjahr. Trotzdem waren auf der Fläche trotz der fast 6 monatigen Schwarzbrache mit regelmässiger Bearbeitung des Bodens noch Wurzeln vorhanden, die durchtrieben. Vor allem aus tieferen Schichten bis 35 cm kamen neue Triebe an die Oberfläche. Die Gesamtbelastung hat jedoch deutlich abgenommen.



**Abb. 2.6.6:** Auch ein Jahr nach der intensiven Bekämpfung der Sumpfkresse treiben aus tiefen Schichten noch Wurzeln aus

### **Schlussfolgerung**

Die Sumpfkresse kann mit einer intensiven mechanischen Bodenbearbeitung mit geeigneten Geräten über einen längeren Zeitraum, vorausgesetzt es herrschen trockene Wetterverhältnisse, stark reduziert werden. Auf der Versuchsfläche ergab sich eine geschätzte Verminderung der Sumpfkresse um etwa 70 bis 80 Prozent. Eine 100 % Bekämpfung ist während einer Saison nicht möglich. Ein mehr-



jähriger Aufwand ist notwendig, um eine befallene Fläche wieder einigermaßen in den Griff zu bekommen.

Die wirksamste Regulierung der Sumpfkresse ist die Betriebshygiene. Mit dieser vorbeugenden Massnahme lässt sich eine kosten- und zeitintensive Sanierung einer befallenen Fläche weitestgehend vermeiden.

HERR DR. RENÉ TOTAL  
FORSCHUNGSANSTALT AGROSCOPE CHANGINS-WÄDENSWIL ACW  
POSTFACH 185, CH-8820 WÄDENSWIL

RENE.TOTAL@FAW.ADMIN.CH  
WWW.AGROSCOPE.ADMIN.CH



# 3. Maßnahmen in Beetkulturen und Feldgemüsebau

EINLEITUNG VON MARKUS PUFFERT

LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN,  
GARTENBAUZENTRUM WOLBECK

**V**iele ökologisch wirtschaftende Gemüsebaubetriebe müssen sich heute mit den Auswirkungen der Beikrautregulierung der nahen oder fernerer Vergangenheit auseinandersetzen. Das Thema Beikraut und die Fragen zur Regulierung rücken für die meisten Betriebe mit Gemüse mehr und mehr in den Blick. Betriebe befassen sich mit dem Thema, weil sie seit vielen Jahren Gemüse produzieren und häufig immer mehr Beikraut auf den Flächen wächst oder, weil sie als Neueinsteiger nur wirtschaftlich erfolgreich sein können, wenn sie mit geeigneten Verfahren und einer guten Strategie das Thema bearbeiten.

### **Geeignete Strategie notwendig**

Wegen der kundennahen Vermarktung wurde im ökologischen Gemüseanbau immer schon ein recht umfangreiches Sortiment an Arten und Sorten kultiviert. Dies führte in der Beikrautregulierung dazu, dass die Verfahren kaum speziell auf die Einzelkultur abgestimmt werden konnten. Die Beikrautregulierung musste mit wenigen einfachen Allround-Geräten wie Beetstriegel und Scharhacke in möglichst vielen Gemüsearten erledigt werden. Dazu kam, dass in Sortimentsbetrieben Arbeitsspitzen oftmals nicht personell abgedeckt werden konnten und so nicht genügend Handarbeitsstunden in die Beikrautregulierung gesteckt wurden. Wird aber bei der Beikrautregulierung in den Beständen hauptsächlich auf das jeweilige Beikrautwachstum reagierend gearbeitet und fehlt eine gute Beikrautstrategie im Betrieb, dann werden einigermaßen hoch wachsende Kulturen mit deckender Blattmasse als beikrauttolerant eingeschätzt und in der zweiten Kulturhälfte ein gewisser Beikrautflor in der Reihe unter Pflanzenarten wie Kohl toleriert. Hier kann dann das Beikraut blühen und aussamen. Bei kleineren Gemüsearten wie Radieschen oder Spinat entscheiden meist das Wetter und die Menge des daraufhin keimenden Beikrautes über den Ernteerfolg. Eine Regulierung im Bestand mit der Scharhacke ist bei diesen Kulturen nur zwischen den Reihen und nur ganz früh möglich. Je nach Beikrautdruck auf der Fläche wächst in der Reihe und nah der Reihe das Beikraut. Im besten Falle keimt das Beikraut erst spät und es bleibt unter der Kulturpflanze, dann waren aber auch für die Radieschen die Keimbedingungen schlecht. Eine Strategie, bei der auch für die Kulturpflanze für beste Keimbedingungen gesorgt werden kann, beinhaltet hier in jedem Fall eine mehr oder weniger intensive Unkrautkur vor der Saat, damit aus der Krume kaum noch Beikräuter keimen, wenn gesät ist. Dieses Verfahren ist im satzweisen Anbau kleiner Radieschenmengen natürlich nur schwer optimal umzusetzen.

So brachten die unterschiedlich große Beikrauttoleranz verbunden mit wenig strategischem Vorgehen bei der Regulierung in der Vergangenheit immer mehr Beikrautpotential in die Gemüseflächen, so dass auf vielen Flächen konkurrenzschwache Gemüsearten nicht mehr angebaut werden können. Oder es muss ein sehr hoher Aufwand betrieben werden, um zumeist schnell wachsende Beikrautarten wie Hederich, Melde oder Franzosenkraut aus den Beständen zu entfernen.

## **Beikrautfreiere Bestände mit neuer Technik**

Innovative und engagierte Betriebe haben begonnen, mit neuer Technik zu arbeiten und neue Maßstäbe im Bezug auf Beikrauttoleranz zu setzen. Inzwischen sind heute einige Gemüseflächen in ökologischer Bewirtschaftung unkrautfreier als die Flächen der konventionellen Kollegen. In den letzten 10 Jahren sind wirklich viele gute Regulierungsgeräte auf den Markt gekommen. Die Palette reicht hier von verbesserten flachen Scharhacken mit sehr direkter Höhenführung, der Fingerhacke, der Torsionshacke, der Sternhacke bis zu verbesserten Abflamngeräten mit hohem Wirkungsgrad und den ergonomisch angepassten Jätefliegern. Weitere technische Neuentwicklungen wie die kameragesteuerte Scharhacke, die auch in der Reihe arbeiten kann, sind noch nicht ganz marktreif, aber zeigen, dass weiter an Verbesserungen gearbeitet wird. In den Gemüsebaubetrieben wird nun an speziellen Einstellungs- oder Kombinationsvarianten für verschiedene Kulturen oder an Fragen zur Weiterentwicklung der Geräte gearbeitet. Noch nicht am Markt ist der mehrfach einstellbare Beetstriegel mit Beetstützblech an der Seite zur sehr flachen Bearbeitung des Beetes vor Saat bzw. Pflanzung. Hier gibt es bisher nur Eigenbauten.

## **Feldhygiene und Unkrautkur**

Das Thema Feldhygiene und Unkrautkur ist inzwischen viel mehr in das Bewusstsein der Betriebsleiter gedrungen. Verunkrautete Gründüngungen, unter denen Kamille, Vogelmiere und Franzosenkraut aussamen, tragen ebensowenig zur Lösung bei, wie Erntebestände, bei denen im Laufe der Erntegänge - trotz blühender Beikräuter – doch noch auf die letzten, noch nicht ganz erntereifen Stücke gewartet wird. Auf die Beikrautregulierung muss während des ganzen Jahres, auf allen Flächen geachtet werden. Im Bereich der Unkrautkur ist es inzwischen schon üblich, die Beete schon etwa 10 Tage vor Saat und Pflanzung fertig zu machen, um flächig noch einmal die keimenden Kräuter vor der Bestellung abzutöten. Die Effektivität des Verfahrens erhöhen viele Betriebe dadurch, dass sie bei ausbleibendem Niederschlag die Flächen beregnen, um das Beikraut gezielt zur Keimung zu bringen. Ebenso gibt es Betriebe, die vor angekündigten, anhaltenden Niederschlägen gezielt Beete fertig bearbeiten, um Beikraut zum Keimen zu bringen. Viele Gemüsegärtner sind überzeugt davon, dass das in der Vergangenheit immer weiter vergrößerte Beikrautpotential auf den Flächen tatsächlich wieder spürbar reduziert werden kann, wenn konsequenter mit geeigneten Regulierungsstrategien gearbeitet wird.

## **Erfahrungsaustausch und Forschungsergebnisse**

Die folgenden Beiträge ermöglichen nun eine umfassende Übersicht über die

Geräte, die bereits in der Beikrautregulierung erfolgreich eingesetzt werden, ihre Arbeitsweise und ihre Anwendungsmöglichkeiten. Obwohl manche Geräte wie Fingerhacke und Torsionshacke schon etliche Jahre auf dem Markt sind, sind noch nicht alle Einstellungs- und Kombinationsmöglichkeiten in den meisten Gemüsekulturen bekannt. Daneben werden Eigenbauten oder Kombinationen bekannter Geräte aus einzelnen Betrieben vorgestellt, die spezielle Anforderungen an technische Lösungen haben und diese auch mit dem Bau von Prototypen umgesetzt haben. Hier werden z.B. aus dem Bereich Abflammtchnik und Scharhacke Beispiele gezeigt, wo es um Sicherheit und Effektivität geht. Die im Rahmen eines Fachgespräch vorgestellten Beiträge dienen dazu, offene Fragen an Versuchsansteller und die Forschung zu formulieren zur Weiterentwicklung der Geräte, zur Arbeitsbelastung der Mitarbeiter und zur Verbesserung des Informationsaustausches zwischen Betrieben.

HERR MARKUS PUFFERT

LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN,  
GARTENBAUZENTRUM WOLBECK  
MÜNSTERSTR. 62-68, 48167 MÜNSTER-WOLBECK

MARKUS.PUFFERT@LWK.NRW.DE  
WWW.OEKOLANDBAU.NRW.DE



# 3.1 Abflammtchnik „Aktueller Stand und Weiterentwicklung der Erfolgskontrolle“

BJÖRN BOHNE

UNIVERSITÄT KASSEL, FACHGEBIET AGRARTECHNIK

## Einleitung

Die Verbesserung der Umweltverträglichkeit bei der Beikrautregulierung ist ein hochaktuelles Thema. Insbesondere im ökologischen Gemüsebau wird häufig aufgrund der sehr guten Wirkung, die thermische Regulierung (Abflammtchnik) eingesetzt. Bei dieser Form der Beikrautbekämpfung werden die unerwünschten Pflanzen in den meisten Fällen den heißen Verbrennungsgasen einer Propangasflamme ausgesetzt. Die Behandlung zielt auf die Gerinnung der Proteine in den Zellen (Bertram 1996) oder bei schneller Erwärmung auf ein Platzen der Zellwände ab (Hege 1990), dies führt in beiden Fällen zum Absterben der Pflanze. Eine signifikante Verbesserung der umweltrelevanten Eigenschaften ist durch die Verringerung des Brenngasverbrauchs zu erwarten. Die schnelle und objektive Bestimmung des Abflammerfolges ist ein Lösungsansatz. Der Bekämpfungserfolg wird bislang in der Praxis meist durch die „Fingerprobe“ ermittelt. Diese wird folgendermaßen beschrieben, „Ein behandeltes Blatt wird leicht mit Daumen und Zeigefinger gedrückt, bei erfolgreicher Behandlung erscheint die Druckstelle dunkelgrün“. Die Aussagekraft dieser Methode ist stark von der Erfahrung der durchführenden Person abhängig, denn was „leicht“ ist und wie dunkel „dunkelgrün“ ist, wird unterschiedlich interpretiert. Erste Versuchsreihen mit Metalllegierungen und Zellstoffen verliefen bereits erfolgreich (Bohne und Hensel 2010). Der nachfolgend beschriebene Versuch untersucht die Eignung von Thermoplasten als Indikatoren für den Abflammerfolg.

## Versuchsaufbau

Für die Versuche wurden verschiedene gezogene Thermoplaste ausgewählt. Es handelte sich dabei um Polylactid (PLA), Polypropylen (PP) und Polyamid (PA). Die Erweichungstemperaturen dieser Thermoplaste liegen nah an den notwendigen Temperaturen für den Pflanzentod, welche zwischen 40 und 52°C liegen (Levitt 1980). Dabei wurden Proben dieser Materialien (je 30) von einem Stabbrenner (50 kW Leistung, Propanverbrauch 2500 g/h) mit einer Geschwindigkeit von 0,21;

0,42; und 0,63 m/s überfahren und unmittelbar danach die Materialveränderung (Schrumpfung) gemessen. Die Veränderung von PLA korrelierte am besten mit dem unterschiedlichen Wärmeeintrag, daher wurde für die weiteren Versuche dieser Werkstoff in Form von Hohlkörpern (mittl.  $\Phi$ : 55 mm, Höhe: 95 mm) ausgewählt.

In Pflanzenversuchen mit *Lolium perenne* L. (Deutsches Weidelgras) und *Sinapis arvensis* L. (Acker-Senf) zur Überprüfung der Korrelation von Indikatorveränderung mit dem Bekämpfungserfolg wurden die Pflanzen in je 100 Töpfen (100x100x150 mm) im Gewächshaus unter kontrollierten Bedingungen (Belichtung: 14 h täglich bei 10000 Lux, Temperatur: durchschnittlich 15 °C) angezogen und, auf 50-60 Pflanzen je Topf vereinzelt. Das nachfolgende Abflammen erfolgte jeweils im Stadium BBCH 10 und 11.



Abb. 3.1.1: Bodenrinne mit steuerbarem Trägergestell für den Laborversuch

Auch hier kam der oben beschriebene Stabbrenner in den verschiedenen Geschwindigkeitsstufen zum Einsatz. Nach der Maßnahme wurde je Gefäß Bonituren durchgeführt, die den Zustand der Pflanzen drei bzw. beim Weidelgras 10 Tage nach der Behandlung dokumentieren. Dabei wurde Anzahl der verbleibenden Pflanzen mit 100 multipliziert und das Ergebnis durch die Pflanzenanzahl vor der Behandlung geteilt. Neben den Pflanzen wurden gleichzeitig Kunststoffhohlkörper aus PLA (mittl.  $\Phi$ : 55 mm, Höhe: 95 mm) mit behandelt.

Die Form eines Hohlkörpers wurde gewählt, da dies der am einfachsten zu be-



schaffende Artikel aus PLA ist und gewöhnlich durch „Tiefziehen“ hergestellt wird. Die dadurch im Material entstehenden Spannungen, die sich wieder lösen wenn das Material erhitzt wird, führen zu einer charakteristischen Schrumpfung. Der Grad dieser Schrumpfung wurde gemessen indem der zylindrische Körper auf seine Stirnfläche gestellt und die Höhe mithilfe eines Messschiebers nach der Behandlung ermittelt wurde. Die Schrumpfung wurde in Prozent von der Ursprungsgröße definiert, 95 mm entsprechen 100 %.



Abb. 3.1.2: Messung der Becherhöhe mittels Messschieber

## Ergebnisse und Fazit

Im nachfolgenden Diagramm (Abb. 3.1.3) sind die Ergebnisse einer Regressionsanalyse der Daten aus relativem Energieeintrag ( $1,0 = 0,21$  m/s;  $0,49 = 0,42$  m/s;  $0,36 = 0,28$  m/s) und Schrumpfung der Indikatorkörper eingetragen. Das Schrumpfungsverhalten der einzelnen Körper differenzierte sich.

Das gezogene PLA verhielt sich über alle Intensivitätsstufen hinweg relativ gleichmäßig. Bei den massiven PLA Körpern variierte das Ergebnis in der höchsten Intensität recht stark, die Standardabweichung betrug 23,5 %. Im Mittel wiesen die PP-Körper mit 1 mm Durchmesser die größten Schrumpfungen auf. Hier wurde gleichfalls die größte Standardabweichung verzeichnet, nämlich 35,06 % in der mittleren Intensitätsstufe. Die PA-Massivkörper mit 1,5 mm Durchmesser wiesen

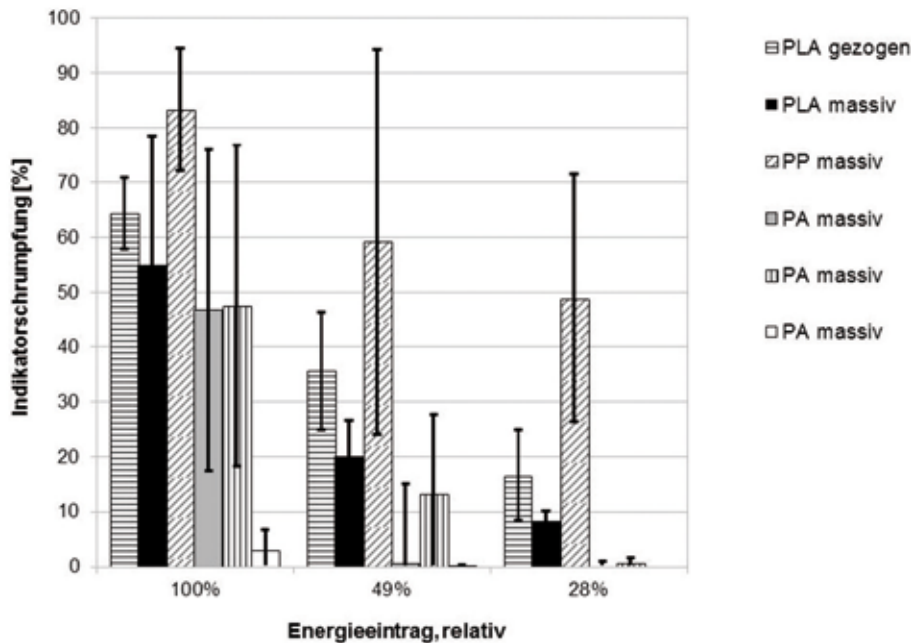


Abb. 3.1.3: Schrumpfung verschiedener Indikatorformen aus Thermoplasten in Abhängigkeit des Energieeintrages

bei großer Wärmeeinwirkung eine große Streuung auf. In den niedrigeren Intensitätsstufen kam es dagegen im Mittel kaum noch zu Schrumpfungen.

Die PA-Körper mit 1,2 mm Durchmesser reagierten ähnlich den PA-Körpern mit 1,5 mm Durchmesser, wobei in der mittleren Intensitätsstufe noch moderate Schrumpfungen verzeichnet wurden. Die PA-Körper mit 2,4 mm Durchmesser blieben nahezu unverändert. Nur in der höchsten Intensitätsstufe schrumpften sie um maximal 5,6 %.

Für die weiteren Versuche wurde daher das Material in der Form gezogener Hohlkörper ausgewählt. Nachfolgend (Tab. 3.3.1) sind die Korrelationskoeffizienten aus dem Versuch Indikatorschumpfung und Abflammerfolg dargestellt.

Tab. 3.3.1: Korrelation von Indikatorkörperschrumpfung und Abflammerfolg

Indikatorkörper	Korrelations- koeffizient (n=200)	Signifikanz (P< 0,05)
PLA gesamt	0,603	<0,001
PLA (Sinapis arvensis- BBCH 10)	0,847	<0,001
PLA (Sinapis arvensis- BBCH 11)	0,793	<0,001
PLA (Lolium perenne- BBCH 10)	0,501	0,002
PLA (Lolium perenne- BBCH 11)	0,732	<0,001

Zur Berechnung der Korrelationskoeffizienten wurden in den Varianten mit Deutschem Weidelgras ausschließlich die Daten der zweiten Auszählung, zehn Tage nach dem Abflammen, verwendet. Dieses Vorgehen wurde gewählt, da in der Praxis von nur teilweise abgetöteten Beikräutern immer noch eine Konkurrenz ausgeht. Die Ergebnisse zeigen, dass die Vorhersage des Abflammerfolges anhand der Veränderung von Indikatorkörpern gut möglich ist. Es konnte nachgewiesen werden, dass die Korrelation von Indikatorkörperschrumpfung und Abflammerfolg nicht nur bei der Spezies Senf (*Sinapis arvensis* L.) vorliegt, sondern auch bei Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne* L.) bestand. Des Weiteren war zu beobachten, dass die Korrelationskoeffizienten des späteren Behandlungstermins mit Senf stets niedrigerer waren als im Keimblattstadium. Beim Deutschen Weidelgras wiesen die Messreihen im Zweiblattstadium höhere Korrelationskoeffizienten auf als die Varianten im Keimblattstadium (Tab. 3.3.1). Die Korrelation war in allen Varianten mit Weidelgras geringer als in den Varianten mit Senf. Das war angesichts der schlechteren Bekämpfbarkeit von Deutschem Weidelgras gegenüber Senf zu erwarten. In weiteren Versuchen wird eine Überprüfung der Laborergebnisse durch Freilandversuche durchgeführt.

## Danksagung

Die Arbeiten wurden durch eine Förderung im Rahmen des Innovationsförderungsprogrammes der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Bonn ermöglicht.

## Literatur

- Bertram, A. (1996): Geräte- und verfahrenstechnische Optimierung der thermischen Unkrautbekämpfung. Diss. Technische Universität München, Weihenstephan.
- Bohne, B., Hensel, O. (2010): Entwicklung eines Kontrollsystems zur Messung des Abflammerfolges bei der thermischen Unkrautregulierung. Landtechnik 65 (1), S. 48-50
- Hege, H. (1990): Thermische Unkrautbekämpfung, Zeitschrift Gemüse, Nr. 7, S. 344-346.
- Levitt, J. (1980): Response of plants on environmental stresses. Band 1, 2. Auflage. Academic Press, New York, USA.

HERR BJÖRN BOHNE

UNIVERSITÄT KASSEL  
FACHBEREICH ÖKOLOGISCHE AGRARWISSENSCHAFTEN  
FACHGEBIET AGRARTECHNIK  
NORDBAHNHOFSTR. 1A, 37213 WITZENHAUSEN

ACKERBOHNE@UNI-KASSEL.DE  
WWW.UNI-KASSEL.DE/AGRAR/AGT



## Einsatz der Abflammentechnik in Beetkulturen und Feldgemüsebau

### Einsatzgebiet und Nachteile:

Die thermische Beikrautregulierung («Abflammentechnik») ist aus gesetzlichen und anbautechnischen Gründen im Gemüse- und Kartoffelbau, für die Freihaltung von befestigten Flächen und die Beikrautregulierung in Wasserschutzgebieten interessant. Das Einsatzgebiet geht damit weit über den landwirtschaftlichen Bereich hinaus. Eine verbreitete Bekämpfungsmaßnahme ist die flächige Behandlung als Vorauflauf-Verfahren. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt 1-4 km/h und variiert stark mit der Unkrautdichte und der Artenzusammensetzung. Der entscheidende Vorteil ist die sichere und nachhaltige Wirkung gegenüber unerwünschten Beikräutern.

Als Nachteile der heutigen Abflammentechnik sind jedoch der hohe Gasverbrauch von 75 bis 100 kg Flüssiggas pro Hektar abgeflammter Fläche und die geringe Selektivität zu nennen.

In der bisherigen Abflammentechnik kommen zwei verschiedene Wärmequellen zum Einsatz: ein offener Brenner deren Flamme direkt über den Boden streicht oder eine indirekte Wärmestrahlung. Hierbei wird das Infrarot-Wärmegitter durch die Gasbrenner auf 925 °C erwärmt und somit eine Infrarotfrequenz erzielt, welche zum Boden strahlt.

Die Ausgangstemperatur eines offenen Brenners (Stabbrenner) beträgt etwa 1500°C und in Bodennähe noch 300 - 400°C.

### **Gasentnahme**

Die Gasentnahme für den Brenner kann aus der Flüssigphase oder aus der Gasphase erfolgen. Bei der Gasentnahme aus der Flüssigphase gelangt der Brennstoff flüssig aus den auf den Kopf gestellten Gasflaschen in einen Verdampfer und wird von dort gasförmig den Brennern zugeführt. Bei der Entnahme aus der Gasphase hingegen wird das Flüssiggas in den Flaschen verdampft und über eine manuelle Regelarmatur den Brennern zugeführt. Bei den hohen Leistungen der heutigen Abflamngeräte gewinnt die Entnahme aus der Flüssigphase eine wachsende Bedeutung, da so höhere Entnahmeleistungen möglich sind.

### **Einstellungen**

Die Intensität der thermischen Beaufschlagung kann der Bedienende durch die Wahl des Gasdruckes und Variation der Vorfahrtgeschwindigkeit ändern. Die Einwirkzeit der Wärme beträgt ca. 1/10 s. Bei der thermischen Beaufschlagung der Pflanzen gerinnen die Proteine in den Zellen, was zum Tod der Pflanze führt. Bei einer schnellen Erwärmung auf ca. 110 °C platzen die Zellwände, die Zellflüssigkeit läuft aus und die Pflanze vertrocknet.

### **Fingerprobe**

Der Bekämpfungserfolg wird in der Praxis meist durch die „Fingerprobe“ ermittelt: Dabei wird ein behandeltes Blatt leicht mit Daumen und Zeigefinger gedrückt und bei erfolgreicher Behandlung wird an der gedrückten Stelle eine dunkelgrüne Verfärbung sichtbar.





## 3.2. Vor und Nachteile eines Ölabflamngerätes

GUNTRAM SAUERMAN

GÄRTNEREI ULENBURG

Abflamngeräte mit Flüssiggas als Energieträger bergen immer ein Risiko bezüglich Verpuffungen, Handhabungsfehlern, bis hin zur Explosion. Zudem sind die Lagerung und der Transport von Flüssiggas mit Auflagen verbunden. Der Preis pro kWh ist mit der höchste innerhalb der Energieträger. Beim kostengünstigen Energieträger Heizöl gibt es alle diese Gefahren nicht. Ein Leck im Tank des Abflamngeräts hat die gleichen Auswirkungen wie ein Leck im Tank des Schleppers. Das Gerät kann somit nach vollständiger Einweisung bereits von einem Auszubildenden gefahrlos bedient werden.

### Gemüsebaubetrieb mit 40 verschiedenen Kulturen

Das hier vorgestellte Gerät ist eine eigene Entwicklung und ein Eigenbau und wird im Gemüsebau eingesetzt. Die Gärtnerei bewirtschaftet 60 Hektar auf san-



Abb. 3.2.1: Die Ernte von Spinat ist sehr handarbeitsaufwendig. Ein hoher Beikrautbesatz würde diesen Aufwand so erhöhen, dass die Arbeitskosten nicht mehr gedeckt wären.

digen Lehmböden und 6000 m<sup>2</sup> Gewächshausfläche. In einem Kalenderjahr werden 40 verschiedene Gemüsesorten und Arten angebaut, damit die Vielfalt auf dem Acker und auf dem Marktstand gewährleistet bleibt. Hauptkulturen im Freiland sind Möhren, Kohlrabi, Spinat, Radischen, Salate, Fenchel und Feldsalat. Neben der Direktvermarktung auf Wochenmärkten ist der Bio-Großhandel ein weiterer wichtiger Absatzmarkt. Im Durchschnitt beschäftigt die Gärtnerei fünf Auszubildende und 13 festangestellte MitstreiterInnen.

### **Einsatz des Abflammgeräts**

Das Gerät wird nach Bedarf für alle Kulturen eingesetzt. Eine wichtige Rolle spielt es zum Beispiel bei Spinat, Radischen und Feldsalat, damit die handarbeitsaufwendige Ernte nicht durch hohen Beikrautbesatz behindert wird (Abb. 3.2.1).

Der Einsatz erfolgt in Flachbeeten und Dämmen, um im Vorlauf- und Voraufverfahren Unkrautkeimlinge und etwas größere Pflanzen abzutöten oder zumindest massiv in der Entwicklung zurückzuwerfen. Das Gerät ist verhältnismäßig schwer (ca. 500 kg) und somit unter Bedingungen mit nassen Fahrgassen nur eingeschränkt geeignet (siehe auch Artikel Bodenverdichtung).



**Abb. 3.2.2: Einsatz auf Dämmen, im Vorauflauf**



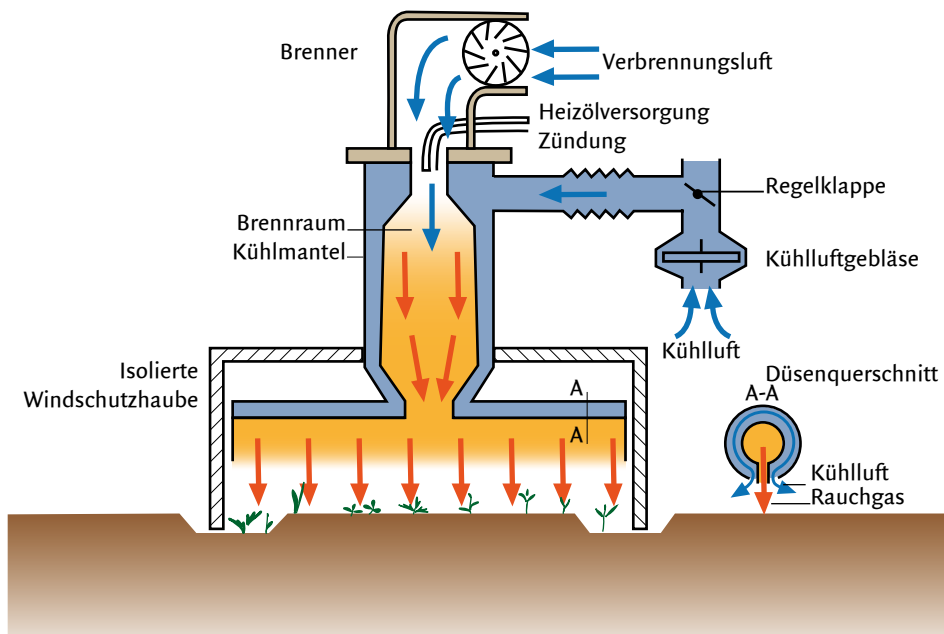


Abb. 3.2.3: Funktionsweise eines Abflammergeräts

## Verbrennungsqualität im Brennraum

Das Hauptkriterium eines Abflammergeräts ist die Verbrennungsqualität. Bei einer Gasflamme ist die Verbrennung optisch durch den Gelbbanteil der Flamme erkennbar. Der unverbrannte Gasrest entweicht unerkant in die Umgebung und hinterlässt im ungünstigsten Fall Bereiche, die nicht „abgeflammt“ wurden. Eine Ölflamme (= Ölnebelflamme), die nicht vollständig ausbrennt, verteilt die Öltröpfchen in der direkten Umgebung, dass heißt auf dem Acker. Um eine den heutigen technischen Anforderungen gerechte Verbrennung zu erreichen, wurde das Gerät mit einem Brennraum gebaut (Abb. 3.2.3). Hier erfolgt zunächst die eigentliche Verbrennung. Danach strömt das Rauchgas über eine großvolumige Querverteilungsdüse auf die gesamte Breite der zu flammenden Fläche. Ein durch Wind ungestörtes Einwirken des Rauchgases auf die Beetoberfläche wird durch eine isolierte Haube gewährleistet. Die Abdichtung der Haube gegenüber dem Beet - hinten mit Ketten, vorne mit Kevlargewebe ausgeführt - ist ein noch nicht optimal gelöstes Materialproblem, da die Beetoberfläche nicht mechanisch belastet werden soll.

## Kühlung durch Ventilator

Ein ungekühlter Brennraum ist mit „verfügbaren“ bzw. bezahlbaren Materialien nicht herstellbar, da diese Temperaturen bis zu 1800 °C dauerhaft aushalten



**Abb. 3.2.5:** Der Dieselmotor zur Stromerzeugung ist lärmgedämmt eingehaust; der Ölbrenner ist direkt auf dem Brennraum montiert



**Abb. 3.2.6:** Gerät im Einsatz, mit wachem Blick auf die Kontrollanzeigen von Öldruck und Temperatur

müssten. Aus diesem Grund wurden der Brennraum und die Querverteilung doppelwandig ausgeführt. Ein Ventilator fördert Kühlluft durch den Zwischenraum und verhindert so den vorzeitigen Verschleiss des Materials. Ölbrenner und Kühlventilator benötigen elektrische Energie, die die Stromversorgung des Schlepper nicht gewährleisten kann. Deshalb wurde ein Einzylinder Diesel Stromerzeuger im Gerät integriert. Dies resultiert in zusätzlichem Gewicht und Problemen mit der Lärmemission.

Das Gerät ist seit 5 Jahren in Betrieb und hat 15.000 Liter Heizöl umgesetzt. Die verbauten Einzelteile summieren sich auf etwa 10.000.- €.

HERR GUNTRAM SAUERMANN

GÄRTNEREI ULENBURG  
DORFSTR. 89, 32584 LÖHNE

SAUERMANN@ULENBURG.DE  
WWW.ULENBURG.DE



## 3.3 Erfahrungsbericht: Beetstriegel

MARTIN KOLLER, FORSCHUNGSINSTITUT FÜR BIOLOGISCHEN LANDBAU (FiBL)

RENÉ TOTAL, FORSCHUNGSANSTALT AGROSCOPE CHANGINS-WÄDENSWIL ACW

### Einleitung

Einfach zu bedienende und einzustellende Geräte, die in der Reihe wirksam sind haben im ökologischen Gemüsebau eine große Bedeutung. In diesem Einsatzbereich kann der Striegel, insbesondere der Beetstriegel von Bedeutung sein.

### Verfahrensbeschreibung

Der Beetstriegel, lässt sich v.a. im Zwischenachseinsatz bedeutend feiner regulieren, als ein großes Heckgerät, daher ist der Einsatz in einem weiteren Bereich von Kulturen möglich: Bohnen, Erbsen, Zuckermais (als „typische“ Striegelkulturen), aber auch in Kohlarten, Rote Rübe, Lauch, Sellerie, Zwiebeln und Spinat.



Abb. 3.3.1: Beetstriegel im Zwischenachseinsatz bei einem Leichtgeräteträger in Rotkohl, ca. eine Woche nach Pflanzung. (René Total ACW Wädenswil, Bild H.U. Dierauer FiBL)

## Termin des Einsatzes

Für den Einsatz eines Beetstriegels müssen die Kulturen fest verwurzelt sein, oder aber genug tief gepflanzt sein, am besten mit Speedy Jungpflanzen und noch kein großes Blattwerk aufweisen, das auf Schäden empfindlich reagiert.

Bei Kulturen, die tief in Speedy gepflanzt werden, ist bereits eine Woche nach der Pflanzung ein Durchgang möglich. Im Heckenbau kann der Beetstriegel auch als Nachläufer und „Enterder“ für ein Scharrhackgerät dienen. Bei harter Bodenoberfläche ist der Effekt in der Reihe aber beschränkt, da die Zinken nur im aufgerissenen Boden laufen und eine Wirkung haben. Die Kombination im Zwischenachsbereich Fingerhacke plus Gänsefußschar und im Heckenbau ein auf Rädern geführter und dadurch sehr genau in der Höhe verstellbarer Striegel hat sich bewährt. Bei solch frühem Einsatz des Striegels erwischt man sehr viele Beikräuter, die gerade am Keimen sind, vielmals sind die Keimblätter noch nicht an der Oberfläche. Werden diese Keimschläuche gestört, verdorren sie schon nach wenigen Stunden an der Sonne.

In der Kombination mit Leichtgeräteträger kann der erste Einsatz früh nach einem Regenereignis erfolgen und dadurch die Bildung einer Kruste verhindern. Wichtig beim ersten Striegeldurchgang ist, dass der Striegel sehr flach, das heißt nicht aggressiv eingestellt wird.



**Abb. 3.3.2:** Tief gepflanzter Lauch kann früh relativ hart gestriegelt werden (Bild R. Total, ACW Wädenswil)



**Abb. 3.3.3: Fingerhacke im Zwischenachsbereich und im Heckanbau ein Beetstriegel mit Radführung für die präzise Höheneinstellung im Lauchanbau (Bild R. Total, ACW Wädenswil)**

Bei dem Einsatz in Pflanzkulturen oder Feinsaaten ist keine größere Flächenleistung zu erwarten, als mit Hackgeräten in gleicher Breite (Fahrgeschwindigkeit 3-5 km/h). Bei wenig empfindlichen Kulturen wie Kohlarten und Lauch kann beim zweiten und dritten Striegeldurchgang relativ schnell gefahren werden (6 bis 8 km/h), das sieht meistens recht brutal aus, die Pflanzen erholen sich aber sehr schnell wieder. Jetzt kann der Striegel auch schärfer gestellt werden, die Pflanzen sind ja fest im Boden mit den Wurzeln verankert. Bei größeren Anbaubreiten ist eine ähnliche Kulturschonung nur mit gut einstellbaren Geräten, die sich gut dem Boden anpassen zu erwarten (z.B. Treffler-Striegel). Bei geplantem Striegelseinsatz kann die Pflanzenzahl um 2-5 Prozent erhöht werden, um den Schaden an den Pflanzen zu kompensieren.

In späteren Kulturstadien, bei größerem Blattwerk wird mit Vorteil die Fingerhacke oder Torrsionshacke (noch späterer Einsatz möglich, dank einfacher Bauweise) verwendet.

## Fazit

Der Beetstriegel kann als einfaches, relativ kostengünstiges Gerät bereits früh in tiefgepflanzten Kulturen eingesetzt werden. Voraussetzung dafür sind Pflanzungen mit Speedy, da diese den Zinken viel weniger Widerstand entgegenseetzen als Erdpresstöpfe.

Die Einstellung des Striegels braucht manchmal etwas Fingerspitzengefühl und Geduld. Mit einem präzisen und zur rechten Zeit gemachten Einsatz kann man aber eine gute Wirkung erreichen und es können viele Handarbeitsstunden eingespart werden.

HERR MARTIN KOLLER

FORSCHUNGSINSTITUT FÜR BIOLOGISCHEN LANDBAU (FIBL)  
ACKERSTRASSE, CH-5070 FRICK

MARTIN.KOLLER@FIBL.ORG  
WWW.FIBL.ORG

HERR DR. RENÉ TOTAL  
FORSCHUNGSANSTALT AGROSCOPE CHANGINS-WÄDENSWIL ACW  
POSTFACH 185, CH-8820 WÄDENSWIL

RENE.TOTAL@FAW.ADMIN.CH  
WWW.AGROSCOPE.ADMIN.CH



# 3.4 Optimierte Beikrautregulierung im Zwiebelanbau

MARTIN KOLLER

FORSCHUNGSINSTITUT FÜR BIOLOGISCHEN LANDBAU (FIBL)

## Einleitung

Im biologischen Zwiebelanbau ist der Aufwand für das manuelle Hacken und Jäten sehr hoch und daher oft ein limitierender Faktor. Die frühe Saat (oder Pflanzung) erschwert eine vorgängige Unkrautkur, wie das bei der Lagerkarotte z.B. gut möglich ist. Ein Ausweg dafür ist das Pflanzen der Zwiebeln, anstatt die Direktsaat. In dieser Arbeit wurde der Aufwand in den verschiedenen Zwiebelsystemen (Direktsaat, über Steckzwiebeln und Pflanzung) verglichen und nach Optimierungsmöglichkeiten innerhalb des jeweiligen Anbausystems gesucht. Insbesondere wurde



**Abb. 3.4.1:** Im Bügelstadium ist der letzte Abflammtermin bei Saatzwiebeln, der keine größeren Pflanzenverluste nach sich zieht. Entscheidender ist aber die Entwicklung der Beikräuter. Falls Beikraut schon zu einem frühen Zeitpunkt gekeimt ist und die Bedingungen stimmen, ist das Blindabflammen vorzuziehen.

geprüft ob mit einem Vlieseinsatz vor dem Abflammen, der Erfolg dieser Maßnahme verbessert werden kann.

## Versuchsaufbau

Die Versuchsverfahren sind in Tab. 3.4.1 für beide Jahre zusammengefasst.

Tab. 3.4.1: Im Versuch getestete Verfahren 2004 und 2005

Anbausystem	Unterverfahren	2004	2005
Direktsaat	Vlieseinsatz, Abflammen (V+, A+)	•	•
Direktsaat	Abflammen (V-, A+)	•	•
Direktsaat	Vlieseinsatz (V+, A-)	•	-
Direktsaat	Ohne Vlies, ohne abflammen (V-, A-)	•	•
Steckzwiebeln	Ohne Abflammen (A-)	•	•
Steckzwiebeln	Abflammen (A+)	•	-
Jungpflanzen	9 Töpfe pro m <sup>2</sup> , mit 5-7 Korn/Topf	-	•
Jungpflanzen	18 Töpfe pro m <sup>2</sup> , mit 3-4 Korn/Topf	•	•

Legende: “-“ Verfahren im entsprechenden Jahr nicht durchgeführt

**Direktsaat:** In 2004 wurde Doppelvlies (Verfahren V+) am 13.2.2004 nach einem Kreiselegge Einsatz ausgebreitet, nach der Saat (18.3.) wurde das Vlies noch einfach bis zum Abflammtermin (8.4.04) belassen. Im Abflammverfahren ohne Vlieseinsatz (A+, V-) erfolgte das Abflammen am 12.4.04 wie bei Verfahren (V+, A+) im frühen Bügelstadium (BBCH 011). Nach der Saat wurde mit einer Glattwalze gewalzt, damit das Abflammen effizienter erfolgte (Flammschatten von Krümeln). In 2005 erfolgte der Vlieseinsatz aus Witterungsgründen erst nach der Saat (24.3.05) bis zum Abflammen (10.4.05). Ohne Vlieseinsatz erfolgte das Abflammen am 12.4.05.

**Steckzwiebeln** wurden am 1.4.04 (rsp. 4.4.05) pneumatisch gesteckt. Nur im 2004 wurden die gesteckten Zwiebeln im 2-3 Blattstadium (BBCH 103) abgeflammt.

**Gepflanzte Zwiebeln** wurden mit ca. 30 (9 Töpfe mit je 5-7 Korn/m<sup>2</sup>) oder 15 cm Distanz (18 Töpfe mit je 3-4 Korn pro m<sup>2</sup>) in der Reihe gepflanzt.

## Ergebnisse

### Direktsaatverfahren

Der Vlieseinsatz förderte die Keimung der Beikräuter (v.a. *Stellaria media* und *Lamium purpureum*) deutlich, z.B. 2004 um mehr als 200%. Das Beikraut konnte jeweils an den Abflammterminen gut erfasst werden. Trotzdem war der Handjätbedarf bei den Verfahren mit Vliesbedeckung tendenziell (mit Abflammen) oder signifikant höher (ohne Abflammen, Abb. 3.4.2). Das könnte damit erklärt werden, dass möglicherweise durch die Vliesabdeckung Beikrautsamen zur Keimung stimuliert werden, die sonst in diesem Jahr nicht keimen würde. Bei den späteren Handjät-durchgängen verursachten vor allem die typischen Sommerkeimer (wie Franzosenkraut) viel Arbeit.

Der Einsatz der Glattwalze erwies sich v.a. 2005 als problematisch, da sich durch ein Regenereignis eine Kruste bildete (hier ohne Einfluss auf den Zwiebelauflauf). Im Steckzwiebelverfahren war der Beikrautbesatz durch den effizienten Einsatz des Beetstriegels sehr gering. Das Abflammen reduzierte den Beikrautbesatz nur wenig.

Sowohl beim Steckzwiebelverfahren, wie bei der Direktsaat verursachte das Abflammen 3-6 % Ertragsverlust.

Bei den gepflanzten Zwiebeln, erleichterte die weitere Distanz in der Reihe 2005 das Jäten mit der Handhacke wesentlich. Auf die benötigte Arbeitszeit hatte dies aber keinen signifikanten Einfluss.

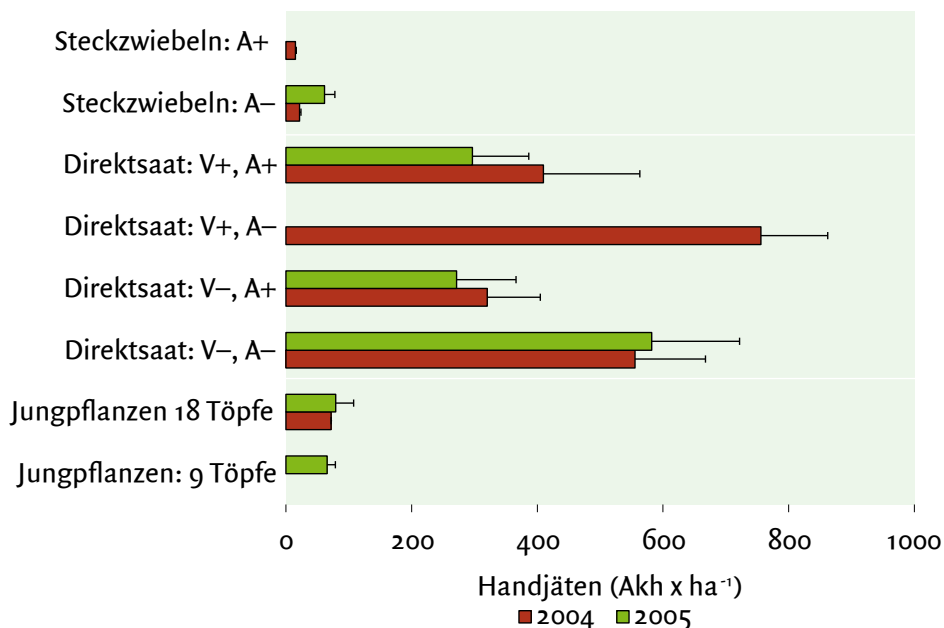


Abb. 3.4.2: Handjäteinsatz in den Anbausystemen und Unterverfahren

Tab. 3.4.2: Maschineneinsatz und Handjätbedarf in den Anbausystemen 2004

Maßnahme	Abflammen	Beetstriegel	Hackbürste	Scharrhacke	Handjäten (Akh)
Gesät	8.4.	–	22.4. 5.5. 13.5. 17.6.	25.5. 21.6.	272
Gesteckt	–	13.4. 13.4 16.4. 27.4.	22.4. 13.5.	17.5.	22
Gepflanzt	–	–	22.4. 5.5. 13.5. 17.6.	17.5. 25.5. 21.6.	72



Abb.3.4.3: Die Hackbürste enterdet die Beikräuter gut. Nachteilig ist, dass sie sich nicht an Bodenunebenheiten anpasst (daher: ebener Beetanbau notwendig) und bedingt durch die Bauart nur im frühen Kulturstadium (bzw. bei wenig Blattmasse) angewendet werden kann

Der deutlich tiefere Handjätbedarf im Verfahren mit gesteckten Zwiebeln wurde v.a. durch den effizienten Einsatz des Beetriegels mit einem Leichtgeräteträger erreicht (Tab. 3.4.2). Dadurch war auch die Bekämpfung in der Reihe zufriedenstellend. Da aus Steckzwiebeln viel robustere Zwiebelröhren auflaufen, ist hier ein früher Einsatz möglich. Mit den anderen Geräten war nur ein leichtes Verschütten in der Reihe (z.B. bei der Hackbürste, durch leichtes Anheben der Schutztunnel) möglich. Die Hackbürste wurde wegen ihrer besseren Enterdung der Unkräuter gewählt, war aber bei späteren Stadien nicht mehr einsetzbar (Abb. 3.4.3). Auch mit der Pflanzkultur konnte der Jätaufwand drastisch reduziert werden, bei neun Töpfen pro m<sup>2</sup> mit je 5-7 Korn war das Verfahren auch ökonomisch konkurrenzfähig. Der Anbau über Steckzwiebel hat durch die schlechte Qualität des Ausgangsmaterials in mehreren Jahren in Folge stark an Bedeutung verloren.

## Fazit

- Bei Zwiebeln lässt sich durch das Anbausystem, der Aufwand für das Handjäten drastisch beeinflussen.
- In gesteckten Zwiebeln kann, durch ihre robuste Wuchsform, auch der Striegel effektiv eingesetzt werden.
- Abflammen wies sich, wie erwartet, als höchsteffizient im Direktsaatverfahren.
- Der vorgängige Vlieseinsatz erhöhte zwar die Beikrautkeimung, aber vermochte den Handjäteinsatz - durch eine erhoffte erhöhte Effizienz beim Abflammen - nicht zu reduzieren.

HERR MARTIN KOLLER

FORSCHUNGSINSTITUT FÜR BIOLOGISCHEN LANDBAU (FiBL)  
ACKERSTRASSE, CH-5070 FRICK

MARTIN.KOLLER@FIBL.ORG  
WWW.FIBL.ORG



## 3.5 Verschiedene Hackgeräte im Feldversuch: Fenchel, Soja und Gemüsekulturen

CHRISTINE ZILLGER, MARGIT DEHE, KARIN POSTWEILER, BEATE TSCHÖPE

DIENSTLEISTUNGSZENTRUM LÄNDLICHER RAUM (DLR) RHEINLAND-PFALZ

### Projektbeschreibung

Eine Vielzahl neu entwickelter Hackgeräte, die insbesondere in der Reihe arbeiten, verspricht eine bessere Beikrautregulierung. Durch Verschütten oder Entwurzeln neu aufgelaufener Beikräuter soll der Beikrautbesatz in der Reihe minimiert werden. Ziel des Projektes war daher, in Feldversuchen unter Praxisbedingungen den Regulierungserfolg dieser neuartigen, für den Einsatz in der Reihe (Intra-Reihengeräte) konzipierten Geräte, gegenüber der traditionellen Zwischenreihenhacke in zwei Sä- und zwei Pflanzkulturen zu ermitteln und zu vergleichen. Die Durchführung der Versuche erfolgte in den Jahren 2005 bis 2008 an drei verschiedenen Standorten.<sup>3</sup>

### Kulturarten

Beispielhaft für Säkulturen wurden für den Versuch Sojabohne (*Glycine max* L.) und Körnerfenchel (*Foeniculum vulgare* Mil.) ausgewählt, denen das milde Klima in der Nähe des Rheins gute Vegetationsbedingungen bietet. Beide Kulturarten sind auf Grund ihres hohen Bearbeitungsaufwandes in der betrieblichen Fruchtfolge als Hackfrüchte einzustufen. Der Geräteeinsatz in Sojabohnen wurde zweijährig auf Flächen der Betriebsgemeinschaft Mechtersheim getestet. Der Körnerfenchel wurde ebenfalls zwei Jahre in Mechtersheim angebaut, und danach zwei Jahre auf dem Betrieb Sander in Gau-Odernheim.

Aus dem Bereich der Pflanzkulturen wurden Blumenkohl und Eissalat ausgewählt, die jeweils für die Dauer von zwei Jahren auf Flächen des Versuchsbetriebes Queckbrunnerhof angebaut wurden. Die Jungpflanzen wurden mit Wurzelballen angeliefert und maschinell gesetzt.

<sup>3</sup> Dieser Artikel ist eine Kurzzusammenfassung der Projektergebnisse. Ausführliche Beschreibungen und Ergebnistabellen für die einzelnen Kulturen finden Sie im Abschlußbericht. Kontakt: : christine.zillger@dlr.rlp.de, www.oekolandbau.rlp.de, Kompetenzzentrum ökologischer Landbau, Rheinland Pfalz

**Tab. 3.5.1: Beschreibung der Standortverhältnisse**

Betrieb	Ort	Bodentyp	Ackerzahl	Bodenart	Niederschlag (mm/Jahr)	Durchschnittstemp. (°C)	Höhe über NN (m)
Betriebsgemeinschaft Mechtersheim (Bioland)	Römerberg / Südpfalz	Parabraun-erde aus Löß	60	sL (tL)	643	10,1	120
Sander (Demeter)	Gau-Odernheim/ Rheinhausen	Schwarzerde	80	IU	511	9,3	160
Versuchsbetrieb (Bioland)	Schiffersstadt/ Südpfalz	Parabraun-erde aus Löß	80 - 85	uL - IS	580	10,3	110

## Versuchsanlagen

Die Versuche 2005 wurden in Langparzellen ohne Wiederholung angelegt (Körnerfenchel 150 m, Soja 250 m) und sind als Tastversuche zu werten. In 2006 wurden zwei Wiederholungen angelegt mit jeweils zwei festen Boniturstellen nach 25 m und 50 m (15 m und 30 m bei Blumenkohl). Die Anordnung der Parzellen 2006 erfolgte zufällig unter Berücksichtigung der Bearbeitbarkeit durch die Hackgeräte.

Ab 2007 konnten die Versuche randomisiert mit vier Wiederholungen angelegt werden. Des Weiteren wurde eine unbehandelte Kontrolle (uK) eingerichtet und eine beikrautfreie Variante, die bis zur Beerntung mittels Gänsefußhacke + Handhacke beikrautfrei gehalten wurde. Pro Variante und Wiederholung wurden vier feste Boniturstellen eingerichtet. Die Versuchspläne aller Jahre und Kulturen sind im Abschlußbericht einsehbar.

Drei Tage vor und nach dem Hackgang wurden folgende Parameter ermittelt:

- Gesamtdeckungsgrad der Beikräuter in % und Teildeckungsgrad der Beikrautarten
- Art, Anzahl und Entwicklungsstadium der Beikräuter (Alt- und Neuverunkrautung)
- Gesamtdeckungsgrad der Kulturpflanzen in % und Entwicklungsstadium
- Schäden an der Kultur in % (Blattverlust, Pflanzenausfall)

Hierzu wurde ein Rahmen mit 0,25 m<sup>2</sup> (1 m x 25 cm) an die Boniturstellen entlang der Reihe angelegt. Als Regulierungserfolg wird die Verminderung der Anzahl der Beikräuter in Prozent bezeichnet. Der „zusätzliche Regulierungserfolg“ errechnet



sich aus der Differenz der Ergebnisse der jeweiligen Intra-Reihengeräte zur Vergleichsvariante (Gänsefußhacke bzw. Frontgrubber).

## Beschreibung und Einsatz der Geräte

Folgende Geräte wurden mit den jeweils angegebenen Arbeitstiefen getestet:



**Gänsefußhacke (Arbeitstiefe: 7 cm)**



**Frontgrubber (Arbeitstiefe: < 10 cm)**



**Torsionshacke (Arbeitstiefe: 2 cm)**



**Fingerhacke (Arbeitstiefe: 2-4 cm)**



**Uni Hacke (Arbeitstiefe: 2-4 cm)**



**Sternhacke (max. 1,5 cm bei 15 km/h)**

Tab. 3.5.2: Übersicht über den Einsatz der verschiedenen Hackgeräte in Bezug auf Kultur und Jahr. S: Sommerkultur (ab August); F: Frühjahrskultur (ab März)

Versuchsjahr Kultur	2005		2006			2007			2008		
	Körnerfenchel	Sojabohnen	Körnerfenchel	Sojabohnen	Blumenkohl (S)	Körnerfenchel	Blumenkohl (F)	Eissalat (S)	Körnerfenchel	Eissalat (F)	Chicoree
Gänsefußhacke mit Handhacke						X	X	X	X	X	
Gänsefußhacke	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Frontgrubber				X							
Torsionshacke mit Gänsefuß	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fingerhacke mit Gänsefuß	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
Uni-Hacke mit Gänsefuß			X	X		X			X		
Stern-Hacke (Yetter)	X	X	X	X							

Die mechanische Beikrautbekämpfung erfolgte mit bis zu fünf verschiedenen Varianten, davon maximal vier Prüfvarianten und die Vergleichsvariante Gänsefußhacke (Körnerfenchel, Blumenkohl, Eissalat) bzw. Frontgrubber (Soja). Die Hackgeräte, die ausschließlich in der Reihe hacken (Torsions- und Fingerhacke), wurden immer kombiniert mit Gänsefußscharen im Zwischenachsanaubau eingesetzt bzw. mit dem Frontgrubber (bei Soja), um auch Beikräuter zwischen den Reihen zu erfassen. Tab. 3.5.2 gibt eine Übersicht über den Einsatz der Hackgeräte in den verschiedenen Kulturen.

Die verschiedenen Kulturen wurden je nach Witterung und Entwicklungszustand der Kulturpflanzen bzw. der Beikräuter ein- bis mehrmals (max. viermal) mit den jeweiligen Hackgeräten bearbeitet (Tab. 3.5.2).

### Ergebnis: Kulturübergreifende Beurteilung der verschiedenen Geräte

In drei der vier geprüften Kulturen haben die Intra-Reihengeräte einen höheren Regulierungseffekt als das Zwischenreihengerät Gänsefußhacke: Körnerfenchel, Salat und Blumenkohl. In Sojabohne dagegen war der Regulierungserfolg der Intra-Reihengeräte geringer als der des Frontgrubbers, der wohl zwischen den

Reihen arbeitet, aber einen zusätzlichen Häufel-effekt in die Reihe hat.

Die Effektivität der Hackmaschinen ist stark abhängig von den Gegebenheiten des Bodens, d.h. der Neigung zum Verschlämmen und zur Krustenbildung und der Gleichmäßigkeit der Bodenoberfläche bzw. des Saatbettes. Verkrustete bzw. verschlammte Böden schränken den Wirkungsgrad hinsichtlich Beikrautverringern der Maschinen mit aufsteigender Tendenz ein: Frontgrubber, Gänsefußhacke, Unihacke, Yetter Sternhacke, Fingerhacke, Torsionshacke. Die Ergebnisse der Torsionshacke können unter diesen Umständen nur minimal sein. Dies ist der ausschlaggebende Grund, warum die Torsionshacke hinsichtlich der Beikrautregulierung am schlechtesten abschnitt.

Die Intra-Reihenmaschinen, insbesondere die Torsionshacke, erzielten trotz ungenügendem Beikrautregulierungsgrad auf verschlammten Böden einen positiven Einfluss auf den Ertrag des Körnerfenchels. Es bleibt zu vermuten, dass durch die Lockerung des Bodens in unmittelbarer Nähe der Pflanzen Stickstoff mobilisiert wurde.

Ebenso entscheidet der Zeitpunkt des Einsatzes über den Wirkungsgrad: Je früher der Einsatz, umso höher der Wirkungsgrad. Im Umkehrschluss: Je größer die Beikräuter, umso schwerer sind sie mechanisch zu bekämpfen. Dies ist auch deutlich abzulesen am durchgehend schlechteren Regulierungserfolg der Gänsefußhacke im zweiten Hackgang im Vergleich zum ersten: Beikräuter, die im ersten Hackgang stehen geblieben waren und weiter wuchsen, wurden auch im zweiten Hackgang nicht erreicht. Der zweite Hackgang erfasst im Wesentlichen die neu aufgelaufenen Beikräuter. Diese waren in den bewässerten und mit Folie abgedeckten Pflanzkulturen der Versuche sehr viel zahlreicher als in der unbewässerten Säkultur Körnerfenchel.

Alle Intra-Reihengeräte führen zu höheren Pflanzenschäden als die Zwischenreihenhacke. (Siehe Tab. 3.5.3 ). Dabei sind beide Hackgänge kritisch für die Kulturpflanzen: Zu früher erster Hackgang bedeutet Schädigung der gerade aufgelaufenen Pflanzen der Säkultur oder Ausreißen von schlecht verwurzelten oder ungleichmäßig gesetzten Gemüsepflanzen. Zu später zweiter Hackgang bedeutet erhöhte Blattschäden insbesondere in Salat, mit der Gefahr des Eindringens von Krankheitserregern.

**Tab. 3.5.3: Durchschnittlicher zusätzlicher oder negativer Regulierungserfolg (Verminderung der Anzahl der Unkräuter in %) der Intra-Reihengeräte im Vergleich zur Gänsefußhacke bzw. Frontgrubber (nur in Sojabohnen)**

Ergebnisse (in%)		Gänsefuß- hacke bzw. Frontgrubber	Torsions- hacke	Finger- hacke	Uni- hacke	Stern- hacke, Yetter
1. Hackgang	Fenchel	48	13	23	12	17
	Blumenkohl	57	19	21		
	Salat	77	6	10		
	Soja	88	-6	-6	-21	-40
2. Hackgang	Fenchel	17	15	17	32	22
	Blumenkohl	40	18	26		
	Salat	66	4	15		
Durch- schnittliche	Fenchel	36	14	20	22	19
	Blumenkohl	53	18	23		
	Salat	72	5	13		

## Schlussfolgerung

Alle geprüften Intra-Reihengeräte zeigen in Körnerfenchel sowie Blumenkohl und Eissalat bessere Regulierungserfolge als eine alleinige Zwischenreihenhacke. Dieses verbesserte Beikrautmanagement geht allerdings einher mit einer erhöhten Pflanzenschädigung. Daher ist das optimale Zeitfenster des ersten Hackganges, sehr eng und erfordert eine hohe Aufmerksamkeit und Einsatzbereitschaft des Betriebsleiters.

In Pflanzkulturen ist ein zweiter Hackgang mit den Intra-Reihengeräten sehr genau abzuwägen: Ist die Kulturpflanze zu groß, sollte darauf verzichtet und lediglich mit der Zwischenreihenhacke gearbeitet werden.

Die Unterschiede des Beikrautregulierungserfolgs zwischen den getesteten Intra-Reihengeräten sind mit max. 8 % im Durchschnitt eher gering. Daher kann durchaus die Anschaffung eines Gerätes über die Preiswürdigkeit entschieden werden. In Säukulturen können die Intra-Reihengeräte bei verschlammten Böden einen positiven Effekt auf die Nährstoffmobilisierung haben. Dazu genügt das preiswerteste Gerät.

Unverzichtbar bleibt als Voraussetzung für einen Zusatzeffekt der Intra-Reihengeräte die optimale Stellung der Kultur in der Fruchtfolge (geringer Beikrautdruck, keine durchwachsende Altverunkrautung, Bodengare), beste Saatbettbereitung, genaueste Sä- und Pflanztechnik sowie geeignete Voraufverfahren (Abflam-

men, Striegeln, Einsatz der Yetter Sternhacke) bei Säkulturen. Insbesondere die beiden letzten Maßnahmen sind sehr häufig verbesserungswürdig und führen nicht selten zum Totalausfall der Kultur oder zum Einsatz der arbeitsaufwendigen Handhacke.

Sojabohnen bedürfen eines eigens angepassten Beikrautmanagements. Da die Stängel der Keimlinge sehr leicht brechen, ist der Einsatz von Intra-Reihengeräten im ersten Hackgang mit zu hohen Pflanzenverlusten verbunden. Zum zweiten Hackgang ist ihr Einsatz nicht mehr wirkungsvoll, da die Unkräuter zu groß geworden sind. Vorauflaufverfahren gegen Unkräuter in Sojabohnen sind unabdinglich. Eine erhöhte Aussaatmenge kann durch Hackmaßnahmen bedingte Pflanzenverluste ausgleichen.

### **Hinweise zu erfolgreichem Beikrautmanagement in Feinsämereien**

Bevor in eine neue Technik investiert wird, sollten folgende Fragen positiv beantwortet werden:

- Steht die Feinsämerei an der richtigen Stelle in der Fruchtfolge? (Beikrautdruck, Bodengare, Nährstoffverfügbarkeit)
- Ist die Altverunkrautung im Griff? (Einsatz des Pfluges, Unkrautkur)
- Ist das Saatbeet gut vorbereitet? (Gleichmäßig feinkrümelig)
- Ist die Sätechnik optimiert? (Schärfung der Säscharre, korrekte Einstellung, Einsatz eines Einzelkornsägers); Ziel: Gleichmäßige Ablage in der Tiefe und in der Reihe!
- Ist der Zustand der Zwischenreihenhacke optimiert? (Korrekte Einstellung, zusätzliche Werkzeuge, z.B. Winkelmesser, Pflege der Werkzeuge)
- Ist der Einsatzzeitpunkt der ersten Zwischenreihenhacke optimiert? (Möglichst sofort nach Sichtbarwerden der Reihen)

Erst die Erfüllung dieser Voraussetzungen ermöglicht einen Zusatzerfolg der Intra-Reihenhackmaschinen. Ob sich dieser auch rechnet, hängt wieder von anderen Parametern ab, z.B. dem Preis des Gerätes, des Flächenumfanges, der Erzeugerpreise.

Reihenhackmaschinen können nicht mit einer Altverunkrautung fertig werden oder Misserfolge der Zwischenreihenhacke ausbessern. Sie verbessern auch nicht generell die Wachstumsbedingungen für Pflanzen, deren Keimungsverlauf suboptimal war! Im Gegenteil, Intra-Reihenhackmaschinen bergen die Gefahr bei falschem Einsatzzeitpunkt die Kulturpflanzen zu schädigen!

### **Danksagung**

Das Projekt wurde gefördert mit Mitteln des Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau, Rheinland-Pfalz.

FRAU CHRISTINE ZILLGER

Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) Rheinland-Pfalz  
Rüdesheimerstr. 60-68, 55545 Bad Kreuznach

[CHRISTINE.ZILLGER@DLR.RLP.DE](mailto:CHRISTINE.ZILLGER@DLR.RLP.DE)

[WWW.OEKOLANDBAU.RLP.DE](http://WWW.OEKOLANDBAU.RLP.DE)

## 3.6 Auf dem Weg zur Präzisionshacke – Beikrautregulierung mit der Scharhacke in Gemüsekulturen

WILLI BOLTEN, BIOLAND HOF BOLTEN

BIRGIT WILHELM, UNI KASSEL, FACHGEBIET AGRARTECHNIK

Herr Bolten bewirtschaftet mit seiner Familie seit über 25 Jahren einen viehlosen Ackerbaubetrieb mit Direktvermarktung in Niederkrüchten zwischen Mönchengladbach und der holländischen Grenze. Auf der ca. 200 ha Ackerfläche (sandiger Lehm) wird hauptsächlich Feldgemüse wie Möhren, Weißkohl, Spinat, Erbsen, Buschbohnen und Kürbis angebaut. Außerdem Kartoffeln, Getreide und Klee-gras. Seit den Anfängen im Jahre 1985 wird das Gemüse mit einer Scharhacke zur Beikrautregulierung bearbeitet. Dieses altbekannte System wurde nach und nach optimiert mit dem Ziel, die «ungehackten» Zwischenräume direkt neben den Reihen soweit wie möglich zu reduzieren. Heute wird im Betrieb mit einer 9 Meter breiten Scharhacke gearbeitet, sodass bei einem Reihenabstand von 25 cm nur die Kulturpflanzenreihe in einer Breite von 3 cm unbearbeitet bleibt (Scharhacke Gänsefußschar 22 cm).



Abb. 3.6.1: Einsatz der Scharhacke im Spinat



**Abb. 3.6.2:** Eine Kulturpflanzenbreite von 3 cm bleibt unbearbeitet



**Abb. 3.6.3:** Fertigstellung eines feinkrümigen, ebenen Saatbetts



## Voraussetzungen für den erfolgreichen Einsatz der Scharhacke

Die Scharhacke kommt in allen Gemüsekulturen je nach Beikrautaufkommen 2-4 Mal zum Einsatz. Für eine erfolgreiche Arbeitsweise sollten folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

### 1. Ein feinkrümeliges, ebenes und gut abgesetztes Saatbett:

Bei unebenen Oberflächen arbeitet das Schar der Hacke entweder zu tief oder zu flach statt im optimalen Bereich von 0,5-1,5cm Tiefe. Diese sehr flache Einstellung des Hackschars ist notwendig, weil die Bodenbewegungen im 1 cm nahen Bereich neben der Kulturpflanze zu viele Wurzeln der Kulturpflanze beschädigen würde. (Darüber hinaus führt ein zu tiefes Hacken auch dazu, dass Unkräuter mit ihren Wurzeln in einer kleinen Scholle wie in einer Art Erdpresstopf bis zum nächsten Regen überleben können und dann munter weiter wachsen.) Feinkrümelig muss der Boden sein, damit die oberirdischen Teile der Kulturpflanzen nicht von verrollenden und verschobenen Erdschollen und Erdklumpen verschüttet werden. Es ergibt sich damit eine klare Umorientierung weg von einer natürlich und grob konturierten Oberfläche hin zu einer bewusst gestalteten ebenen Ackerfläche.



Abb. 3.6.4: Säen ohne seitliches Spiel, mit exakter Tiefenablage



Abb. 3.6.5: Anlage einer regenfesten Markierungslinie

## 2. Kein seitliches Spiel der Machinenschare

Sä- und Pflanzenmaschinenschare sowie Hackmaschinen-Parallelogramme dürfen kein seitliches Spiel haben und müssen sehr exakte Reihenabstände aufweisen. So verursacht eine einzige Sämaschinenreihe, die einen Reihenabstand von 23,5 cm statt 25 aufweist sehr große Probleme beim Hacken. Fährt man beispielsweise nach erfolgreicher Korrektur der entsprechenden Hackscharen auf 23,5 cm, eine einzige Hackmaschinenbreite versehentlich entgegengesetzt zur Särichtung, so werden unter Umständen gleich zwei Kulturpflanzenreihen beeinträchtigt.

## 3. Weitere hilfreiche Maßnahme

Nicht unbedingt Voraussetzung aber dennoch sehr hilfreich für derart präzises Hacken sind weiterhin:

- a) die Saat oder Pflanzung mit GPS gesteuerter Traktoren, die für sehr gerade Reihen sorgen.
- b) das Anlegen einer präzise konturierten teilweise regenfesten kleinen Furche genau in der Mitte zwischen zwei Pflanzenreihen, die bei der Hackarbeit zur Feinsterneuerung der Hackmaschine von einem Beifahrer als Orientierung genutzt wird.

Die geraden Reihen ermöglichen einerseits höhere Fahrgeschwindigkeiten bei der Hackarbeit, da nur sehr geringe seitliche Korrekturen der Hackmaschine erforderlich sind. Darüber hinaus verhindern sie, dass das unvermeidliche verbleibende seitliche Spiel der Sä-, Pflanz- und Hackorgane sich bei Kurvenfahrten aufaddiert bzw. erst wirksam wird. (Bei gerade gezogenem Gerät wirkt sich vorhandenes Spiel kaum aus.) Die Orientierung der Feinsteuerung an einer Markierungsrinne statt z.B. an einer Pflanzenreihe ist viel präziser, da Pflanzenreihen keine genau definierte Mitte aufweisen, oft schräg aus den Reihen herauswachsen oder lückig sein können. Besonders deutlich wird der Nachteil der Orientierung an Pflanzenreihen, wenn diese größer sind, sodass schon allein Seitenwind eine optische Täuschung verursacht.

### **Möglichkeiten, Nachteile und Grenzen der präzisen Scharhacke**

Prinzipiell ist mit Hilfe der Markierungslinie und einer millimetergenauen automatisierten Seitenführung die Weiterentwicklung zu einer Ultra-Präzisionshacke möglich. Die Markierungslinie ermöglicht ein Hacken im Vorauflauf (Blindhacken). Es wäre aber auch denkbar vorhandene Sä- und Pflanzmaschinen mit geringen Arbeitsbreiten so umzurüsten, dass mehrere kleine Arbeitsbreiten mit Hilfe eines automatisierten seitlichen Verschieberahmens, der sich an eine Markierungsreihe orientiert, zu größeren Einheiten mit exakt gleichen Reihenabständen zusammengefasst werden, die dann von einer größeren Hackmaschine schlagkräftig und bodenschonend bearbeitet werden. Zumindest im Getreidebau ließe sich die Beikrautregulierung dadurch deutlich verbessern und konventionelle Betriebe mit entsprechenden Unkrautresistenzen könnten hier ebenfalls interessiert sein.

Der Nachteil des Verfahrens liegt im hohen technischen Aufwand. Darüber hinaus steigt bei sehr feinkrümeligen und ebenen Ackerflächen die Gefahr der Wind- und Wassererosion.

Wie so oft im ökologischen Landbau gibt es nicht die eine Maßnahme, die alle Beikrautprobleme löst. Erfolgreiche Beikrautregulierung setzt voraus, dass das Beikrautpotential im Boden durch eine Vielzahl aufeinander abgestimmte Maßnahmen reduziert oder auf einem niedrigeren Niveau gehalten wird. Unter Umständen kann selbst eine nur 2 cm breite Kulturpflanzenreihe bei entsprechendem Beikrautdruck nicht mit ökonomisch vertretbarem Arbeitsaufwand beikrautfrei gehalten werden. Hier müssen eine veränderte Fruchtfolgegestaltung aber auch kurze Schwarzbracheperioden mit einer intensiven Unkrautkur vielfach erst die Voraussetzungen schaffen, um die Scharhacke erfolgreich einsetzen zu können.

HERR WILLI BOLTEN

BIOLAND HOF BOLTEN  
DAM 36, 41327 NIEDERKRÜCHTEN

WILLI-BOLTEN@BIOHOF-BOLTEN.DE  
WWW.BIOHOF-BOLTEN.DE

## 3.7. Die Torsionshacke - ein Gerät zur Beikrautregulierung in der Reihe

ANETTE BRAUN, BERATUNGSDIENST ÖKOLOGISCHER GEMÜSEBAU

Die Beikrautregulierung zwischen den Reihen lässt sich im Gemüsebau gut mechanisieren, während in der Reihe zwischen den Kulturpflanzen oft noch aufwendige Handarbeit durch Jäten oder Hacken angesagt ist. Die Torsionshacke ist ein relativ kostengünstiges Werkzeug, das - mit der normalen Gänsefußhacke kombiniert - in vielen Kulturen für die Bearbeitung in der Reihe eingesetzt werden kann.

### Funktionsweise der Torsionshacke

Die Torsionshacke besteht aus zwei seitlich gekröpften flexiblen Federzinken je Pflanzreihe, die vibrierend in ca. 2 cm Tiefe im Boden seitlich der Pflanzreihe bis an die Pflanzen heran arbeiten. Krusten werden durch die Bearbeitung gebrochen, der Boden wird gelockert und das Beikraut entwurzelt. Kleine Beikrautpflanzen werden verschüttet, größere Pflanzen an den Wurzeln aus dem Boden gelöst und zum Teil von den Zinken mitgezogen und so enterdet bis sie auf dem Boden zwischen den Reihen liegen bleiben (Abb. 3.7.1).



Abb. 3.7.1: Hier ist die Wirkung der Zinken im Boden zu sehen - bis an die Pflanzenreihe heran.  
Foto: Markus Mücke

Die Intensität der Wirkung kann durch die Einstellung der Zinken und durch die Fahrgeschwindigkeit verändert werden. Je näher die Enden der Zinken zusammenstehen, umso schärfer ist die Wirkung auf Beikraut (und Kulturpflanze). Berühren sich die Zinken im Ruhezustand, so ist die Wirkung weniger aggressiv, während bei überkreuzten Zinkenenden eine schärfere Wirkung erreicht wird. Durch die Fahrgeschwindigkeit und dem Druck im Boden entsteht etwas Abstand zwischen den zwei Zinken, dadurch werden die Pflanzen in den Reihen nicht beschädigt. Je schneller man fährt, umso weiter werden die Zinken auseinandergedrückt und arbeiten so weiter entfernt von der Kulturpflanze.

Allerdings sollte immer in Kombination mit vorlaufender Scharhacke vor den Torsionszinken gearbeitet werden, im gleichen Arbeitsgang. Denn durch die Schare wird der Boden möglichst nah bis an die Reihe gelockert und das Eindringen der Zinken auch bei festerem Boden oder leichten Krusten ermöglicht.

### **Für welche Beikrautstadien und Kulturen ist die Torsionshacke geeignet?**

Die Wirkung auf das Beikraut ist - wie meistens beim Hacken - optimal bis zum 2-Blatt-Stadium. Im 4-6-Blatt-Stadium können je nach Lockerheit des Bodens und Wurzeltiefe die Beikräuter auch noch gut erfasst und herausgezogen werden.

Die Kombination ist in den meisten Sä- und Pflanzkulturen wie Salat, Kohlrabi, Bundzwiebeln, gepflanzte und direkt gesäte Kräuter, Spinat, Buschbohnen, Mais, Kohl, einsetzbar. Allerdings reagieren gepflanzte Kulturen empfindlicher als gesäte Kulturen auf die Zinken. Bei zu scharfer Einstellung der Zinken können in Pflanzkulturen Erdpresstöpfe mit erfasst werden und gelockert oder herausgerissen werden. Daher sollten die Erdpresstöpfe möglichst so tief, wie die Pflanze es verträgt, gesetzt werden. Speedys sind auf Grund ihrer Größe und Form (klein und rund) weniger empfindlich.

Besonders empfindliche Pflanzkulturen wie Salat oder Petersilie werden mit einer weniger scharfen Einstellung der Torsionszinken gehackt. Dabei bleibt in der Reihe ein Streifen unbearbeitet. Da die Zinken aber die Erdkruste zwischen den Pflanzen lockern und bewegen, werden oft kleine Unkräuter (2-4-Blatt) mit abgerissen und können je nach Witterung zu 80-90 % verwelken.

### **Befestigung und Einstellung an der Hackmaschine**

Laut Hersteller, der holländischen Firma Frato, kann die Torsionshacke ganz einfach an jeder vorhandenen Hackmaschine befestigt werden. In unserem Fall ist es ein Schmotzer Hackrahmen. Die Gänsefußschare befinden sich vorne mittig im Parallelogramm, die Torsionszinken an den seitlichen Halterungen wie sie von Frato angeboten wird (Abb. 3.7.2).

Beim ersten Test stützten sich jedoch die Zinken beim Absenken in den Boden auf den Knick auf. Somit stehen die Zinkenspitzen nach oben. Der untere abgewinkelte Teil des Zinkens, das eigentliche Arbeitswerkzeug, läuft nicht parallel im Boden. Dadurch wird der Boden nicht gleichmäßig tief durchfahren und das Beikraut schlecht erfasst. Vor allem die Zinkenspitze, die nahe an die Pflanze heran arbeiten soll, ragt aus dem Boden. Sie verfehlt somit ihre Wirkung auf das Beikraut und beschädigt Blätter von Kulturpflanzen wie z.B. Salat.

### Stellung der Zinken anpassen

Für den kombinierten Einsatz mit der Scharhacke sind die Zinken zu stark angewinkelt. Der Einstellwinkel des gesamten Hackrahmens über den Oberlenker ist durch die Schare vorgegeben, die parallel im Boden laufen müssen. Um dies zu lösen wurde die ursprünglich rechtwinklig am Schaft sitzende Halterungsplatte abgetrennt und in einem Winkel von ca.  $105^\circ$  schräg angeschweißt (Abb. 3.7.3). Damit läuft der untere Teil der Zinken wie gewünscht parallel auf einer Höhe durch den Boden. Auch andere Betriebe sind zu ähnlichen selbstkonstruierten Lösungen gekommen (Abb. 3.7.4).

Auf Nachfrage bietet die Fa. Frato nun eine Halterung mit verstellbarem Neigungswinkel an (Abb. 3.7.5 links). Wir haben sie ausprobiert und für gut befunden.



Abb. 3.7.2: Befestigung der Torsionselemente an den seitlichen Auslegern des Schotter-Parallelogramms mit vorauslaufenden Gänsefußscharen in der mittleren Aufnahme des Parallelogramms



**Abb. 3.7.3:** Die Grundplatte der Halterung wurde abgetrennt und im Winkel von ca.  $105^\circ$  schräg wieder angeschweißt (ursprünglich  $90^\circ$ ).



**Abb. 3.7.4:** Hier wurde mit einer selbstgebauten Halterung (blau) die Torsionshacke nicht am Parallelogramm sondern direkt am Hackrahmen befestigt, so dass die Zinken hinter dem Parallelogramm laufen. Der Neigungswinkel beträgt ebenfalls ca.  $15^\circ$ .





**Abb. 3.7.5:** Links: Die verstellbare Halterung, wie sie auf Nachfrage von Fa. Frato gefertigt wird. Hier mit Stielquerschnitt 10 x 30 mm. Rechts: Torsionshacke anderen Fabrikats zum Aufstecken auf den Stiel eines Hackschars (10 x 30 mm). Die Zinken sind über den Rundstiel mit einer Schraube in ihrer Neigung sowohl nach unten zum Boden als auch seitlich zur Pflanze verstellbar (Bezug: Fa. Kress).

Neben dem direkten Bezug bei Frato sind die Teile auch bei Fa. Kress erhältlich. Außerdem bietet Fa. Kress eine ähnlich funktionierende Torsionshacke anderen Fabrikats. Diese wird direkt auf den Stiel eines Hackschars montiert. Die Zinken sind dabei sowohl in ihrer Neigung zum Boden als auch zur Pflanze verstellbar (Abb. 3.7.5 rechts). Die Fa. Kress bietet gegen Gebühr auch eine Bestellung auf Probe mit Rücknahmemöglichkeit an.

### **Fazit**

Durch die gute Beikrautregulierung bis an und in die Reihe hinein bringt die Kombination mit der Torsionshacke eine deutliche Wirkungsverbesserung zur normalen Gänsefußhacke. Nach anfänglicher Tüftelarbeit bei der Befestigung hat die Torsionshacke im Betrieb deutliche Erleichterungen bei der Handhacke und sauberere Bestände gebracht. So kommen z.B. Salatsätze immer öfter ganz ohne Handhacke oder mit einem „Schnelldurchgang“ gut über die Runden. Die Torsionshacke kann universell bei fast allen Kulturen (s.o.) mit der

Scharhacke mitlaufen. Der Anschaffungspreis ist dabei vergleichsweise günstig (ca. 120.- - 150.- EUR/ Reihe).

FRAU ANETTE BRAUN

BERATUNGSDIENST ÖKOLOGISCHER GEMÜSEBAU  
AUF DEM WASEN 9, 71640 LUDWIGSBURG

ABRAUN@BIO-BERATUNG.DE





# 4. Maßnahmen im Ackerbau

EINLEITUNG VON BIRGIT WILHELM

UNIVERSITÄT KASSEL, FACHGEBIET AGRARTECHNIK

## Striegeln

Eines der am häufigsten verwendeten Geräte ist der Striegel. Der Striegel gilt als Standardgerät im ökologischen Getreideanbau und kommt bei geeigneten Boden- und Wetterverhältnisse oft schon im Voraufbau zum Einsatz. Obwohl der Striegel ein einfaches Gerät in seiner Handhabung ist, gibt es bei der Einstellung und bei der Fahrgeschwindigkeit einiges zu beachten. Unter zusätzlicher Berücksichtigung des Einsatzzeitpunktes wird auch ein erfolgreicher Striegeleinsatz in empfindlichen Kulturen, wie Erbsen und Sojabohnen möglich. Hierbei sind vor allem die Erfahrungen des Landwirts Josef Niedermaier interessant, der sich intensiv mit dem Striegel auseinandergesetzt hat und seine Erkenntnisse in einer technischen Weiterentwicklung des Striegels umgesetzt hat.

## Hacken und Häufeln

Besonders bei Kulturen mit einer langsamen Jugendentwicklung (Mais, Soja, Zuckerrüben) sind oft intensive Pflegemaßnahmen mit Hackgeräten notwendig. In diesem Kapitel werden Forschungsergebnisse mit unterschiedlichen Hackgeräten in Mais, Zuckerrüben, Sojabohnen und Erbsen vorgestellt. Im Vergleich zum Hacken wird beim „Häufeln“ das aufkommende Beikraut hauptsächlich verschüttet, um so der Kulturpflanze einen Vorteil zu verschaffen. Diese Methode wurde in Forschungsprojekten bei Mais und Erbsen eingesetzt und deren Einfluss auf die Beikrautentwicklung und den Ertrag der Kultur näher untersucht.

## Maßnahmen im Kartoffelanbau

Die Kartoffel ist eine der wichtigsten, aber auch anspruchvollsten Anbaukulturen im Ökolandbau. Neben den vielen Herausforderungen wie Krankheiten, Schädlinge, Pflanzgut, Sortenwahl, spielt die konsequente Beikrautregulierung eine wichtige Rolle für eine gute Ernte. Ergebnisse aus einem Forschungsprojekt zum Einsatz der Abflammtchnik bei Spätverunkrautung zeigen die Vor- und Nachteile dieses Verfahrens. Damit es gar nicht soweit kommt, werden in einem Praxisbericht bewährte Maßnahmen zur Beikrautregulierung im Kartoffelanbau vorgestellt und näher erläutert.



# 4.1 Grundlagen zum Einstellen und Auswählen von Striegeln

MARTIN HÄNSEL

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE

## Einleitung

Die optimale Arbeitsintensität eines Striegels wird auf dem Feld über die Parameter Arbeitstiefe, Fahrgeschwindigkeit und Anstellwinkel der Zinken im Boden gesucht. Mit einem Geräteumbau lässt sich zusätzlich der Durchmesser der Striegelzinken verändern. Insgesamt ergeben sich daraus vielfältige Kombinationsmöglichkeiten. Um gezielte Hinweise zum Einsatz und zur Einstellung von Striegeln entwickeln zu können, wurde die Arbeitsweise einzelner Zinken in verschiedenen Einstellungen und Materialstärken unter Laborbedingungen in einem Bodenkanal beobachtet.

## Methoden

Die Messfahrten zur Prüfung von verschiedenen Arbeitseinstellungen von Striegelzinken fanden in einem Bodenkanal in einer Halle der TU Dresden statt. Er hatte die Maße: Länge 28,6 m und Breite 2,5 m und war aufgefüllt mit Boden der Bodenart sandiger Schluff (Us) in einer Mächtigkeit von etwa einem Meter. Die Korngrößen verteilten sich auf 4 % Ton, 75 % Schluff, davon 49 % Grobschluff, 20 % Sand und 1 % Feinkies.

Der Boden im Bereich der Oberfläche entsprach mit einer Dichte von 1,1 g/cm<sup>3</sup> und 17 % Feuchte einem lockeren, porenreichen, eher trockenem Substrat.

Ein elektrisch angetriebener Gerätewagen mit stufenloser Geschwindigkeitswahl (Tachometer mit digitaler Anzeige, minimale Auflösung 0,3 mm/s) zog die Striegelzinken mit konstanter Geschwindigkeit durch den Testkanal. Dazu erfolgte die Bodenvorbereitung mit den Arbeitsgängen Fräsen, Planieren, Walzen zu Beginn der Versuchsserien. Zwischen den Versuchen wurde die Oberfläche mit einer Profilschiene aus Eisen nur abgeschleppt. Die Höhenabweichung der Bodenoberfläche von der Nulllage betrug etwa 1 cm je Richtung.

Die Beobachtung der Striegelzinken im Boden selbst erfolgte über digitale Videoaufzeichnungen mit senkrechter (von oben) und waagrechter (seitlicher) Kamerablickrichtung auf der gesamten Streckenlänge. Bei einer Ausleuchtung des

Versuchsbereiches mit drei mal 300 Watt Halogenscheinwerferleistung aus etwa 1 m Entfernung erfolgte die Belichtung bei Blende 1,6 und 1/250 bis 1/350 s Belichtungszeit (Abb. 4.1.1).



**Abb. 4.1.1: Geräteanordnung zur Beobachtung der Wurfbahnen der Bodenteilchen beim Striegeln, hier: Wurfbreite (Kameraausrichtung von oben)**

Alle Messungen zur Bodenbewegung erfolgten indirekt über die Filmaufnahmen am Flachbildschirm. Dazu wurde die Bildabfolge mehrfach zufällig unterbrochen.

Die Messung der Streubreite der Bodenpartikel erfolgte anhand der fächerförmigen Schattenbildung des aufgeworfenen Bodenmaterials während der Bodenbearbeitung (Abb. 4.1.2). Gemessen wurde die breiteste deutlich zu beobachtende Ausformung des Schattens ohne Berücksichtigung von unscharfen Randzonen. Insofern wurde nicht die maximale Streubreite erfasst. Damit sind die Ergebnisse nur als relative Unterschiede zu interpretieren. Zur Erzeugung eines kontrastreichen Schattenwurfs wurden die Scheinwerfer flach über der Bodenoberfläche mitgeführt. Ein am Gerätewagen mitgeführter Maßstab sicherte die Rekonstruktion der realen Maße am Bildschirm. Die Standardabweichungen lagen im Mittel bei rund 10 % der Mittelwerte. Die Streubreite entspricht dabei der gesamten Aufwächerung der bewegten Bodenteilchen nach links und rechts vom Zinken. Die Verteilung der Werte entsprach zwar annähernd einer Normalverteilung, jedoch



konnte auch über Transformationen keine Homogenität der Varianzen erreicht werden, so dass verteilungsunabhängige Verfahren zur statistischen Auswertung angewandt wurden.

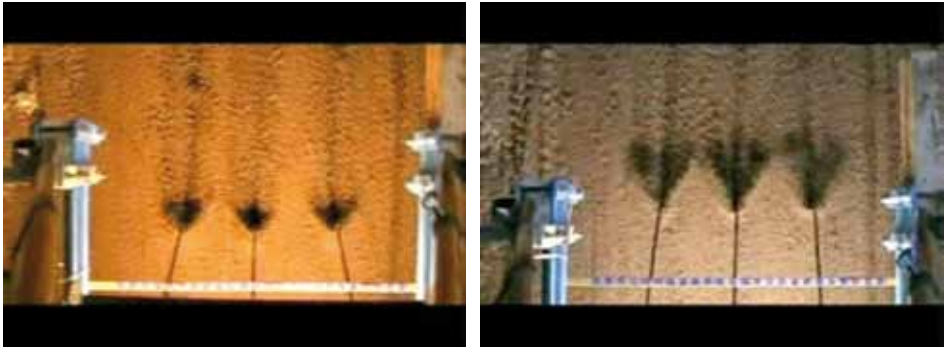


Abb. 4.1.2: Schattenwürfe zur Messung der Breite der gestreuten Bodenpartikeln beim Striegeln mit den Geschwindigkeiten 4 und 6 km/h (rechts)

Die Flughöhe der Bodenteilchen wurde anhand einer Eichmarke am Striegelzinken bestimmt, hierzu wurde nur der Zinken in nächster Kameranähe (Abstand ca. 40 cm) genutzt. Als Flughöhe des Bodens wurde die meist scharfe obere Grenze der geschlossenen Bodenpartikelfront gewertet (Abb. 4.1.3), so dass von dieser Linie abweichende, einzelne Bodenaggregate nicht berücksichtigt wurden. Allerdings minderten die Abweichungen der Striegelzinken von der Mittleren Arbeitstiefe sowie geringe Bodenunebenheiten die Präzision zur Flughöhenbestimmung der Bodenpartikel, so dass diese Daten nur als Größenordnungen zu bewerten sind.



Abb. 4.1.3: Flughöhen von Bodenpartikeln beim Striegeln mit 3 cm Arbeitstiefe bei den Geschwindigkeiten 4 und 8 km/h. Die weißen Markierungen am Striegelzinken entsprechen 2,5 cm Länge.

Geprüft wurden die Faktoren Zinkenstärke, Arbeitsgeschwindigkeit, Anstellwinkel des Zinkens im Boden und Arbeitstiefe in verschiedenen Stufen gemäß Tab. 4.1.1. Die Varianten mit den Arbeitsgeschwindigkeiten von 2 km/h und 8 km/h als

auch die unterschiedlichen Anstellwinkel der Zinken wurden jeweils doppelt an verschiedenen Tagen ausgeführt. Die Variante mit 4 km/h Arbeitsgeschwindigkeit wurde 3-fach wiederholt.

**Tab. 4.1.1: Prüffaktoren und Konstanten im Experiment zur Bodenbewegung beim Striegeln** (d = Durchmesser des Zinkens; v = Geschwindigkeit; h = Arbeitstiefe;  $\alpha$  = Anstellwinkel des Zinkens im Boden (50° = auf Griff; 90° = senkrecht zur Oberfläche; 110° = schleppend))

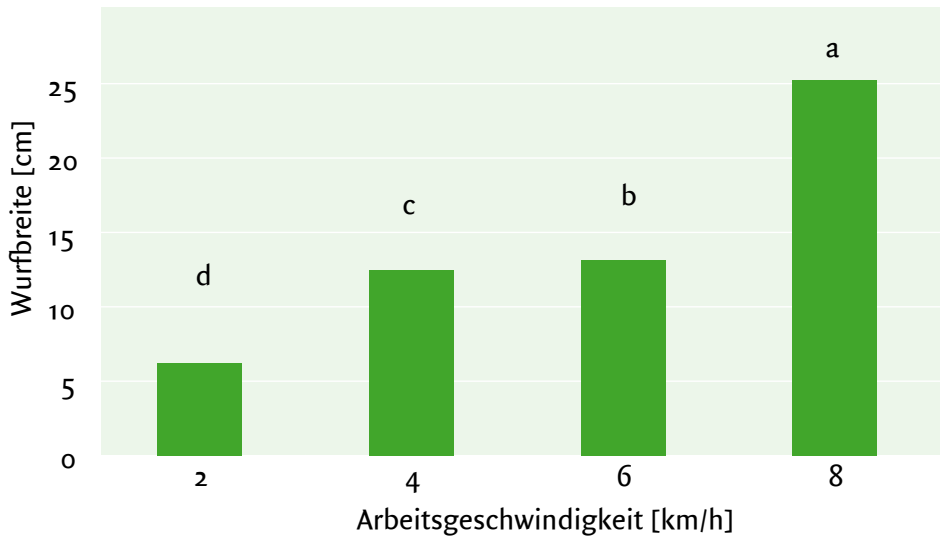
Parameter und Dimension	Stufen der Prüffaktoren und Konstanten			
	Zinkenstärke	Geschwindigkeit	Anstellwinkel	Arbeitstiefe
d [mm]	6; 7; 8	7	7	7
v [km/h]	4	2; 4; 6; 8	4	4
h [cm]	3	3	3	2; 3; 4
$\alpha$ [°]	90	90	50; 70; 90; 110	90

Die Beobachtung des Flugverhaltens der Bodenteilchen lässt im Wesentlichen nur Ableitungen auf die Intensität der Bodenbewegung zu. Da jedoch die Wirkung des Striegels vorwiegend auf dem Verschütten von Unkräutern beruht, wird dem Flugverhalten der Bodenteilchen eine wichtige Komponente für die Unkrautregulierung beigemessen.

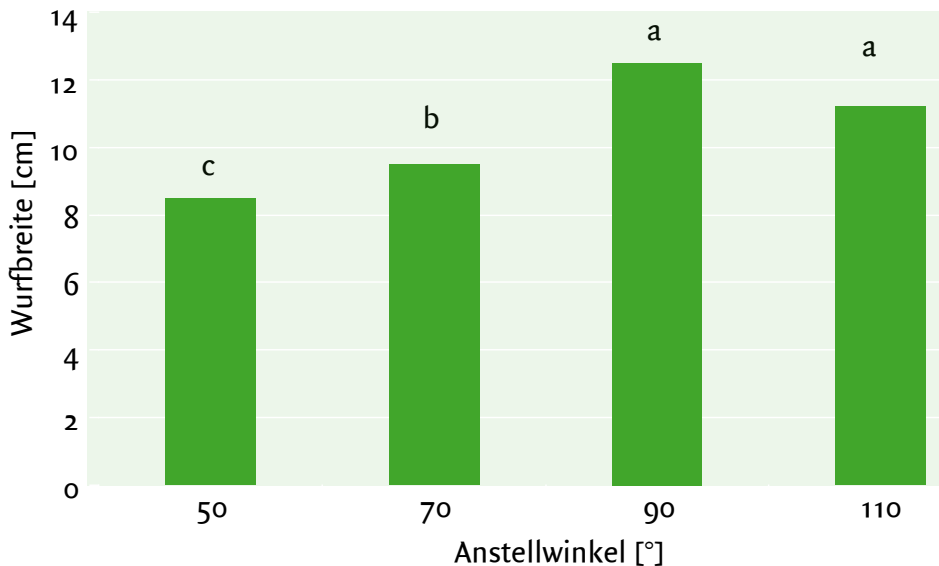
## Ergebnisse und Diskussion

Die Bewegung des Bodens quer zur Fahrtrichtung ließ sich durch die Variation der Fahrtgeschwindigkeit am stärksten beeinflussen, während die weiteren Prüffaktoren einen vergleichsweise geringeren Einfluss zeigten. Bei 8 km/h wurden die Bodenteilchen durch die Impulsübertragung der Striegelzinken bei einer Arbeitsgeschwindigkeit von 8 km/h 25,3 cm breit gestreut (Abb. 4.1.4). Die geringe Geschwindigkeit von 2 km/h löste aber selbst noch 6,2 cm Streubreite aus. Insgesamt konnte eine lineare Beziehung zwischen den Komponenten Geschwindigkeit und Wurfbreite mit Annäherung an die Gleichung  $y = 6x$  beobachtet werden. Somit sicherte selbst die geringe Arbeitsgeschwindigkeit von 2 km/h rechnerisch noch eine zweifach überlappende flächendeckende Bearbeitung des Bodens bei etwa 30 mm Strichabstand der Zinken von handelsüblicher Gerätetechnik ab. Ein vollständiges Verschütten von Unkrautkeimlingen kann somit bei 2 km/h in Betracht gezogen werden.

Die Flughöhe der Bodenpartikel steigerte sich zwischen 2 km/h und 8 km/h von etwa 3 cm auf 8 cm.



**Abb. 4.1.4:** Wurfbreite von Bodenpartikeln beim Durchgang eines Striegelzinkens durch den Boden bei unterschiedlichen Arbeitsgeschwindigkeiten. (Unterschiedliche Buchstaben über den Säulen kennzeichnen signifikante Unterschiede; U-Test bei  $\alpha = 0,05$ )



**Abb. 4.1.5:** Wurfbreite von Bodenpartikeln an einem Striegelzinken bei unterschiedlichen Anstellwinkeln zum Boden (Arbeitsgeschwindigkeit = 4 km/h; Arbeitstiefe 3 cm) (unterschiedliche Buchstaben über den Säulen kennzeichnen signifikante Unterschiede; U-Test bei  $\alpha = 0,05$ )

Die Wurfbreite der Bodenpartikel in Abhängigkeit von unterschiedlichen Anstellwinkeln zeigte im Bereich von 90° (Zinken steht senkrecht zum Boden) und 110° (Zinken in schleppender Anordnung) mit 12,5 cm bzw. 11,2 cm eine signifikant größere Ausdehnung als bei den spitzeren Winkeln von 50° und 70° (Zinkenspitzen in Fahrtrichtung zeigend) (Abb. 4.1.5). Die Werte der Flughöhe bei verschiedenen Anstellwinkeln der Zinken im Boden schwankten nur im engen Bereich zwischen 4,3 cm und 5,5 cm.

Zinken mit 6 mm Materialstärke wiesen etwas geringere Wurfbreiten auf als Zinken mit 7 mm oder 8 mm, während keine signifikanten Unterschiede durch eine Variation der Arbeitstiefe im Bereich zwischen 2 cm und 4 cm nachgewiesen werden konnten (Tab. 4.1.2)

**Tab. 4.1.2: Einfluss der Materialstärke sowie der Arbeitstiefe eines Striegelzinkens auf die Wurfbreite von Bodenpartikeln beim Striegeln bei 4 km/h Arbeitsgeschwindigkeit und 90° Anstellwinkel (U-Test;  $\alpha = 0,05$ )**

Arbeitstiefe [cm]	Durchmesser [mm]	Wurfbreite [cm]	Durchmesser [mm]	Arbeitstiefe [cm]	Wurfbreite [cm]
3	6	9,8 b	7	2	10,5 a
3	7	12,5 a	7	3	12,5 a
3	8	12,0 a	7	4	10,9 a

Die Daten aus den Versuchen in der Bodenrinne zeigen, dass vor allem mit der Arbeitsgeschwindigkeit die Intensität der Bodenbewegung beim Striegeln gesteuert werden kann und dabei Einstellwinkel der Zinken im Bereich zwischen 90° und 110° für die Bearbeitungsintensität unterstützend wirken. Dabei können jedoch auch flache Arbeitstiefen bei der Striegelarbeit noch wirkungsvoll sein. Allerdings muss bei reduzierter Arbeitstiefe auch mit einer Abnahme der bewegten Bodemasse gerechnet werden. Die Bestückung eines Striegels mit Zinken von 7 mm Stärke ist hinsichtlich der Bearbeitungsintensität bereits ausreichend. Der Einsatz von stärkeren oder schwächeren Zinken kann jedoch je nach Einsatzbedingungen trotzdem ohne gravierende Nachteile für die Arbeitsintensität erfolgen. Eine etwas abgeschwächte Wurfbreite kann durch eine geringe Geschwindigkeitssteigerung kompensiert werden.

HERR MARTIN HÄNSEL

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE  
GUSTAV-KÜHN-STR. 8, 04159 LEIPZIG

MARTIN.HAENSEL@SMUL.SACHSEN.DE  
WWW.LANDWIRTSCHAFT.SACHSEN.DE

## 4.2 Striegeleinsatz im Ackerbau – Erfahrungen aus der Praxis

JOSEF NIEDERMAIER, BIOLANDHOF NIEDERMAIER

BIRGIT WILHELM, UNIVERSITÄT KASSEL, FACHGEBIET AGRARTECHNIK

Josef Niedermaier bewirtschaftet mit seiner Familie in der Nähe von Augsburg einen 30 ha großen Ackerbaubetrieb. Die Flächen haben zwischen 30 und 58 Bodenpunkten und die Bodenart reicht von anmoorig bis lehmig (mit sehr schweren Böden). Die Jahresdurchschnittstemperatur liegt bei 7,9 °C und die Niederschlagsmenge bei 800 mm/Jahr. Der Betrieb wird als Gemischtbetrieb mit Schwerpunkt Ackerbau seit 40 Jahren ökologisch bewirtschaftet. Bis 2007 wurden auf dem Betrieb Kühe gehalten (0,7 GV/ha), seit fünf Jahren ist Herr Niedermaier an einer Biogasanlage beteiligt, die fünf Biobauern gemeinsam bewirtschaften. Hier wird das Klee gras verwertet und die entsprechend Güllemenge kommt zum Betrieb zurück und wird zu Kartoffeln, Mais und Weizen auf die Fläche ausgebracht.

### Soja- und Körnermais anbau

Seit sieben Jahren wird Soja angebaut, der Anteil in der Fruchtfolge beträgt ca. 20 %. Als Zwischenfrüchte werden Ackerbohnen und/oder Erbsen gebaut. Daraus ergibt sich folgende Fruchtfolge: Zweijähriges Klee gras – Winterweizen – Kartoffeln/Körnermais – Soja. Der Anbau von Soja erfolgt fast immer nach Körnermais. Der Körnermais wird spät geerntet, es wird keine Zwischenfrucht angebaut. Das Feld wird im Herbst gepflügt, im Frühjahr erfolgt die Saatbettbereitung für den Sojaanbau.

### Entwicklung eines neuen Striegels

Die mechanische Beikrautregulierung erfolgt mit einem Striegel, dessen Entwicklung auf die Erfindung und Arbeit von Herrn Niedermaier zurückgeht (Abb. 4.2.1). Herr Niedermaier beobachtete beim Striegeln mit einem herkömmlichen Gerät, dass vor allem bei Bodenunebenheiten der Striegel seitlich ausweicht und dadurch immer wieder Streifen nicht vom Striegel erfasst wurden. Auch bei weiteren Striegeldurchgängen blieben diese Streifen immer wieder unbearbeitet. Zudem war ihm sein herkömmlicher Striegel zu schwer und vor allem das Striegeln der



**Abb. 4.2.1:** Vor etwa zwölf Jahren wurde dieser leichte Striegel von Herrn Niedermaier in der kleinen Hofwerkstatt selber entworfen und gebaut

Kartoffeldämme war sehr unbefriedigend, da sich nicht alle Zinken dem Boden anpassten – vor allem an den Dammseiten blieben die Beikrautpflanzen stehen. In Zusammenarbeit mit der Firma Treffler wurde der Prototyp weiterentwickelt.

### **„Jeder Zinken einzeln aufgehängt und gefedert“**

Der ausschlaggebende Unterschied des Striegels besteht darin, dass jeder einzelne Zinken aufgehängt und gefedert ist und dass der Zinkendruck zwischen 200 g und 3,5 kg hydraulisch vom Fahrersitz aus eingestellt werden kann und der Druck auf allen Zinken auch während des Einsatzes immer gleich bleibt. Anhand der Druckeinstellung der Zinken und der Aufhängung, passt sich der Striegel an die Bodenunebenheiten optimal an. Das seitliche Ausweichen des Striegels ist durch den Anbau stark begrenzt. Für Herrn Niedermaier war es wichtig einen Striegel mit wenig Gewicht zu bauen, um den Boden nicht unnötig zu belasten. Da viele Kollegen aber große Arbeitsbreiten (bis 12 m) und Kombinationsgeräte (mit Sämaschine) forderten und generell mit Landmaschinen eher robust umgegangen wird, musste in den neuen Modellen mehr Material verwendet werden, was zu höheren Gewichten des Striegels führt.

### **Striegeln bei der Aussaat in Dämmen**

Für den Erfolg beim Striegeln sind unter anderem auch die Bodenverhältnisse ausschlaggebend. Der Boden sollte nicht zu trocken, dafür aber schütffähig und nicht verhärtet und verkrustet sein. Die Kartoffeln, der Mais, und die Sojabohnen



**Abb. 4.2.2: Saatbettbereitung mit Grubber und Kreiselegge**



**Abb. 4.2.3: Nach der Aussaat und vor dem Auflauf wird die Fläche beobachtet und bis zu zweimal mit dem Striegel bearbeitet**

werden bis zu sechsmal gestriegelt und einmal gehackt, je nach Beikrautentwicklung. Soja und Mais werden in Dämmen gesät (Abb. 4.2.2). Soja wird ca. 2-3 cm unter die Bodenoberfläche gelegt, mit dem Damm von ca. 6 cm, ergibt sich eine Aussattiefe von 8-9 cm.



**Abb. 4.2.4: Striegeln von Kartoffeldämmen. Anhand dieses Bildes ist die Anpassung der Zinken an die unterschiedlichen Bodenverhältnisse sehr gut erkennbar. Somit erfolgt auch an den Dammhängen eine mechanische Unkrautregulierung**

Diese Aussaattechnik hat den Vorteil, dass vor dem Auflaufen des Mais und Sojas eine unproblematische, mechanische Beikrautregulierung mit dem Striegel erfolgen kann, indem die Dämme abgestriegelt werden (Abb. 4.2.3). Der Nachteil besteht darin, dass dieser Bearbeitungsgang wetterabhängig ist und auf jeden Fall erfolgen muss, da die Pflanzen sonst nicht, bzw. sehr spät und unregelmäßig auflaufen. Im Regelfall wird zweimal im Vorauflauf gestriegelt.

Auch die Kartoffeldämme werden vor dem Auflaufen je nach Beikrautaufkommen ein bis zweimal gestriegelt (Abb. 4.2.4).

Nach dem Auflauf wird weiter gestriegelt. Ausschlaggebend für die Entscheidung zu Striegeln sind die Beikrautentwicklung und die Witterung. Ist schlechtes Wetter angesagt, kann es oft besser sein noch einmal zu Striegeln – obwohl es zu früh erscheint, bevor es später nicht mehr geht, da das Unkraut schon zu hoch geworden ist.

## **Fahrgeschwindigkeit beachten**

Ziel der Pflegemaßnahmen ist es, die Beikrautpflanzen immer niedriger als die Kulturpflanze zu halten, nur so ist ein erfolgreiches Verschütten der Beikrautpflanzen beim Hacken und Anhäufeln möglich. Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Geschwindigkeit beim Striegeln. Bei schneller Geschwindigkeit prallen die





**Abb. 4.2.5: Striegeln im Mais, ca. 10 Tage nach dem Auflaufen. Hier wird mit einer Geschwindigkeit von 3 km/h gefahren**

Zinken auf die Kulturpflanzen, durch diesen Aufprall können junge, empfindliche Pflanzen brechen. Bei niedriger Geschwindigkeit werden die Kulturpflanzen von den Zinken zur Seite geschoben. So können sie eher ausweichen und brechen nicht so leicht. Daher ist ein langsames Fahren (ca. 3-4 km/h) insbesondere bei jungen, empfindlichen Mais- und Sojapflanzen, mit etwas höherem Zinkendruck Kultur schonender und effektiver (Abb. 4.2.5). Bei kleinen Pflanzen reicht es aus, wenn beim Striegeln „die Erde fließt, wie ein Bach läuft“, dann werden im Boden die Beikrautkeimlinge waagrecht gezogen und verlieren somit ihre Wuchskraft. So erhalten die Kulturpflanzen einen Wachstumsvorsprung.

### **Pflegemaßnahmen bei Mais und Soja**

Bei einer Wuchshöhe von 20 cm wird der Mais mit einer Geräteträgerkombination gehackt und gehäufelt. Vier bis sechs Wochen nach der Aussaat, wenn der Mais ca. 20 cm hoch ist und die Sojabohne etwa 10 – 15 cm, sind die Pflegearbeiten Hacken und Striegeln beendet.

Im Sojaanbau werden die gleichen Maßnahmen durchgeführt. Vor dem Auflaufen erfolgen möglichst zwei Striegeldurchgänge. Danach wird – je nach Beikrautbesatz noch drei- oder viermal gestriegelt. Als letzte Pflegemaßnahme erfolgt bei



**Abb. 4.2.6:** Mais wird gehackt und dadurch leicht angehüfelt. Das Gerät ist ein Eigenbau



**Abb. 4.2.7:** Hackdurchgang bei Körnermais



**Abb. 4.2.8: Sojapflanzen kurz vor dem Reihenschluss, nach sechsmal Striegeln und ein Mal Hacken**

einer Wuchshöhe von ca. 10 cm der Einsatz der Hackmaschine im Zwischenanbau des Geräteträgers. Beim Hacken wird die Sojabohne gleichzeitig etwa 5 cm hoch angehäufelt. Die Sojabohne und der Mais werden mit 50 cm Reihenabstand gesät. Für die Sojabohne ist dieser Abstand optimal. Bei geringerem Abstand verringert sich die gehackte Fläche zu stark, was zu erhöhtem Beikrautbesatz führt und zusätzlich wären für die Pflegemaßnahmen Fahrgassen notwendig, was wiederum weniger Pflanzen und somit weniger Ertrag/ha bedeutet. Ein Reihenabstand von 75 cm, der für Mais optimal wäre, da dies den Pflückern der Erntemaschinen entspricht, ergeben sich für Soja zu hohe Ertragsverluste.

Mit dem momentanen Verfahren, dass sich jedoch nach wie vor in der Entwicklungsphase befindet und auf die jeweiligen Gegebenheiten angepasst werden muss, werden bei sorgfältiger Pflege und guter Witterung Sojaerträge von 34 dt/ha erreicht (Abb. 4.2.8).

HERR JOSEF NIEDERMAIER  
BIOLANDHOF NIEDERMAIER

WEILERWEG 5, 86316 FRIEDBERG  
TEL.: 0049 - (0) 821 601498



## 4.3. Längs fahren – quer striegeln: Der Rollstriegel für Reihen- und Flächenkulturen

JOHANN RUMPLER

LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, FORSTEN UND GARTENBAU  
SACHSEN-ANHALT

Hacke und Striegel werden im Ökolandbau als kostengünstige und bei entsprechenden Einsatzbedingungen sehr wirksame Arbeitsgeräte geschätzt. Größere Arbeitsbreiten und technische Entwicklungen für höhere Arbeitsgeschwindigkeiten machen sie wegen des zunehmenden Kostendruckes aber auch für den konventionellen Pflanzenbauer interessant. Dabei ist jedoch festzustellen, dass einerseits die sehr einfache Technik in ihren Detailwirkungen bei vielen Anwendern gar nicht oder nicht mehr richtig bekannt ist.

Innovationen sind rar und auch die Landtechnikindustrie ist angesichts der Marktanteile wenig euphorisch. Die Ideen kommen in der Regel von den Landwirten selbst und setzen sich daher nur schwer durch. Kosten- und zeitintensive wissenschaftliche Betrachtungen sind unter diesen Umständen kaum zu leisten und zu erwarten.

Da hatte der auf 600 ha ökologisch wirtschaftende altmärkische Landwirt Hartmut Wöllner mehr Glück. Bei der Suche nach technischen Möglichkeiten zur ganzflächigen Unkrautregulierung entdeckte er die Lösung eines passiv schräg auf der Pflanzenreihe abrollenden Zinkenrotors in direkter Kombination am Hackgerät. Gemeinsam mit der Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt in Bernburg gelang es in praktischen Versuchen, dieses Wirkprinzip erstmalig für nahezu alle hackfähigen Ackerkulturen durch eine technisch ebenso effiziente wie einfache Lösung einsetzbar zu gestalten. Dabei wurden neben den üblichen Getreidearten auch Erbsen, Lupinen, Ackerbohnen, Zuckerrüben und Mais, sowie im Heil- und Gewürzpflanzenanbau zu findende Sonderkulturen funktionell erfolversprechend bearbeitet. Ihren „Feinschliff“ erhielt die Technik durch die Konstrukteure der Annaburger Nutzfahrzeug GmbH. Dieser für die Fertigung gewonnene Partner erbrachte einiges an Engagement und Kapazitäten bis zur Fertigungsreife der Technik als derzeit 6 m breit arbeitende Hackmesser-Rollstriegel-Kombination (Annaburger Uni-Hacke) oder als 6 m Vollstriegelvariante ein. (Abb. 4.3.1 und 4.3.2)



**Abb.4.3.1:** Die Hackmesser-Rollstriegel-Kombination (Annaburger Uni-Hacke) im Einsatz auf einem Zuckerrübenfeld (Foto: Rumpler)



**Abb. 4.3.2:** Vollstriegelversion in Durum – Weizen 2006 (Foto: Rumpler)

## Technische Funktion

Das Besondere am Rollstriegel ist, dass er einfach und universell einsetzbar ist. Gleichzeitig ist dies eines der schwierigsten Entwicklungsziele für Maschinen der Landtechnik. Der Rollstriegel striegelt die Pflanzenreihe durch 30 Federstahlzinken über dem Umfang des Rollstriegels und sein passives Abrollen in einem Bearbeitungstreifen von 6 bis 12 cm. Durch einen Anstellwinkel von 30° zur Fahrtrichtung erfolgt die Bearbeitung quer, besser: diagonal. Der sich einstellende Strichabstand entspricht mit 2 bis 4 cm etwa dem normaler Hackstriegel (Abb. 4-3-4).

Die Funktion ist technisch abhängig von Zinkenzahl, Rotordurchmesser, Fahrgeschwindigkeit und Anstellwinkel. Der Trick besteht darin, die Zinken V-förmig auszubilden und in eine Nabe aus Polyurethan (PUR) einzugießen. Dadurch wird die erforderliche Zinkenanzahl bei größtmöglicher Biegelänge in der Nabe stabil verankert und die Härte der Nabe ist somit bei der Herstellung einstellbar. Dadurch wird mit einfachsten Mitteln eine gleichmäßige Elastizität des Rollstriegels von der Nabe bis in die Zinkenspitze erzielt. Während des Bodeneingriffs wird der federnde Effekt der Zinken mit einem Walken in der Nabe quer zur Rotationsebene kombiniert. Neben der guten Striegelwirkung im Boden wird gleichzeitig das Festsetzen von Kluten und Steinen zwischen den Zinken verhindert. Entsprechend der Fruchtart haben sich Gesamtdurchmesser von 400 mm (Getreide u. ä.) und 500 mm (Mais, vor allem Rüben und empfindlichere Kulturen) als sinnvoll erwiesen.

## Wirkung

Der Rollstriegel wirkt generell wie ein herkömmlicher Striegel. Die Beikrautregulierung kann daher in Abhängigkeit von vielen Einflussfaktoren mit 50 – 80 % angesetzt werden und beruht dabei zu 80 – 90 % auf dem Verschüttungseffekt und nicht auf selektivem Ausreißen von Pflanzen. Darüber hinaus ist seine Wirkung in dem schmalen Bearbeitungstreifen um die Kulturpflanze herum wesentlich intensiver als die eines Flächenstriegels, ohne jedoch die Kulturpflanzen nennenswert zu beschädigen. Die unmittelbar im Pflanzenbereich in den Boden einsteichenden Zinken durchziehen den Boden selbst oder gerade bei höheren Fahrgeschwindigkeiten gleichmäßig tief ohne „aufzuschwimmen“ und vermögen auch verhärtete und verschlämmte Böden zu lockern. Damit wird in jedem Fall eine verbesserte Wirkung der solcherart kombinierten Hackmaschine je Arbeitsgang ganzflächig hackend, striegelnd und lockernd erreicht. Für die nicht reihenabhängige Vollstriegelversion ergibt sich aus Rotation und Querbewegung der Vorteil der Unempfindlichkeit gegenüber Pflanzenrückständen auf der Bodenoberfläche! Der Rollstriegel ist damit für den Einsatz in Mulchsaaten gut geeignet.

## Einsatzerfahrungen und Untersuchungsergebnisse

In allen landwirtschaftlichen Striegelkulturen hat der Rollstriegel in Kombination mit einer Hackgerätetechnik oder als Vollstriegelversion bei Maschinenvergleichen die Ergebnisse der besten etablierten Technik erreicht. Beispielsweise wurden bei Vergleichen des Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie in Buschbohnen Beikrautwirkungen von über 90 % erzielt. Dies unterstreicht die hohe beikrautregulierende Wirkung des Rollstriegels (HÄNSEL, M.) An der Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau wurden durch Haberland von 2003 bis 2007 Vergleichsuntersuchungen im Ökorübenanbau unter anderem in einem Praxisbetrieb durchgeführt. Anhand dieser Ergebnisse wird deutlich, dass die Kombination aus Hackschar und Rollstriegel bei konsequenter Anwendung einen erheblich und deutlich geringeren Aufwand an teurer Handnacharbeit bei der Pflege erfordern (HABERLAND, R., KOCH, W., 2007), vgl. Abb. 4.3.3. Die gute technische Funktion und der dabei schonende Umgang des Rollstriegels mit der Kulturpflanze, insbesondere bei Zuckerrüben, haben dazu geführt, die Technik in einer Vielzahl von Kulturen im Einsatz zu prüfen. Insbesondere waren dies alle Getreidearten, spezielle Kulturen wie Mais, Sonnenblumen, Hirse, Raps usw., Leguminosen, Gemüsearten wie Saatzwiebeln, Mohrrüben, Porree oder Petersilie sowie Sonderkulturen Thymian, Fenchel, Kümmel usw. bis hin zu Baldrian. Beim Einsatz des Rollstriegels sind die Eigenheiten der Pflanzen ebenso zu beachten wie die des Bodens und hier insbesondere seiner Feuchtigkeit. Darüber hinaus ist zu bedenken, dass es sich um eine Pflorgetechnik handelt, die sich somit nicht zur Korrektur von Fehlern der Saat-

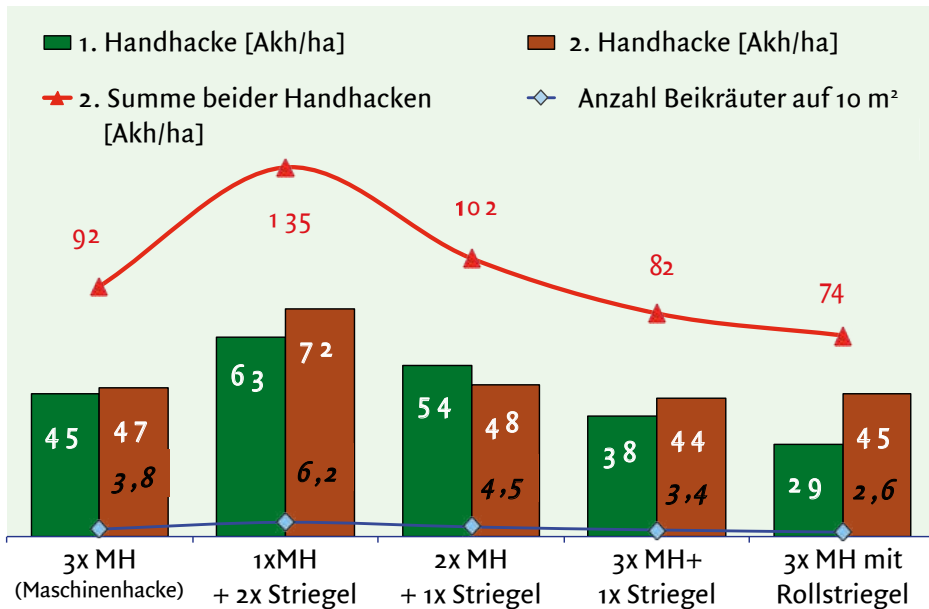


Abb. 4.3.3: Effekte der Kostenreduzierung in Öko-Rüben nach Haberland, Koch <sup>2)</sup> (Foto: Rumppler)





**Abb. 4.3-4:** Der diagonale Striegeleffekt ist hier in Buschbohnen 200g deutlich zu erkennen (Foto: Rumpler)



**Abb. 4.3-5:** Mulchsaaten werden auch bei erheblicher Strohaufgabe gut beherrscht (Foto: Rumpler)

bettbereitung eignet. Herausragend sind die Ergebnisse der Untersuchungen der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (HÄNSEL, M., BECHERER, U., 2007) zum Einsatz des Rollstriegels bei Mulchsaaten. Bei nur einmaliger Überfahrt konnten sehr gute Erfolge in der Beikrautregulierung bei Winterweizen erzielt werden, dies eröffnet dem Ökolandbau weitere ackerbauliche Möglichkeiten.

## **Vorzüge im Überblick**

Zusammengefasst lässt sich der Entwicklungsstand wie folgt einschätzen:

- Der Rollstriegel ist ein einfaches, effektives, robustes und bauleichtes Zusatzelement für die direkte Bearbeitung der Pflanzenreihe zur Erzielung einer ganzflächigen Wirkung der Hackmaschine.
- Die vom Hachelement unabhängige Montage erlaubt einen kombinierten oder einzelnen Einsatz aller Werkzeuge und die gute Anpassung an Pflanzenreihe, Kultur und deren Entwicklungsstadien.
- Der Rollstriegel ist kein zusätzliches fruchtartspezifisches Sonderelement, vielmehr kann er für nahezu alle Feld- und Sonderkulturen bereits ab einer Reihenweite von ca. 18 cm eingesetzt werden.
- Die Wirkung im bearbeiteten Bodenstreifen der Pflanzenreihe von 6 –12 cm Breite verbessert die Effizienz der Beikrautregulierung der Hackmaschine zusätzlich der nicht zu unterschätzenden Bodenlockerung in diesem Bereich.
- Die prinzipielle Wirkungsweise der Bearbeitung eines Bodenstreifens erlaubt es, die Hackmesser weiter als üblich von der Pflanzenreihe entfernt anzuordnen. Dies kann zu einer höheren Arbeitsgeschwindigkeit bis 12 km/h genutzt werden und damit zu höherer Flächenleistung führen.

## **Fazit**

Wer heute Hackmaschinenteknik nutzt, wird an Hand der genannten Vorzüge erkennen können, dass dieses einfache Funktionsprinzip außergewöhnliches Potenzial hinsichtlich seiner technischen Weiterentwicklung, seiner Wirkoptimierung und seines breiten Einsatzspektrums bei hoher Flächenleistung besitzt. Gleichzeitig stellt dieses Potenzial auch höhere Ansprüche an seinen Anwender. Der Rollstriegel erweist sich damit als neues Element,

- das in Kombination mit einer Hackmaschine deren Wirkung in der Reihe und damit ganzflächig erheblich verstärken kann,
- das in einer Vollstriegelversion mit hoher Flächenleistung wirkungsvoll einsetzbar ist und
- das die gute Eignung für die Mulchsaat neue Verfahrensmöglichkeiten im Ökolandbau eröffnet.

## Literatur

Hänsel, M.: mündliche Mitteilung zu den Ergebnissen eines Feldversuchs, 2009.

Haberland, R., Koch, W.: Bestandesführung in Ökorüben, Neue Landwirtschaft 3/2007, S. 40 - 42

Hänsel, M., Becherer, U.: Stand und Perspektive von Mulchsaaten im ökologischen Landbau in Sachsen, Infodienst 04/07 der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, S. 42 - 44

HERR DR. JOHANN RUMPLER

LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, FORSTEN UND GARTENBAU (LLFG),  
ABTEILUNG 2

STRENFELDER ALLEE 22, 6406 BERNBURG

JOHANN.RUMPLER@LLFG.SACHSEN-ANHALT.DE

WWW.LLFG.SACHSEN-ANHALT.DE



# 4.4. Mechanische Beikrautregulierung in Getreide und Körnererbsen

ARND VERSCHWELE

JULIUS KÜHN-INSTITUT

## Einleitung

Neben indirekten Maßnahmen zur Beikrautregulierung wie Fruchtfolge und Bodenbearbeitung, sind vor allem Striegel- und Hackmaßnahmen wichtige Instrumente der direkten Bekämpfung. Ihre Wirksamkeit hängt wesentlich vom richtigen Einsatzzeitpunkt und von begleitenden Boden- und Klimabedingungen ab. Pflanzenbauliche Maßnahmen können über die Stärkung der Konkurrenzkraft der Kultur die mechanischen Bekämpfungsmaßnahmen einerseits unterstützen, andererseits aber auch durch Konflikte (z.B. Reihenabstand) ihr Potenzial einschränken. Die Wahl der direkten und indirekten Maßnahmen und Werkzeuge entscheidet über den Erfolg, ihre Wechselwirkungen im Voraus richtig abzuschätzen, ist jedoch äußerst schwierig. Die hier beschriebenen Untersuchungen sollten dazu dienen, die Potenziale saatechnischer Einzelmaßnahmen in Kombination verschiedener Hackverfahren zu erfassen und für Handlungsempfehlungen auszuwerten.

## Versuche in Winterweizen

Das Striegeln in Wintergetreide zählt selbst bei geringer Verunkrautung zur Standardmaßnahme der Beikrautregulierung im Ökologischen Anbau von Winterweizen. Wirkungsgrade von über 70 % sind jedoch selten, und bei ausdauernden Beikrautarten sowie Ungräsern wie Gemeinem Windhalm und Acker-Fuchsschwanz sind keine ausreichenden Bekämpfungserfolge durch Striegeln allein zu erwarten. Ziel der Untersuchungen war es daher, die Wirkungsgrade durch geeignete Kombinationen von Striegel- bzw. Hackgeräten und saatechnischen Maßnahmen zu erhöhen.

## Material & Methoden

Auf der Versuchsfläche des Julius Kühn-Instituts (JKI) zum Ökologischen Landbau wurden in den Jahren 2005-2007 Regulierungsversuche in Winterweizen durchge-

führt. Hier handelt es sich um einen Lössboden mit 75 Bodenpunkten, ca. 10 km südlich von Braunschweig gelegen. Die 12 ha große Fläche ist in 7 Teilschläge mit unterschiedlichen Kulturen gegliedert und wird seit 1995 nach den Grundsätzen des Ökologischen Landbaus bewirtschaftet. Folgende Standraum-Varianten in Winterweizen wurden verglichen (Abb. 4.4.1):

- Normalsaat (Reihenabstand 100 mm)
- Bandsaat oder Weite-Reihe-Verfahren (Bänder mit 4 Reihen je 100 mm Abstand wechseln mit kulturfreien Streifen je 300 mm.)
- Weitsaat (Reihenabstand 400 mm)

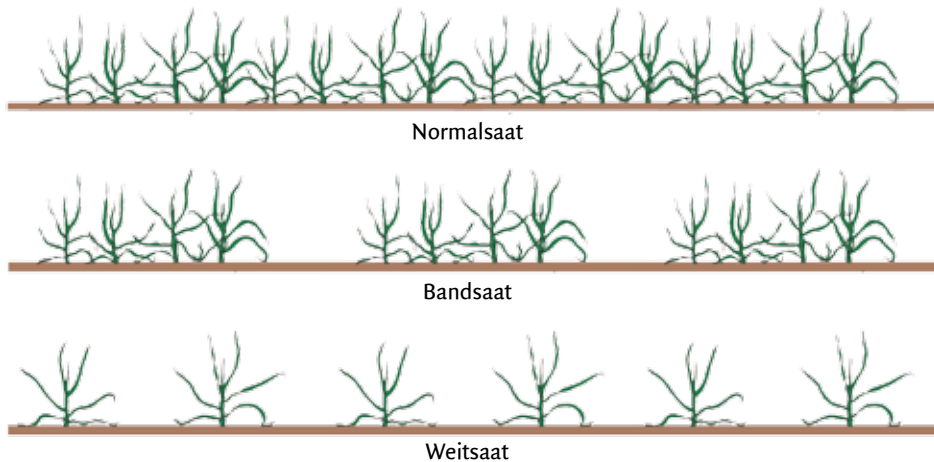


Abb. 4.4.1: Standraum-Varianten im Weite-Reihe-Versuch, Ahlum, 2005-2007

Angebaut wurden die Sorten Pegassos und Ludwig. Die Beikrautbekämpfung erfolgte mit einem Gänsefuß-Hackgerät (in den Varianten Band- und Weitsaat) und einem Hackstriegel (in allen Varianten) (Abb. 4.4.2). Aufgrund der hohen Ausgangsverunkrautung wurde auf eine unbehandelte Variante verzichtet.

### Ergebnisse

Die Beikrautdichte wurde nicht durch den unterschiedlichen Standraum der Kultur beeinflusst (257 Unkräuter/m<sup>2</sup>, erfasst Mitte Mai). Im Gegensatz dazu gab es deutliche Effekte in Bezug auf die Beikraut-Sprossmasse: In der Variante Weitsaat lag dieser Wert mit 23,1 g/m<sup>2</sup> deutlich über der Bandsaat (10,5 g/m<sup>2</sup>) und der Engsaat (8,3 g/m<sup>2</sup>) (Abb. 4.4.3).



Abb. 4.4.2: Einsatz von Hackstriegelel

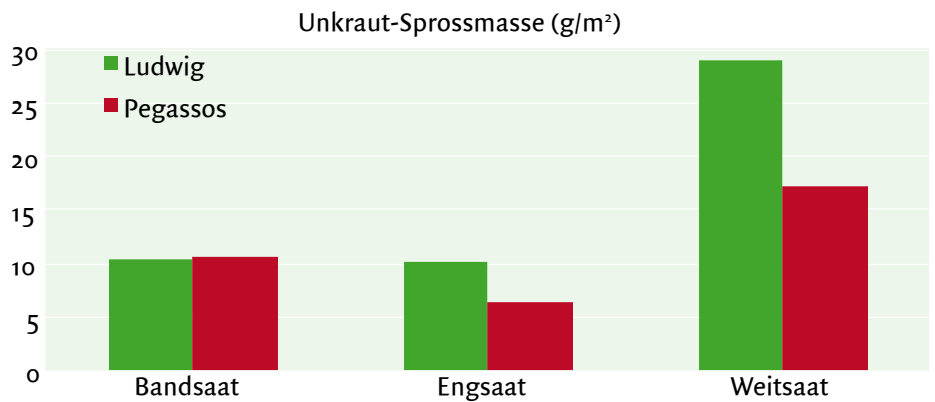
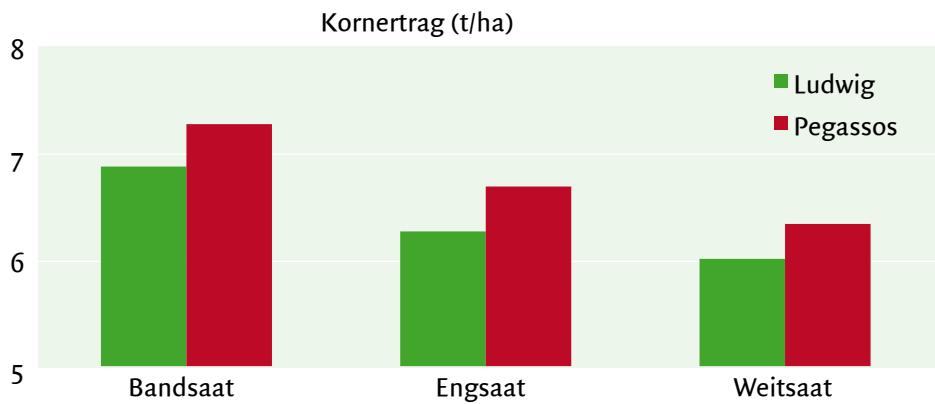


Abb.4.4.3: Beikraut-Sprossmasse und Kornertrag in Abhängigkeit von Standraum und Sorte, Ahlum, 2005-2007

Die Bandsaat zeigte die höchsten Kornerträge (7,1 t/ha) und Proteingehalte (10 %). Neben Jahreseffekten gab es signifikante Sortenunterschiede: Pegassos erreichte unabhängig vom Standraum einen um durchschnittlich 0,39 t/ha höheren Ertrag als Ludwig. Auch die Beikrautdichte im Frühjahr war in Pegassos deutlich geringer als in Ludwig (216 gegenüber 297 Beikrautpflanzen/m<sup>2</sup>). Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass sich bei ökologischer Bewirtschaftung mit der Bandsaat konkurrenzstarke Bestände erreichen lassen und zusätzlich effektive, direkte Maßnahmen zur Beikrautbekämpfung ergriffen werden können. Nach 3 Versuchsjahren (2005-2007) sind diese Versuche abgeschlossen.

## Versuche in Körnererbsen

### Material und Methoden

In den Jahren 2008 und 2010 wurden auf der JKI-Versuchsfläche zum Ökologischen Landbau folgende Varianten untersucht:

- Reihenweite/Beikrautbekämpfung: 2 x Striegeln bei 12,5 cm Reihenweite  
Striegel + Rollhacke bei 25 cm Reihenweite
- Erbsensorte: blattreich: Grana (2008 und 2010),  
blattarm: Santana (2008), Mascara (2010)

Die Versuchsflächen werden in einer siebengliedrigen Fruchtfolge seit 1995 ökologisch bewirtschaftet, Vorfrucht war in beiden Jahren Winterroggen. Die Aussaat der Erbsen erfolgte am 31.03.2008 und am 07.04.2010, die Maßnahmen zur Beikrautbekämpfung fanden 38 und 52 (2008) bzw. 41 und 62 (2010) Tage nach der Saat statt. In beiden Jahren zählten *Stellaria media*, *Polygonum convolvulus* und *Veronica agrestis* zu den häufigsten Beikrautarten.

Zur Beikrautbekämpfung wurde in allen Parzellen ein Hatzenbichler-Hackstriegel (12 m Arbeitsbreite) eingesetzt, zusätzlich kam in der Variante mit den weiten Reihenabständen eine Roll-Sternhacke (Fa. Hatzenbichler, 3 m Arbeitsbreite) zum Einsatz.

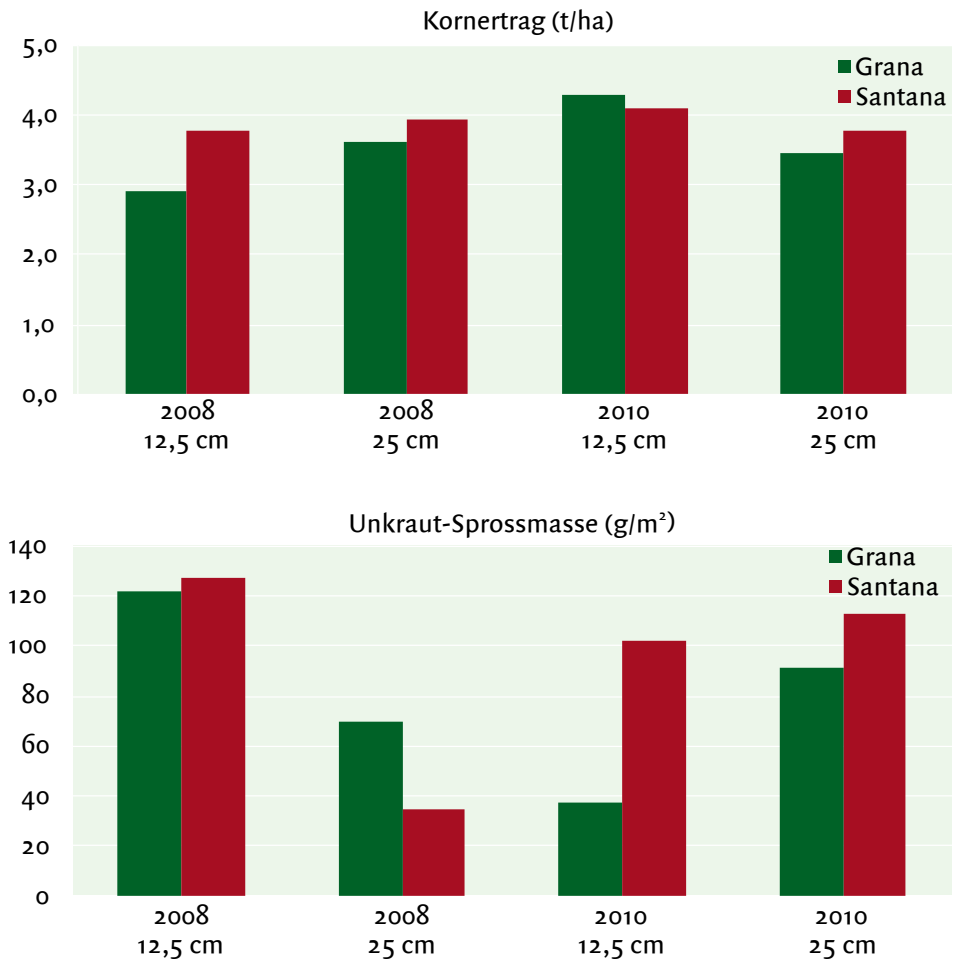
Untersucht wurden die folgenden Parameter: Beikrautdichte (vor und nach den Behandlungen), Beikraut-Sprosstrockenmasse (BBCH 60-65), Photosynthetisch aktive Strahlung (BBCH 60-65) und Erbsen-Kornertrag. Die statistische Auswertung der Ergebnisse erfolgte mit dem Programm Statgraphics Plus (Version 5.1). Die Sorten Santana und Mascara wurden dabei wegen ihrer ähnlichen agronomischen und morphologischen Merkmale gemeinsam als blattarmer Sortentyp betrachtet.

### Ergebnisse

Das Ziel einer effektiveren Beikrautbekämpfung durch den Einsatz der Rollhacke bei weiterem Reihenabstand konnte grundsätzlich erreicht werden. Allerdings



waren auch deutliche Jahreseinflüsse zu erkennen: In 2010 erfolgte der Einsatz von Hackstriegel und Rollhacke witterungsbedingt zu spät, so dass hier weder durch den Reihenabstand noch durch die Sorte signifikante Effekte auftraten (Abb. 4.4.4). Im Jahr 2008 war dagegen der Einsatz der Rollhacke aufgrund optimaler Boden- und Witterungsbedingungen deutlich wirkungsvoller als die Hackstriegelmaßnahmen. Die unterschiedliche Konkurrenzkraft der Sorten hatte durchschnittlich einen schwachen, jedoch nicht signifikanten Effekt auf die Sprossmasse der Unkräuter sowie die Beikrautdichte.



**Abb. 4.4.4:** Wirkung von Jahr, Reihenabstand und Sorte auf die Beikraut-Sprosstrockenmasse und Kornertrag in Körnererbsen

In Bezug auf den Ertrag der Körnererbsen hatte der Reihenabstand in Verbindung mit der Art der Beikrautbekämpfung keinen signifikanten Effekt. Jahres- und Sortenwirkungen waren hier wesentlich stärker. Allerdings ist einschränkend zu erwähnen, dass in beiden Versuchsjahren die Erntebedingungen sehr ungünstig waren. So lagen die Kornerträge im Durchschnitt nur bei 3,56 t/ha (Grana) bzw. 3,89 t/ha (Santana und Mascara). Insgesamt lassen die Versuchsergebnisse keine eindeutige Schlussfolgerung zu. Sofern jedoch unter bestimmten Standortbedingungen zu befürchten ist, dass der alleinige Hackstriegeleinsatz unzureichend wirkt, ist die Kombination von weiterem Reihenabstand und Beikrautbekämpfung mit der Rollhacke eine effektive Maßnahme zur Beikrautregulierung. Die Ergebnisse zeigen, dass die Konkurrenzkraft der Sorte vor allem bei schwacher Wirksamkeit der direkten Bekämpfung zum Tragen kommt.

## Diskussion

Insgesamt zeigen die Versuche, dass die Wirkungsunterschiede zwischen den Geräten zur mechanischen Beikrautbekämpfung gering waren. Jahres- und Standorteffekte waren in den Versuchen mindestens ebenso stark. Bei der Wahl der richtigen Technik, in Kombination mit der Saattechnik, muss daher verstärkt auf die zu erwartende Verunkrautung geachtet werden. Bei konkurrenzstarken Beikrautarten wie zum Beispiel *Cirsium arvense* sollte grundsätzlich der mechanischen Bekämpfung durch Hacken Vorrang gegeben werden vor saatechnischen Maßnahmen, die die Konkurrenzkraft des Bestandes erhöhen.

HERR DR. ARND VERSCHWELE

JULIUS KÜHN-INSTITUT  
MESSEWEG 11/2, 38104 BRAUNSCHWEIG

ARND.VERSCHWELE@JKI.BUND.DE

# 4.5 Regeneration von Körnerleguminosen nach physikalischer Schädigung in der Jugendphase

MARTIN HÄNSEL

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE

## Einleitung und Zielsetzung

Bestände von Körnerleguminosen sind im Ökologischen Landbau einer hohen Unkrautkonkurrenz ausgesetzt (Böhm 2009). Um den Erfolg der mechanischen Unkrautregulierung zu verbessern, könnten insbesondere sehr frühe Entwicklungsstadien der Körnerleguminosen für einen Striegeleinsatz stärker in Betracht gezogen werden (Jensen et al. 2004). Früh auflaufende Unkräuter werden so im Keimblattstadium mit einem hohen Wirkungsgrad beim Striegeln bekämpft. Allerdings steigt damit die Gefahr von Kulturpflanzenverlusten. Zu groß gewachsenes Unkraut lässt sich dagegen mit einem Striegel grundsätzlich nicht mehr ausreichend regulieren. Um die Ertragsreaktion von Erbsen, Ackerbohnen und Lupinen bei extremer physikalischer Schädigung in der Jugendentwicklung darzustellen, wurde eine Serie von Feldversuchen ausgeführt. Die Ergebnisse lassen Ableitungen auf die physikalische Belastbarkeit der Kulturen beim Striegeln zu.

## Methoden

Sechs Feldversuche mit randomisierten Wiederholungen wurden in den Jahren 2006 und 2007 in Leipzig auf einem gewachsenen Auenboden der Bodenart toniger Lehm (tL) und in einer Kastenanlage auf einem lehmigen Schluff (IU) ausgeführt. Die Bodenbearbeitung und Aussaat erfolgte jeweils mit Kreiselegge, Fräse und Anbaudrillmaschine oder wurde in der Kastenanlage vollständig manuell erledigt. Erbsen wurden mit 90, Bohnen mit 45 und Lupinen mit 140 Körnern je m<sup>2</sup> einheitlich 4 cm tief mit 12 cm Reihenabstand im April ausgesät. Die Versuchsparzellengröße variierte zwischen 2 m<sup>2</sup> und 3 m<sup>2</sup>. Zur physikalischen Schädigung der Pflanzen wurden alle Sprosse in den Entwicklungsstadien BBCH 12 oder 14 vollständig mit Bodenmaterial aus dem Zwischenreihenbereich überdeckt und die Bodenaufgabe mit 5 l Wasser je m<sup>2</sup> aus einer Gießkanne verschlämmt. Alternativ wurden die Leguminosen mit einer Fingernagelschere genau auf Bodenniveau, immer unterhalb der ersten Laubblattpaare abgetrennt (Abb. 4.5.1) oder sie wurden mit einem tragbaren Abflamngerät bis zum Absterben des oberirdischen



**Abb. 4-5-1: Abschneiden von jungen Erbsen in Stadium BBCH 09 (der Spross durchbricht die Bodenoberfläche), um die Regeneration des Sprosses zu prüfen**



**Abb. 4-5-2: Neuaustrieb einer Erbsenpflanze nachdem der Spross abgeschnitten wurde. Die Schnittstelle ist noch sichtbar**

Triebes erhitzt (BBCH 09 bzw. 12). Beikräuter wurden vollständig gejätet. Die Ernte der reifen Pflanzen erfolgte von Hand und der Drusch im Labor. Das Erntegut wurde auf 14 % Wassergehalt getrocknet und die Kornmasse gewogen. Die Varianzanalysen sowie die Bestimmung der Grenzdifferenz (LSD) auf dem Signifikanzniveau von 0,05 erfolgten mit dem PC-Programm SPSS 14 für Windows.

## Ergebnisse und Diskussion

Die Körnerleguminosen zeigten nach Sprossverlust oder Abdeckung der oberirdischen Grünmasse eine umfangreiche Regeneration und entwickelten sich vergleichbar wie nicht behandelte Pflanzen (Abb. 4.5.2). Verschüttete Pflanzenbestände durchbrachen die Aufschüttungen innerhalb weniger Tage und reagierten nicht unbedingt mit signifikanten Ertragsverlusten (Abb. 4.5.3). Selbst die abgeschnittenen oder abgebrannten Erbsen- und Ackerbohnenbestände regenerierten umfangreich ihre Sprossteile und lieferten noch Kornerträge zwischen 39 % und 75 % im Vergleich zu den unbehandelten Kontrollen (Tab. 4.5.1).

**Tab. 4.5.1: Relative Kornerträge (%) von Körnerleguminosen nach unterschiedlicher physikalischer Schädigung in der Jugendentwicklung (unbehandelte Variante jeweils 100 %), Versuchsort: Leipzig**

Kultur		Erbsen		Ackerbohnen		Blaue Lupine	
Jahr		2006	2007	2007	2007	2007	2007
Sorte		Madonna	Harnas	Scirocco	Scirocco	Boruta	Boruta
Bodenart		tL	tL	tL	IU	tL	IU
Wiederholungen		4	4	4	3	5	3
Schädigung	BBCH						
Verschütten	12	101	78	88	77	122	59
Verschütten	14				66		76
Abschneiden	09	67					
Abschneiden	12	61	39	57			
Abbrennen	12	75	61	71			
GD (LSD), $\alpha = 5\%$		24	18	23	20	28	36

Diese ausgeprägte Regenerationsfähigkeit der untersuchten Körnerleguminosen gibt Anlass, erhebliche Spielräume für intensive Striegeleinsätze in frühen Stadien insbesondere von Erbsen und Ackerbohnen vorherzusagen. Beim Striegeln treten

nämlich erfahrungsgemäß wesentlich geringere physikalische Belastungen auf als in diesen Versuchen. Damit sind weiterführende Experimente sinnvoll, genaue Intensitätsgrenzen für das Striegeln in jungen Körnerleguminosen zu bestimmen. Bei der Blauen Lupine (Sorte Boruta) wurde in einem Tastversuch (nicht dargestellt) allerdings festgestellt, dass nach dem Vernichten des Sprosses keinerlei Regeneration mehr erfolgte. Möglicherweise ist diese hohe Empfindlichkeit auf die epigäische Keimung zurückzuführen. Beim Striegeln ist daher eine spezifische Empfindlichkeit der Lupine zu beachten.



**Abb. 4.5.3: Erbsen durchbrechen nach einer vollständigen Verschüttung selbst die Kruste eines Tonbodens**

## Literatur

- Böhm H. (2009): Körnerleguminosen - Stand des Wissens sowie zukünftiger Forschungsbedarf aus Sicht des Ökologischen Landbaus. *Journal für Kulturpflanzen*, 61 (9): 324-331.
- Jensen R. K., Rasmussen J., Melander B. (2004): Selectivity of weed harrowing in lupin. *Weed Research*, 44: 245-253.

HERR MARTIN HÄNSEL

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE  
GUSTAV-KÜHN-STR. 8, 04159 LEIPZIG

MARTIN.HAENSEL@SMUL.SACHSEN.DE  
WWW.LANDWIRTSCHAFT.SACHSEN.DE

## 4.6 Hoher Beikrautregulierungserfolg beim Anhäufeln von Markerbsen

HERMANN LABER

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE,  
REFERAT 81 OBST- UND GEMÜSEBAU

### Versuchshintergrund und Versuchsfrage

In einer zweijährigen Praxiserhebung wurden beikrautbedingte Ertragsverluste der nur gestriegelten Erbsenbestände von durchschnittlich 15 % festgestellt. Maximale Ertragsverluste lagen bei 40 % und darüber (LABER 2009). So wurde nach einer effizienteren Beikrautregulation für Markerbsen gesucht.

In vorangegangenen Versuchen wurde neben der reinen Striegelbehandlung der Erbsen Hack- und Häufelmaßnahmen getestet. Die Ergebnisse zeigten, dass durch Hack- und insbesondere Häufelmaßnahmen der Bekämpfungserfolg gegenüber reinen Striegelbehandlungen deutlich erhöht werden kann (MÜCKE 2003, LABER 2009). Allerdings konnte in diesen Versuchen nicht der Ertragseffekt der getesteten mechanischen Beikrautbekämpfungsvarianten erfasst werden. Mit folgenden Untersuchungen sollte geklärt werden, ob sich der höhere Aufwand für die Hack- und Häufelmaßnahmen auch 'rechnet'.

### Material und Methoden

Die Aussaat der Erbsen erfolgte mit einer Parzellen-Drillmaschine je nach Variante entweder 'normal' in den mit der Kreiselegge bearbeiteten Boden oder aber in zuvor (nach dem Kreiseln) mit einem Häufelschar gezogen Furchen. Diese hatten nach dem 'Setzen' eine Tiefe von 3-4 cm (Abb. 4.6.1). Der Reihen- bzw. Furchenabstand betrug 24 cm.

Auf Grund der relativ warmen Frühjahrsbedingungen 2009 liefen die Erbsen bereits nach 10 Tagen auf. Dennoch wurde mit rund 70 Pflanzen/m<sup>2</sup> nur eine mäßige, für das sächsische Anbauggebiet aber nicht untypische Bestandesdichte erzielt. Ein (negativer) Einfluss der Furchensaat auf das Auflaufergebnis war nicht zu beobachten (Abb. 4.6.2, Tab. 4.6.1).

Tab. 4.6.1: Varianten, Beikrautbesatz und -bekämpfungserfolg

Aussaat	normal (flach)			in Furchen		
	Kontrolle	NA-Striegeln	Striegeln + Häufeln	Kontrolle	NA-Striegeln	Striegeln + Häufeln
<b>Bekämpfungsvariante</b>						
Striegeln (BBCH 11)		X	X		X	X
Anhäufeln (BBCH 14-15)			X			X
Bestandesdichte [Pfl./m <sup>2</sup> ] <sup>1, 2)</sup>	69	70	71	75	68	67
Pflanzenverluste [%] <sup>2)</sup>		-2	-3		9	10
Beikrautdichte [Pfl./m <sup>2</sup> ] <sup>1, 2)</sup>	113	50	6	143	66	8
Bekämpfungserfolg <sub>Dichte</sub> [%] <sup>2, 3)</sup>		56	95		54	95
Beikraut-TM [g/m <sup>2</sup> ] <sup>2, 4)</sup>	125	45	9	102	49	7
Bekämpfungserfolg <sub>Masse</sub> [%] <sup>2, 3)</sup>		65	93		49	93
Ertrag [dt/ha] <sup>2)</sup>	33	39	38	33	34	35
Tenderometerwert <sup>5)</sup>	135	123	129	134	127	122
Ertrag <sub>TW<sub>120</sub></sub> [dt/ha] <sup>2, 6)</sup>	31	38	36	31	33	35
Ertragsverlust [%] <sup>7)</sup>	14	-6		15	9	5

<sup>1)</sup> nach Abschluss der Bekämpfungsmaßnahmen;

<sup>2)</sup> Mittelwerte über die Wiederholungen;

<sup>3)</sup> Bekämpfungserfolg =  $(\text{Dichte bzw. Masse}_{\text{Kontrolle}} - \text{Dichte bzw. Masse}_{\text{Variante}}) \cdot \text{Dichte bzw. Masse}_{\text{Kontrolle}}$ ;

<sup>4)</sup> zum Erntetermin;

<sup>5)</sup> Mischproben über die Wiederholungen (3 Messwiederholungen);

<sup>6)</sup> Ertrag korrigiert auf TW 120 nach der umgeformten Reife-Ertragsbeziehung von Everaarts & Sukkel 2000 (vgl. Lattauschke & Laber 2009);

<sup>7)</sup> bezogen auf die Striegel+Häufel-Variante bei normaler Aussaat (praktisch beikrautfrei und keine Pflanzenverluste)

### Kulturdaten zum Versuch:

Herbst '08: Phacelia-Zwischenfrucht, vor Winter mit Spatenmaschine eingearbeitet

7. April '09: Aussaat, Sorte 'Avola', 110 Korn/m<sup>2</sup>, Reihenabstand 24 cm





Abb. 4.6.1: Detail Furchensaat (Foto 24. April: Kontrolle 2 Tage nach dem NA-Striegeln in den Behandlungsvarianten)

- 17. April: Auflauf (BBCH 09)
- 22. April: NA-Striegel, 1. Laubblatt entfaltet (BBCH 11),  
4,2 km/h, neutrale Zinkenstellung
- 7. Mai: Häufelbehandlung, 5. Laubblatt noch nicht ganz entfaltet (BBCH 14-15)
- 14. Mai: Auszählung Bestandesdichte
- 15. Mai: Auszählung Beikrautdichte
- 18. Juni: Ernte (5,76 m<sup>2</sup>/Parzelle)
- 19. Juni: Bestimmung Beikrautmasse

## Ergebnisse

Eine Voraufauf-Striegel-Variante (Blindstriegeln) konnte aus Kapazitätsgründen nicht aufgenommen werden. Der Zeitpunkt der Nachaufauf (NA)-Striegel-Behandlung orientierte sich an der Pflanzenentwicklung in der Furchensaat-Variante, die erst eine gewisse Höhe erreicht haben sollten, um nicht in zu großen Anteilen verschüttet zu werden. Dennoch war zu beobachten, dass in der Furchensaat-Variante etliche Erbsenpflanzen nach der Striegelbehandlung verschüttet waren. Ein Teil dieser verschütteten Pflanzen schaffte es offensichtlich nicht mehr, sich wieder aus der Erde zu befreien, denn tendenziell waren hier rund 10 % Pflanzen-

verluste zu beklagen, während die Striegelbehandlung bei normaler Aussaat nicht zu Pflanzenverlusten führte (Abb. 4.6.2).

Die Häufelbehandlung konnte witterungsbedingt erst im 4-5-Blatt-Stadium durchgeführt werden (ursprünglich war ein etwas früherer Einsatz bei ausreichender Pflanzenhöhe geplant). Dabei wurde eine Häufelhöhe von ca. 5 cm erreicht (Abb. 4.6.5). Pflanzenverluste traten hierbei praktisch nicht (mehr) auf (Abb. 4.6.2).

Die Beikrautdichte lag bei normaler Aussaat bei rund 110 Pflanzen/m<sup>2</sup>, bei Furchensaat war sie mit rund 140 Pflanzen/m<sup>2</sup> signifikant erhöht (Abb. 4.6.3). Leitunkräuter waren Rote Taubnessel, Vogelmiere und in deutlich geringerem Maße Ackerhellerkraut.

Der dichtebezogene Bekämpfungserfolg lag beim Striegeln bei gut 50 %. Die durch eine evtl. stärkerer Erdbewegung und das Zuziehen der Furche erwartete deutliche Verbesserung der Striegelwirkung trat nicht ein. 'Sensationell' war der Bekämpfungserfolg bei der Häufelbehandlung; hier lag der dichtebezogene Bekämpfungserfolg (in Kombination mit der vorherigen Striegelbehandlung) mit weniger als 10 verbliebenen Unkräutern/m<sup>2</sup> bei 95 %.

Zum Erntezeitpunkt wurden in den Kontrollen eine Beikrautmasse von 125 (normale Saat) bzw. gut 100 g/m<sup>2</sup> (Furchensaat) ermittelt. Durch das Striegeln wurde

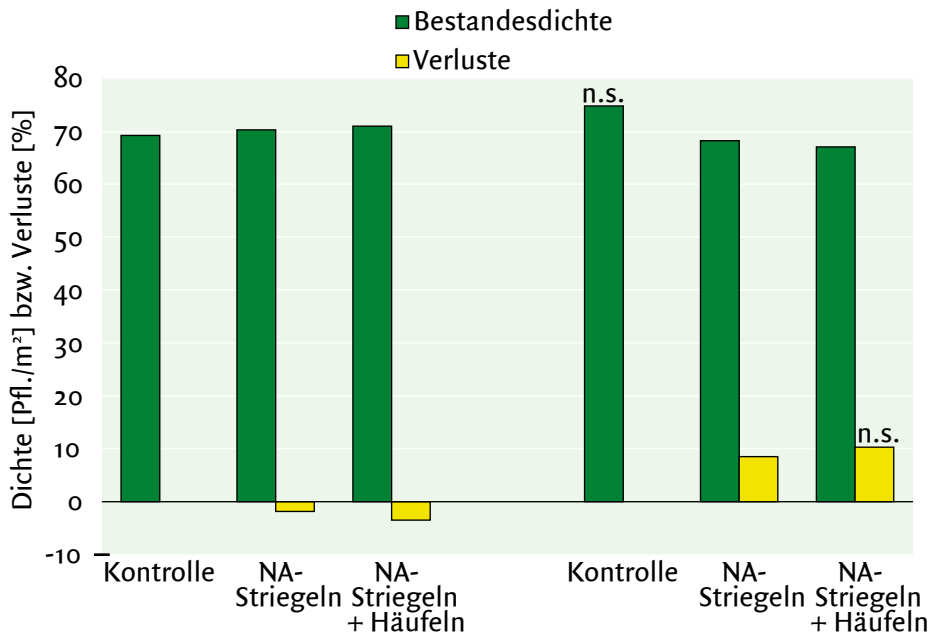


Abb. 4.6.2: Erbsen-Bestandesdichte nach Abschluss der Bekämpfungsmaßnahmen und daraus berechnete Pflanzenverluste

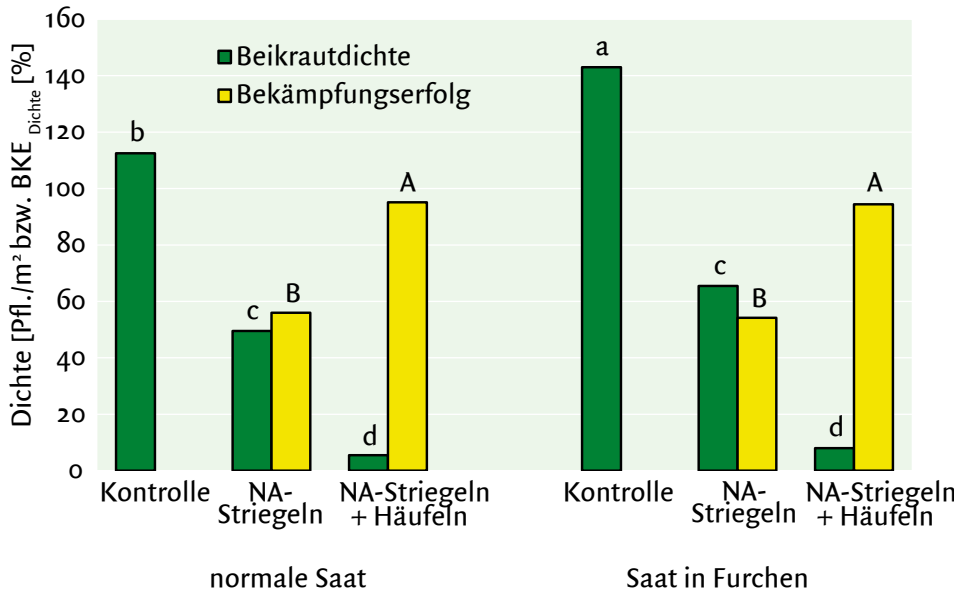


Abb. 4.6.3: Beikrautdichte nach Abschluss der Bekämpfungsmaßnahmen und daraus berechneter Bekämpfungserfolg ( $BKE_{Dichte}$ ) (Die Signifikantsangaben [Buchstaben] beziehen sich jeweils auf beide Saatvarianten.  $GD\alpha < 0,05$ ; Dichte: 29 Pfl./m<sup>2</sup>; Bekämpfungserfolg: 16 %)

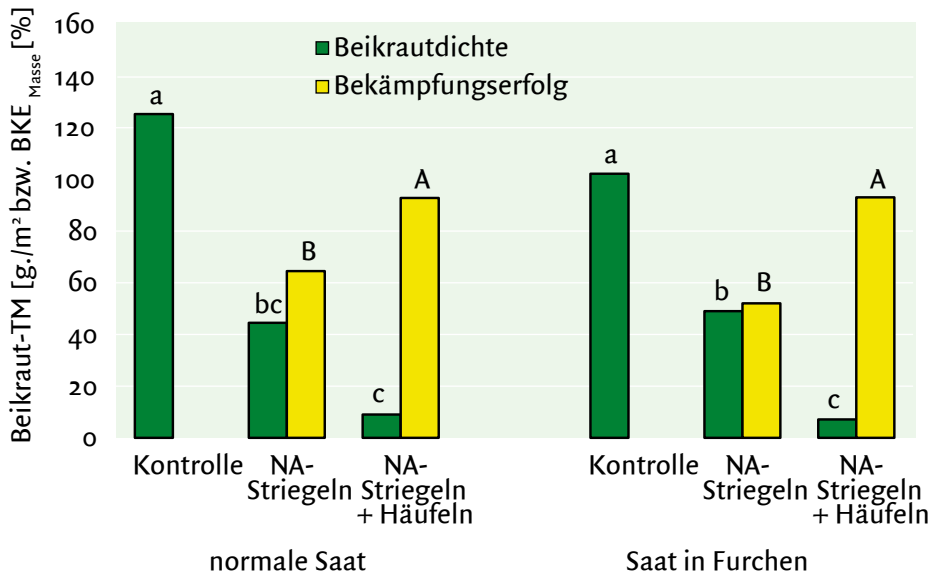


Abb. 4.6.4: Beikrautrockenmasse zum Erntezeitpunkt daraus berechneter Bekämpfungserfolg ( $BKE_{Masse}$ ) (Die Signifikantsangaben [Buchstaben] beziehen sich jeweils auf beide Saatvarianten.  $GD\alpha < 0,05$ ; Beikraut-TM: 38 g/m<sup>2</sup>; Bekämpfungserfolg: 31 %)



**Abb. 4.6.5: Häufelbehandlung (die nur einseitig angehäufelte Randreihe wurde entfernt und nicht in die Auswertung einbezogen)**

die Beikrautmasse um 65 (normale Saat) bzw. knapp 50 % (Furchensaat) reduziert. Bei der Häufelbehandlung lag auch der massebezogene Bekämpfungserfolg bei knapp 95 % (Abb. 4.6.4).

Bei der Ernte lag der Tenderometerwert der unbehandelten Kontrollen in beiden Fällen knapp 10 Einheiten über dem der Behandlungsvarianten (Tab.4.6.1). Ob dies an dem deutlich höheren Beikrautbesatz oder aber an einer Entwicklungsverzögerung auf Grund einer Pflanzenschädigung (beim Striegeln?) beruht lässt sich nicht beantworten.

Der Erbsenertrag wurde durch die Behandlungen nicht signifikant beeinflusst, tendenziell wiesen die Kontrollen aber die geringsten Erträge aus. Bei Unterstellung, dass in der nahezu beikrautfreien normal gesäten Striegel- und Häufelvariante keine positiven (Bodenlockerungseffekte) oder negativen (Pflanzenschädigung) Ertragseffekte auftraten bzw. sich diese gegenseitig aufhoben führten die in den Kontrollen verbliebenen Beikräuter zu einem Ertragsverlust von rund 15 %. Dieses Ergebnis deckt sich mit der auf den Praxisschlägen gefundenen Beikrautmasse-Ertragsverlust-Beziehung (LABER 2009), die bei 110 g Beikraut-TM/m<sup>2</sup> einen Ertragsverlust von knapp 16 % ausweist. Unterhalb 43 g Beikraut-TM/m<sup>2</sup> ist nach dieser Beziehung nicht mehr mit unkrautbedingten Ertragsverlusten zu rechnen, so dass auch der 'ausgebliebene' Ertragsverlust in der normal gesäten

NA-Striegel-Variante (45 g Beikraut-TM/m<sup>2</sup>) mit der gefundenen Beikrautmasse-  
Ertragsverlust-Beziehung korrespondiert.

## Fazit

Unter den gegebenen Bedingungen (nur mäßiger Beikrautbesatz) war die relativ arbeits- und damit kostenintensive Häufelbehandlung nicht wirtschaftlich, da sie gegenüber der reinen Striegelbehandlung keinen Ertragsvorteil zeigte. Sie bewies aber ihr sehr hohes Bekämpfungspotenzial, das bei stärkerer Verunkrautung genutzt werden sollte.

## Zusammenfassung

Bei einem Beikrautbekämpfungsversuch in Markerbsen am Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie in Dresden-Pillnitz zeigte sich beim Anhäufeln mit rund 95 % ein deutlich höherer Bekämpfungserfolg als bei einer reinen Nach Auflauf (NA)-Striegelbehandlung, die einen Bekämpfungserfolg von nur gut 50 % ergab. Eine Aussaat der Erbsen in Furchen erhöhte beim Striegeln nicht den Bekämpfungserfolg, führte aber im Gegensatz zur NormalSaat zu rund 10 % Pflanzenverlusten.

## Literatur:

- LABER, H. 2009: Ertragsverluste in Öko-Gemüseerszen lagen in Abhängigkeit von der Beikrautmasse zwischen 0 und 49 %. [www.hortigate.de](http://www.hortigate.de)
- LATTAUSCHKE, G. und H. LABER, 2009: Anbau von Industriegemüse (Optimierung der Anbauverfahren von in Sachsen bedeutsamen Industriegemüsearten). Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Heft 7/2009 ([www.hortigate.de](http://www.hortigate.de))
- MÜCKE, M. 2003: Beikrautregulierung in Gemüseerbsen. In: Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen GmbH [Hrsg.]: Versuche im ökologischen Gemüsebau in Niedersachsen, 2003, Vissehövede

HERR DR. HERMANN LABER

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE,  
REFERAT 81 OBST- UND GEMÜSEBAU  
PILLNITZER PLATZ 3, 1326 DRESDEN

HERMANN.LABER@SMUL.SACHSEN.DE  
[WWW.SMUL.SACHSEN.DE/LFULG](http://WWW.SMUL.SACHSEN.DE/LFULG)



# 4.7 Feldversuch zur Aussaat von Markerbsen in Furchen

HERMANN LABER

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE,  
REFERAT 81 OBST- UND GEMÜSEBAU

## Versuchshintergrund und Versuchsfrage

Bei einem ersten Feldversuch (LABER 2009a) konnte der Bekämpfungserfolg beim Striegeln von Markerbsen nicht wie erwartet durch eine Aussaat in Furchen verbessert werden. Zur Absicherung dieses Ergebnisses wurde dieser Versuchsteil 2010 nochmals wiederholt. Auch die Wirksamkeit von Hack- und Häufelbehandlungen sollten nochmals überprüft werden.

## Material und Methoden

Nach einer Winterfurche erfolgte die Saatbettbereitung mit der Fräse, um für das Ziehen der Furchen bei der Variante 'Saat in Furchen' einen feinkrümeligen Boden vorzufinden. Die Aussaat der Erbsen erfolgte mit einer Parzellen-Drillmaschine je nach Variante entweder 'normal' in den gefrästen Boden oder aber in zuvor mit Häufelscharen gezogene Furchen. Diese hatten wie im Vorjahresversuch nach dem 'Setzen' eine Tiefe von 4-5 cm (vgl. Artikel 4.6). Der Reihen- bzw. Furchenabstand betrug 24 cm.

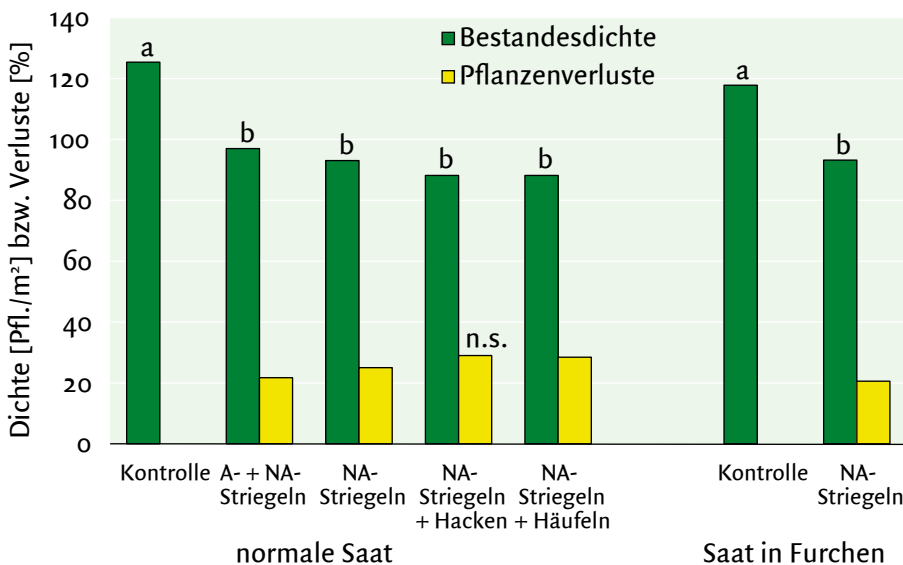
## Kulturdaten

- Herbst 2009: Phacelia-Zwischenfrucht, gemulcht, Winterfurche mit Spatenmaschine
- 26. März 2010: Saatbettbereitung mit Fräse, Aussaat, Sorte 'Prelado' (S&G), 120 Korn/m<sup>2</sup>, Reihenabstand 24 cm, Saattiefe 3-4 cm
- 13. April: Auflauf (BBCH 09), Striegeln in Variante 'A- + NA-Striegeln', 4,2 km/h, ziehende Zinkenstellung, ca. 12<sup>30</sup> Uhr, danach 23 h niederschlagsfrei
- 19. April: NA-Striegeln, 1. Laubblatt teilweise entfaltet (BBCH 10-11), 4,5 km/h, Zinkenstellung 'leicht greifend', 2-malig Überfahrt (hin und zurück), ca. 12<sup>00</sup> Uhr, danach 48 h niederschlagsfrei

5. Mai: Hack- bzw. Häufelbehandlung, 5. Laubblatt noch nicht ganz entfaltet (BBCH 14-15), Gänsefußschar (16 cm), ca. 2 cm tief; Häufelbehandlung wie Vorjahresversuch, ca. 11<sup>00</sup> Uhr, danach 10 h niederschlagsfrei
10. Mai: Auszählung Bestandesdichte
12. Mai: Auszählung Beikrautdichte
23. Juni: Ernte (2,88 m<sup>2</sup>/Parzelle), Bestimmung Beikrautmasse
- Versuchsanlage: Blockanlage mit 4 Wiederholungen
- Bodenart: stark lehmiger Sand, ca. 70 Bodenpunkte

## Ergebnisse

Zum Auflauftermin, 18 Tage nach der Saat, wurde in der Variante Auflauf- und Nachauflauf (A- + NA-) Striegeln' ein erstes Mal mit einem 'Hatzenbichler-Striegel' gestriegelt. Dieser frühe Striegelgang wurde offensichtlich gut von den Erbsen vertragen, denn es waren in dieser Variante keine höheren **Pflanzenverluste** als in den später gestriegelten Varianten zu verzeichnen (Abb. 4.7.1, Tab. 4.7.1). Dieser NA-Striegelgang wurde zum Zeitpunkt der Entfaltung des 1. Laubblattes 24 Tage nach der Aussaat in allen Varianten außer in der Kontrolle durchgeführt (Abb. 4.7.4). Die Masse der Beikräuter befand sich zu diesem Zeitpunkt im



**Abb. 4.7.1: Erbsen-Bestandesdichte nach Abschluss der Bekämpfungsmaßnahmen und daraus berechnete Pflanzenverluste.** (Die Signifikantsangabe [Buchstaben] bezieht sich auf beide Saatvarianten.  $GD_{\alpha=0,05}$ : Dichte: 11,6 Pfl./m<sup>2</sup>)



Tab. 4.7.1: Varianten, Beikrautbesatz und -bekämpfungserfolg

Aussaat	normal (flach)					in Furchen	
	Kon- trolle	A- + NA- Strie- geln	NA- Strie- geln	Strie- geln + Hak- ken	Strie- geln + Häu- feln	Kon- trolle	NA- Strie- geln
A-Striegeln (BBCH 09)		X					
NA-Striegeln (BBCH 10-11)		XX	XX	XX	XX		XX
Hacke (BBCH 14-15)				X			
Anhäufeln (BBCH 14-15)					X		
Bestandesdichte [Pfl./m <sup>2</sup> ] <sup>1, 2)</sup>	125	97	93	88	88	118	93
Pflanzenverluste [%] <sup>2)</sup>		22	25	29	28		21
Beikrautdichte [Pfl./m <sup>2</sup> ] <sup>1, 2)</sup>	218	259	253	195	105	271	238
Bekämpfungserfolg <sub>Dichte</sub> [%] <sup>2, 3)</sup>		-19	-16	11	52		11
Beikraut-TM [g/m <sup>2</sup> ] <sup>2, 4)</sup>	21	21	16	30	23	20	28
Ertrag [dt/ha] <sup>2)</sup>	43	31	33	38	32	39	32
Tenderometerwert <sup>2)</sup> (GD: 6,0)	106	115	110	111	110	103	110
Ertrag <sub>TW120</sub> [dt/ha] <sup>2, 5)</sup>	50	32	37	40	35	46	35

<sup>1)</sup> nach Abschluss der Bekämpfungsmaßnahmen;

<sup>2)</sup> Mittelwerte über die Wiederholungen (bei TW jeweils 3 Messwiederholungen);

<sup>3)</sup> Bekämpfungserfolg = (Dichte<sub>Kontrolle</sub> – Dichte<sub>Variante</sub>) + Dichte<sub>Kontrolle</sub>;

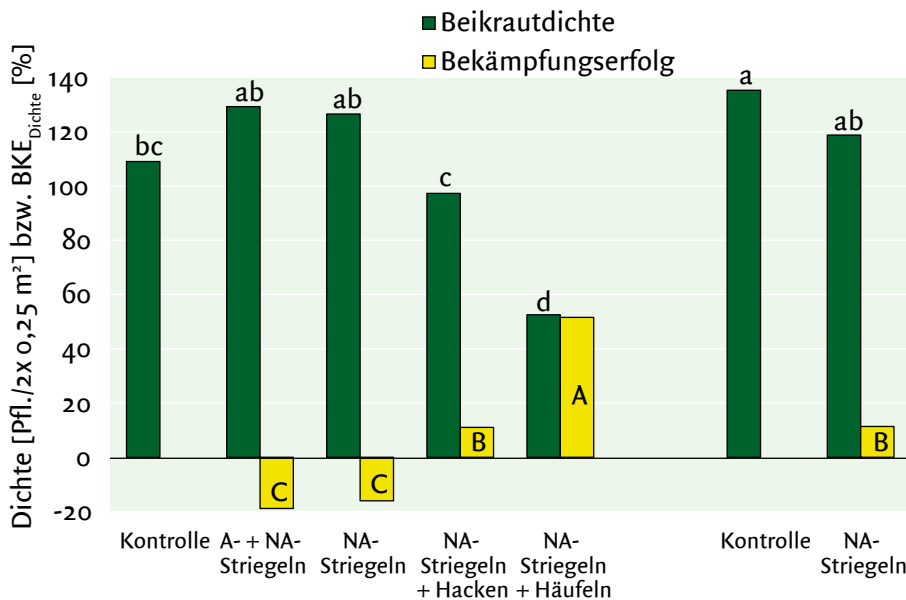
<sup>4)</sup> zum Erntetermin;

<sup>5)</sup> Ertrag korrigiert auf TW 120 nach der umgeformten Reife-Ertragsbeziehung von EVERAARTS & SUKKEL 2000 (vgl. LATTACHKE & LABER 2009);

Stadium 'Weiße Fäden'. Da die Bodenkrümelung des zuvor durch Niederschläge verschlammten Bodens nach einmaliger Überfahrt nicht ausreichend erschien, wurde nochmals in Gegenrichtung gestriegelt, was aber auch keine entscheidende Verbesserung brachte (Abb. 4.7.5). Allerdings dürften die relativ hohen Pflanzenverluste von 25 % gerade durch diese zweite Überfahrt verursacht worden sein. Die Hack- und Häufelbehandlung konnte witterungsbedingt erst etwas verspätet im 4-5-Blatt-Stadium durchgeführt werden, wo sich bereits einzelne Pflanzen über die Reihen hinweg verrankt hatten und so teilweise durch die Tasträder etwas schräg gelegt und beim Häufeln dann vereinzelt verschüttet wurden. Die Pflanzenverluste fielen aber (wie auch bei der Hackvariante) nur unwesentlich (statistisch nicht abgesichert) höher aus als in der nur gestriegelten Variante.

Die **Beikrautdichte** (ausgezählt nach Abschluss der Bekämpfungsmaßnahmen) lag in der Kontrolle bei normaler Aussaat bei rund 220 Pflanzen/m<sup>2</sup>, bei Furchensaart war sie mit rund 270 Pflanzen/m<sup>2</sup> signifikant erhöht (Abb. 4.7.2). Leitunkraut war Vogelmiere, in deutlich geringerem Maße waren Rote Taubnessel und Ackerhellerkraut vorhanden.

Bei normaler (= flacher) Aussaat wurde bei beiden Striegel-Varianten nach dem letzten Bearbeitungsgang eine tendenziell höhere Beikrautdichte als in der Kontrolle ausgezählt. Offensichtlich wurden durch das Striegeln wieder Beikrautsamen zur Keimung angeregt. Daraus errechnen sich die negativen dichtebezogene Bekämpfungserfolge in Abb. 4.7.2. Bei Furchensaart konnte dagegen ein Bekämpfungserfolg von 11 % festgestellt werden, der allerdings zu gering war, um die höhere Verunkrautung der Furchensaart gegenüber der normalen Saat ausgleichen zu können (Vergleiche Kontrolle „normale Saat“ mit Kontrolle „Furchensaart“ Abb. 4.7.2).



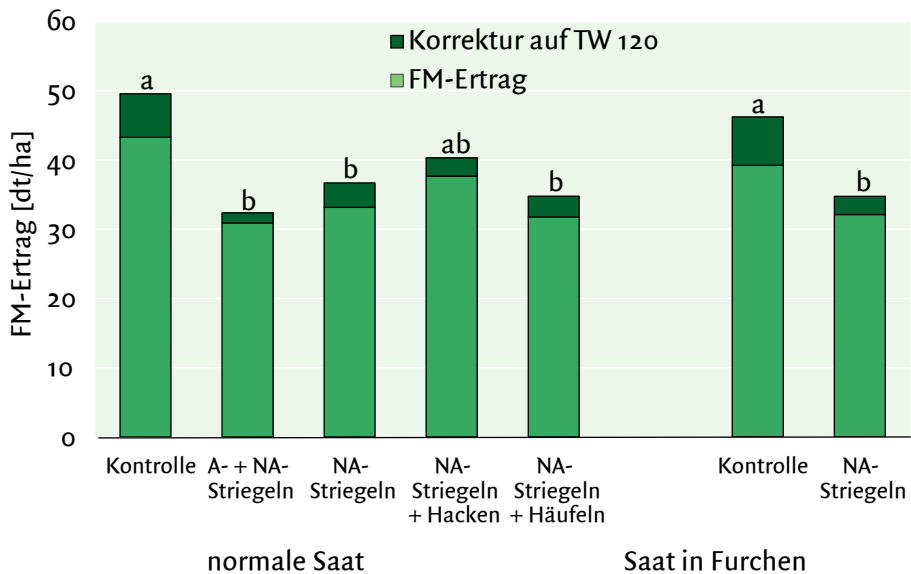
**Abb. 4.7.2: Beikrautdichte nach Abschluss der Bekämpfungsmaßnahmen und daraus berechneter Bekämpfungserfolg ( $BKE_{Dichte}$ ).** (Die Signifikanzangaben [Buchstaben] beziehen sich jeweils auf beide Saatvarianten.  $GD_{\epsilon\epsilon,0,05}$ : Dichte: 41,3 Pfl./m<sup>2</sup>; Bekämpfungserfolg: 22,8 %)

Auch die (zusätzliche) Hacke wies mit einem Gesamtbekämpfungserfolg von 11 % nur ein 'bescheidenes' Ergebnis aus. Die Häufelbehandlung zeigte den höchsten Bekämpfungserfolg, der allerdings mit 52 % (inkl. der Anregung der Beikrautkeimung durch das vorherige Striegeln) nicht so überzeugen konnte wie im letzten Jahr (siehe Artikel 4.6).

Bei der Auszählung der Beikrautdichte Mitte Mai wurden vor allem kleinere Beikräuter vorgefunden, die offensichtlich erst relativ spät aufgelaufen waren. Trotz der relativ hohen Beikrautdichte entwickelten sich so bis zum Erntezeitpunkt, unabhängig von der Bekämpfungsvariante, nur rund 25 g Beikraut-TM/m<sup>2</sup> (Tab. 4.7.1). Aus früheren Versuchen ist bekannt, dass unterhalb eines Beikrautbesatzes von rund 40 g Beikraut-TM/m<sup>2</sup> nicht mit Ertragsverlusten zu rechnen ist (LABER 2009b), so dass davon ausgegangen werden kann, dass in allen Varianten keine nennenswerten beikrautbedingten Ertragsverluste auftraten.

Anders als im Vorjahresversuch lagen die **Tenderometerwerte** (TW) bei den unbehandelten Kontrollen unter denen der Behandlungsvarianten (Tab. 4.7.1). Bei nahezu gleicher (geringer) Verunkrautung ist damit die These, dass es durch die Pflanzenschädigung beim Striegeln etc. zu einer Entwicklungsverzögerung kommen kann, hier nicht bestätigt worden.

In den unbearbeiteten Kontrollen wurde jeweils der höchste (korrigierte) **Ertrag** ermittelt (Abb. 4.7.3), was hauptsächlich auf die in 2010 deutlich höhere Bestandesdichte zurückzuführen ist.



**Abb. 4.7.3: Frischmasse-Ertrag und auf TW 120 korrigierter Ertrag.** (Die Signifikantsangaben [Buchstaben] beziehen sich jeweils auf beide Saatvarianten sowie den FM- als auch korrigierten Ertrag.  $GD_{\alpha<0,05}$ : FM-Ertrag: 8,4 dt/ha; Ertrag bei TW 120: 9,4 dt/ha)



Abb. 4.7-4: Erbsen bei normaler Saat zum Zeitpunkt der NA-Striegelbehandlung (Foto 19. April)



Abb. 4.7-5: Erbsen bei normaler Saat nach der NA-Striegelbehandlung (Foto 19. April)

## Zusammenfassung

Bei einem erneuten Beikrautbekämpfungsversuch in Markerbsen am Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie in Dresden-Pillnitz führte eine Aussaat der Erbsen in Furchen nur zu einer leichten Erhöhung des Bekämpfungserfolges beim Striegeln.

Die Häufelbehandlung bewies erneut ihre Kulturverträglichkeit, aber auch eine frühe Striegelbehandlung zum Auflauftermin wurde von den Erbsen offensichtlich gut vertragen. Ein zweimaliges Striegeln zum Zeitpunkt der Entfaltung des ersten Blattes führte auf dem verkrusteten Boden zu Pflanzenverlusten von über 20 %, was sich auch ertraglich niederschlug. Bei nur geringem Beikrautwachstum traten keine beikrautbedingten Ertragswirkungen auf.

## Literatur

- Laber, H. 2009a: Sehr hoher Beikraut-Bekämpfungserfolg beim Anhäufeln von Markerbsen; Aussaat in Furchen brachte keine Vorteile. [www.hortigate.de](http://www.hortigate.de)
- Laber, H. 2009b: Ertragsverluste in Öko-Gemüseerbsen lagen in Abhängigkeit von der Beikrautmasse zwischen 0 und 49 %. [www.hortigate.de](http://www.hortigate.de)
- Lattauschke, G. und H. Laber, 2009: Anbau von Industriegemüse (Optimierung der Anbauverfahren von in Sachsen bedeutsamen Industriegemüsearten). Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Heft 7/2009. [www.hortigate.de](http://www.hortigate.de)

HERR DR. HERMANN LABER

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE,  
REFERAT 81 OBST- UND GEMÜSEBAU  
PILLNITZER PLATZ 3, 1326 DRESDEN

HERMANN.LABER@SMUL.SACHSEN.DE  
[WWW.SMUL.SACHSEN.DE/LFULG](http://WWW.SMUL.SACHSEN.DE/LFULG)



## 4.8 Beikrautregulierung in Mais – Anhäufeln hat sich bewährt

MARKUS MÜCKE

LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHEN,  
FACHBEREICH ÖKOLOGISCHER LANDBAU

Erfolgreiche Erzeugung von Biomilch bedingt energiereiches Futter und hohe Produktivität der Futterflächen. Dieser Anforderung entspricht Mais in besonderer Weise. Keine andere Kultur vermag unter günstigen Bedingungen ähnlich hohe Energiemengen/ha zu erzeugen. Vorausgesetzt das Beikraut lässt sich bereinigen. Ein Anspruch, dem in der Praxis des Ökolandbaus nicht immer entsprochen werden kann.

### Striegel leistet wichtige Vorarbeit

Der Striegel nimmt im Beikrautregulierungskonzept eine wichtige Funktion ein, da sich mit ihm schon frühzeitig im Voraufbau der Beikrautdruck nachhaltig reduzieren lässt. Die Hauptwirkung des Striegels ist das Verschütten der möglichst noch kleinen Beikräuter. Für den praktischen Einsatz bedeutet das, dass je nach Bodentemperatur und -feuchte schon wenige Tage nach der Maisaussaat mit einem raschen Keimen der Beikräuter zu rechnen ist und ein erstes sogenanntes Blindstriegeln im Voraufbau zeitnah einzuplanen ist. Aus diesem Grund sind in diesem Zeitraum intensive Beikrautkontrollen auf den Flächen angeraten und die Wetterprognosen im Auge zu behalten. Am besten sollte schon das so genannte Fädchenstadium - die unterirdischen Keimlinge der Beikräuter sind sichtbar - mit dem Striegel getroffen werden. Spätestens im Keimblattstadium der Beikräuter ist ein Striegeln aber unbedingt durchzuführen. Zur Verbesserung der Wirkung ist ggf. doppeltes Striegeln (hin und zurück) oder auch diagonales Fahren möglich. Nach dem ersten Blindstriegeln, bis zum Spitzens des Maises sind, wenn möglich, weitere Striegeleinsätze konsequent an erneut keimenden Beikräutern auszurichten.

Zwischen Spitzens und Dreiblattstadium gilt der Mais als besonders striegelempfindlich. Bei sehr hohem Krautdruck, bzw. wenn vorher witterungsbedingt kein ausreichender Striegeleinsatz möglich war, ist auch in diesem Zeitraum ein Striegeln mit langsamer Fahrgeschwindigkeit (3 - 4 km/h) und weicherem Striegelzinkendruck vertretbar. Der Einsatz sollte möglichst an einem sonnigen Tag in den Nachmittagsstunden erfolgen, da die Maispflanzen dann durch den geringeren Turgordruck elastischer sind, und nicht so leicht abbrechen.



**Abb. 4.8.1:** Häufeln ohne Blech bei größeren Maispflanzen



**Abb. 4.8.2:** Im frühen Entwicklungsstadium ist der Einsatz von Schutzblechen zu empfehlen, um ein Verschütten der Maispflanzen zu verhindern



## Große Auswahl an Hackwerkzeugen

Sobald die Maisreihen sichtbar werden, ist grundsätzlich auch das Hacken möglich. Bei diesem frühen Einsatz sind Schutzbleche oder Schutzscheiben an der Scharhacke zu empfehlen, um ein Verschütten der Maispflanzen zu verhindern. Als Arbeitswerkzeuge können Schar-, Stern- oder Rollhacken zum Einsatz kommen. Der Vorteil dieser Werkzeuge gegenüber dem Striegel ist, dass auch spätere Wachstumsstadien der Unkräuter zwischen den Reihen vergleichsweise sicher erfasst werden. Voraussetzung für den präzisen Einsatz der Hackwerkzeuge ist die Einhaltung exakter Reihenanschlüsse bei der Aussaat. Lohnunternehmer sollten vor der Arbeit nachdrücklich darauf hingewiesen werden!

## Hohe Wirkungsgrade durch Anhäufeln

Werkzeuge die eine verschüttende Wirkung erzielen, sind ebenfalls sehr gut im Mais einsetzbar. In Frage kommen beispielsweise spezielle Häufelkörper für die Scharhacke, oder sogenannte Flachhäufler die als „Nachläufer“ an den Gänsefußscharen montiert werden. Auch können schon steiler angestellte Hackschare oder aufgeschweißte Flacheisen auf den Hackscharen gute Häufel effekte bewirken. Eine hervorragende Häufelwirkung lässt sich aber vor allem mit Häufeltechnik aus dem Kartoffelanbau erzielen. In beiden Kulturen wird bekanntlich mit 75 cm Reihenabstand gearbeitet. In der Regel dürfte diese Technik auch kostengünstig zu beschaffen sein.

Im Rahmen eines aus dem Bundesprogramm Öko-Landbau finanzierten dreijährigen Versuchsprojektes sind hierzu von der LWK Niedersachsen vielversprechende Erkenntnisse gewonnen worden. Verglichen wurden die übliche Aussaat mit 75 cm Reihenabstand, eine Engsaat mit 37,5 cm und eine Dammkultur mit 75 cm. Bei der Dammkultur wurde der Mais direkt auf einen vorgezogenen Damm ausgesät. Ziel war es u.a. dem Mais dadurch eine schnellere Jugendentwicklung zu ermöglichen und die Beikrautkonkurrenz zu verringern. Im ersten Versuchsjahr 2004 wurde mit der Dammkultur neben einem deutlich verbesserten Pflanzenwachstum auch ein beachtlicher Mehrertrag von 30 % erzielt. In den folgenden Versuchsjahren 2005 und 2006 hatten die im Damm abgelegten Maiskörner häufig keinen ausreichenden Wasseranschluss aufgrund sehr trockener und klutiger Bodenverhältnisse. Die Folge war ein verzögerter und ungleichmäßiger Aufgang des Maises. Erwartungsgemäß ließen sich unter diesen Bedingungen keine Mehrerträge erzielen. In allen drei Versuchsjahren kamen aber die Vorteile der Dammkultur in Bezug auf die Beikrautregulierung sehr deutlich zum Tragen. Durch die sehr gute verschüttende Wirkung der Häufelkörper wurden beachtliche Regulierungsergebnisse u.a. auch bei älteren Beikräutern erzielt. Für den praktischen Anbau empfiehlt es sich deshalb, den Mais nach praxisüblicher Art mit 75 cm Reihenabstand auszusäen. Die nachfolgende Beikrautregulierung kann dann zunächst mit Striegel und Schar- bzw. Rollhacke erfolgen. Ab etwa 25 bis 30

cm Wuchshöhe könnte dann das Häufelgerät zum Einsatz kommen, bei Bedarf auch mehrmals. In den niedersächsischen Öko-Landessortenversuchen Silo- und Körnermais wird seit Jahren auf diese Weise sehr erfolgreich das Kraut reguliert.



**Abb. 4.8.3:** Beim Engsaatverfahren wird ein früherer Reihenschluss im Maisanbau erreicht, der Beikrautdruck zwischen den schmaleren Reihen sinkt. Gleichzeitig stehen doppelt so viele Pflanzreihen auf der Fläche, somit steigt der Beikrautdruck in der Reihe, zwischen den einzelnen Maispflanzen.

### **Bei Engsaat überwiegen die Nachteile**

Für das Engsaatverfahren mit 37,5 cm Reihenabstand steht in der Praxis mittlerweile überbetriebliche Sä- und Erntetechnik zur Verfügung. Gegenüber dem üblichen Anbau mit der 75er Reihe wird durch den engeren Reihenabstand ein früherer Reihenschluss erreicht, der eine bessere Beschattung von Beikräutern erwarten lässt und zudem einen besseren Erosionsschutz bietet. Nachteilig beim



**Abb. 4.8.4:** Bio-Mais angehäufelt

Engsaatverfahren ist der enorme Unkrautdruck innerhalb der Pflanzenreihen. Da durch den engeren Reihenabstand doppelt soviel Pflanzenreihen auf der Fläche stehen, bleibt zwangsläufig ein höherer Flächenanteil bei der Unkrautregulierung mit der Scharhacke unbearbeitet. Das erfordert zwingend den Einsatz aufwändigerer und kostspieligerer Hacktechnik, wie beispielsweise der Fingerhacke.

## Resümee

Es bleibt festzuhalten, dass auch im Ökologischen Landbau erfolgreich Mais angebaut werden kann. Entscheidend für den Erfolg ist, dass vor allem der Krautdruck weitgehend reduziert wird. Entsprechende Technik ist vorhanden, aber es ist wichtig, diese auch zeitgerecht einzusetzen. Mit einem einmaligen Arbeitsgang ist es im Öko-Landbau nicht getan.

HERR MARKUS MÜCKE  
LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN, FACHBEREICH ÖKOLANDBAU  
JOHANNSENSTR. 10, 30159 HANNOVER

MARKUS.MUECKE@LWK-NIEDERSACHSEN.DE  
WWW.LWK-NIEDERSACHSEN.DE



## 4.9 Sojabohne als Hackfrucht anbauen

MARKUS MÜCKE

LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN  
FACHBEREICH ÖKOLANDBAU

Seit 2009 führt der Fachbereich Ökologischer Landbau der LWK Niedersachsen einen Sojabohnen-Anbauversuch durch. Gefördert aus Mitteln des Niedersächsischen Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung wird geprüft, inwieweit auch in günstigen Lagen Niedersachsens erfolgreicher Sojaanbau möglich ist. Der Soja-Anbauversuch beinhaltet einen Sorten- und einen Beikrautregulierungsversuch. Nachfolgend werden die zweijährigen Ergebnisse des Beikrautregulierungsversuchs vorgestellt. Aus Platzgründen kann nachfolgend nur eine Zusammenfassung der erst zweijährigen Ergebnisse dargestellt werden. Eine genaue Beschreibung der eingesetzten Werkzeuge und eine ausführlichere Erläuterung der Ergebnisse sind im Zwischenbericht nachzulesen<sup>4</sup>.

### Beikrautregulierung ist entscheidend für den Anbauerfolg

Die Sojabohne besitzt eine vergleichsweise geringe Konkurrenzkraft gegenüber Beikräutern. Deshalb ist die Krautregulierung die entscheidende Maßnahme für den Anbauerfolg. Im Versuch werden zwei reihenunabhängige und drei reihenabhängige Verfahren untersucht:

#### Reihenunabhängigen Regulierungsverfahren:

- nur Striegeleinsatz (Firma Hatzenbichler)
- nur Einsatz der Sternrollhacke (Rotary Hoe)

Der Reihenabstand der Sojabohnen in den Versuchspartellen beträgt 12,5 cm.

#### Reihenabhängigen Regulierungsverfahren:

Hier kommen verschiedene Werkzeuge zum Einsatz, die die Beikräuter auch innerhalb der Pflanzenreihe regulieren können:

- Fingerhacke
- Torsionshacke
- Flachhäufler

Diese Werkzeuge kommen stets in Kombination mit einer Scharhacke zum Einsatz. Der Reihenabstand der Sojabohnen in den Versuchspartellen beträgt 40 cm.

<sup>4</sup> [www.lwk-niedersachsen.de](http://www.lwk-niedersachsen.de) (Portal: Betrieb & Umwelt / Ökologischer Landbau / Versuche)

Die Einsatzzeitpunkte der einzelnen Geräte richten sich nach Beikrautentwicklung, Witterung und Bodenzustand. Um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wurden die reihenabhängigen Werkzeuge immer zum gleichen Termin eingesetzt. Auch die beiden reihenunabhängigen Verfahren kamen stets zeitgleich zum Einsatz.

Folgende Parameter werden im Versuch untersucht:

- Möglichkeiten des Striegeleinsatzes
- Beikrautregulierungserfolg
- Kulturpflanzenverluste
- Ertrag und Futterqualitäten (Protein und Öl)

Im ersten Versuchsjahr 2009 lagen aufgrund der warmen und niederschlagsarmen Witterung stets ideale Bedingungen für die mechanische Beikrautregulierung vor. Der Beikrautdruck war auf der Fläche dennoch vergleichsweise hoch. Im zweiten Versuchsjahr 2010 wurde die optimale Terminierung der mechanischen Beikrautregulierung durch die unbeständige Witterung erheblich erschwert. Der hohe Beikrautdruck erforderte eine nahezu doppelt so hohe Einsatzhäufigkeit im Vergleich zum Vorjahr.

## **Striegeln mit einplanen**

Die zweijährigen Ergebnisse haben gezeigt, dass aufgrund der vergleichsweise geringen Konkurrenzkraft der Sojabohne in der Jugendentwicklung ein Anbau mit Getreidereihenabstand und der ausschließliche Einsatz des Striegels keine befriedigende Beikrautregulierung gewährleistet. In beiden Versuchsjahren lag der Beikrautdeckungsgrad nach Abschluß des letzten Durchganges zwischen 25 und 30 %. Dies wirkte sich entsprechend negativ auf den Ertrag aus, der in beiden Jahren deutlich niedriger war, im Vergleich zu den reihenabhängigen Verfahren. Allgemein ist bekannt, dass ein sehr frühes Blindstriegeln einen sehr guten und nachhaltigen Regulierungserfolg bewirken kann. Beim Blindstriegeln muss besonders bei Sojabohnen (Saattiefe: 3 – 4 cm) auf eine präzise Tiefenführung, Zinkendruckeinstellung und angepaßter Arbeitsgeschwindigkeit des Striegels (etwa 3 - 4 km/h) geachtet werden. Während der Auflaufphase der Sojabohne sollte das Striegeln möglichst unterbleiben und nur in Ausnahmefällen vorsichtig durchgeführt werden. Durch Striegeln in dieser Phase können die Verluste aufgrund der epigäischen (oberirdischen) Keimung exponentiell steigen.

Gleichwohl hat sich aber gezeigt, dass die Sojabohne ab dem ersten Laubblattpaar bis etwa zum dritten Laubblattpaar das Striegeln vergleichsweise gut verträgt. Deshalb sollte der Striegel grundsätzlich schon in das Beikrautregulierungskonzept mit integriert werden.



Abb. 4.9.1: Besonders bei jungen, empfindlichen Mais- und Sojapflanzen ist die Fahrgeschwindigkeit beim Striegeln wichtig, um Schäden an den Pflanzen zu vermeiden. Bei niedriger Geschwindigkeit werden die Kulturpflanzen von den Zinken zur Seite geschoben. So können sie eher ausweichen und brechen nicht so leicht. Daher ist ein langsames Fahren (ca. 3-4 km/h), mit etwas höherem Zinkendruck kulturschonender und effektiver.

### Sternrollhacke häufiger einsetzen

Die Sternrollhacke, mechanisches Standardgerät im US-Sojaanbau, kam 2010 erstmalig zum Einsatz. Sie hat durch ihre rollenden Werkzeuge mit löffelartigen Spitzen eine krustenbrechende, vorrangig verschüttende Wirkung. Zu fahren ist sie mit vergleichsweise hohen Arbeitsgeschwindigkeiten (mind. 15 - 20 km/h). Der Einsatztermin ist unbedingt an das Entwicklungsstadium der Beikräuter auszurichten. Nach unseren ersten Erfahrungen muss bereits frühzeitig im Fädchenstadium bis spätestens im Keimblattstadium der Beikräuter mit der Sternrollhacke gearbeitet werden. Spätere Beikrautstadien werden nicht mehr sicher erfaßt. Die beikrautregulierende Wirkung im ersten Jahr war im Versuch nicht befriedigend. Allerdings konnte auf den 24 m langen Versuchspartzellen nicht ganz das Geschwindigkeitsoptimum erreicht werden. Die max. Arbeitsgeschwindigkeit lag bei rund 15 km/h. Besonders die ersten beiden Durchgänge schnitten vergleichsweise schlecht ab. Hier wäre möglicherweise eine bessere Wirkung erzielt worden, wenn die Sternrollhacke in kürzen Zeitabständen mehrmals eingesetzt, oder mit doppelter Überfahrt gearbeitet worden wäre. Erfahrungen von Praktikern zeigen, dass die Sternrollhacke häufiger als der Striegel eingesetzt werden muss, um gute Wirkung zu erzielen. Zusätzlich wird empfohlen die Fläche mit der Sternrollhacke doppelt, d.h. in entgegengesetzter Richtung abzufahren. Die unbefriedigende Krautregulierung und der entsprechend schlechte Kornertrag der Sternrollhacke sollte nach dem ersten Versuchsjahr nicht überbewertet werden. Interessant ist



**Torsionshacke**



**Fingerhacke**



**Flachhäufler**

**Abb. 4.9.2: Entwicklung der Sojabohne nach Einsatz der verschiedenen Hackgeräte. Datum 30.06.2010.**



aber, dass die Sternrollhacke im Versuch deutlich kulturschonender arbeitete als der Striegel. Die Sojabohnenverluste lagen durchschnittlich bei nur 4 %. Die Kulturpflanzenverluste durch das Striegeln bewegten sich in beiden Jahren dagegen im Schnitt bei etwa 10 %. Auch der Einsatz im kritischen Stadium des Aufganges hinterließ die Sternrollhacke weniger Pflanzenverluste als der Striegel. Weitere Ergebnisse sind abzuwarten.

## Sojabohne als Hackfrucht anbauen

Gegenüber den zuvor beschriebenen reihenunabhängigen Verfahren konnte in beiden Versuchsjahren mit allen untersuchten reihenabhängigen Hackverfahren bessere Regulierungserfolge, geringere Sojabohnenverluste und schließlich auch höhere Erträge erzielt werden. Die Fingerhacke und die Torsionshacke erreichten 2009 beide nahezu identische Regulierungserfolge. Die Sojabohnenverluste bewegten sich ebenfalls auf etwa gleichem Niveau ( $\emptyset$  5 %). In 2010 schnitt die Torsionshacke aber tendenziell besser ab (Abb. 4.9.3). Gegenüber der Fingerhacke konnte die Torsionshacke im Versuchsjahr 2009 einen Mehrertrag von rund 2 dt/ha erzielen (Abb. 4.9.3). In 2010 lag der Mehrertrag bei nur rund 1 dt/ha. In beiden Versuchsjahren haben die Fingerelemente der Fingerhacke zu Wuchsdpressionen bei den Sojabohnen geführt. Am deutlichsten trat dies in 2010 hervor (Abb. 4.9.2). Die Sojabohnen die mit der Fingerhacke bearbeitet wurden (mittleres Bild), fallen mit einem auffallend schwächeren Wuchs gegenüber der Torsionshacke auf. Gegenüber den beiden zuvor genannten Werkzeugen, zeigten die Flachhäufler dagegen einen deutlichen Wachstumsvorsprung.

Die Flachhäufler verursachten ähnliche, tendenziell sogar noch geringere Sojabohnenverluste (4 % in 2009 und 2 % in 2010), im Vergleich zur Torsions- bzw. Fingerhacke. Durch den Verschüttungseffekt erzielten die Flachhäufler aber den mit Abstand besten Wirkungsgrad bei der Krautregulierung. Auch beim Ertrag setzten sich die Flachhäufler mit 22,8 dt/ha bzw. 14,3 dt/ha in beiden Jahren sehr deutlich von den übrigen Verfahren ab (Abb. 4.9.3 und 4.9.4).

## Was bleibt festzuhalten

Die Sojabohne sollte bevorzugt als Hackfrucht angebaut werden. Im Beikrautregulierungskonzept ist der Striegel ergänzend zu den Hackmaßnahmen auf jedem Fall mit einzuplanen. Um das Beikraut auch innerhalb der Pflanzenreihen zu erfassen, sollte die Scharhacke mit Zusatzwerkzeugen ausgestattet sein, die innerhalb der Pflanzenreihen arbeiten. Als vielversprechend hat sich in den Versuchen die Scharhacke in Kombination mit Flachhäuflern erwiesen. Diese arbeiten sehr kulturschonend und haben eine sehr gute regulierende Wirkung. Zudem sind sie ausgesprochen kostengünstig in der Anschaffung. Durch die Arbeitsweise der

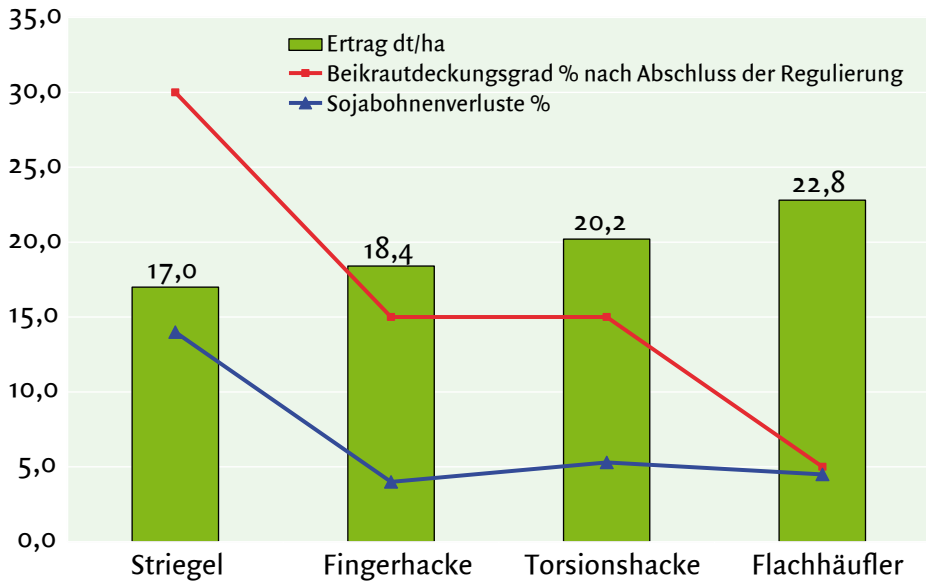


Abb. 4.9.3: Beikrautregulierungsversuch in Sojabohnen 2009. Erträge, Kulturpflanzenverluste und Beikrautdeckungsgrad

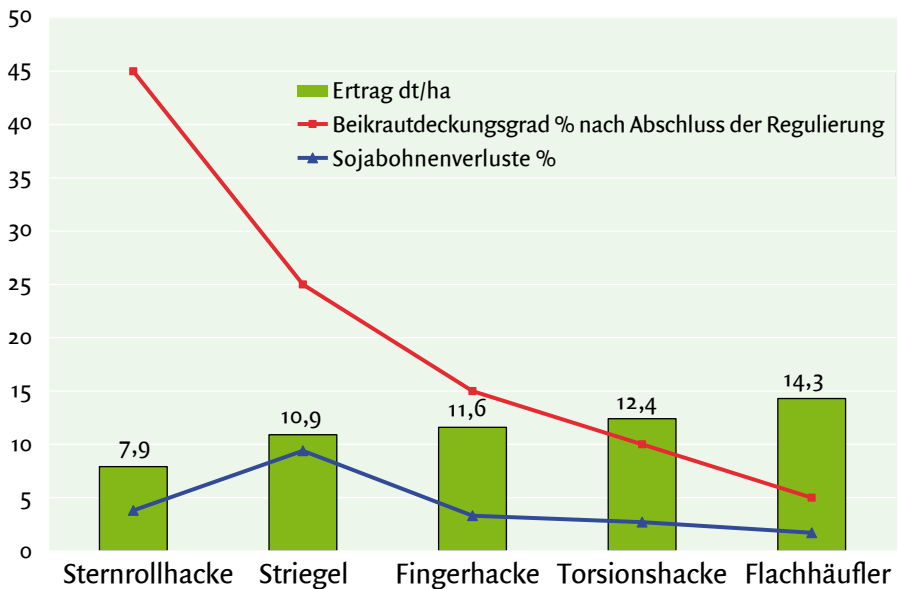


Abb. 4.9.4: Beikrautregulierungsversuch in Sojabohnen 2010 - Erträge, Kulturpflanzenverluste und Beikrautdeckungsgrad

Flachhäufel werden allerdings auch Steine an die Sojapflanzen heran geschoben. Aufgrund des tiefen Hülsenansatzes der Sojabohnen könnte dies zu Erntebehinderungen führen. Einen guten Regulierungserfolg hinterließen auch die Torsionshacke und die Fingerhacke. Die Torsionshacke ist aber deutlich kostengünstiger in der Anschaffung, vergleichsweise verschleißarm und sehr kulturschonend. Die Fingerhacke ist teuer in der Anschaffung und bei ungenauer Einstellung und zu schneller Arbeitsgeschwindigkeit kann sie zu erhöhten Pflanzenschäden führen. Für eine Absicherung der Ergebnisse ist ein drittes abschließendes Versuchsjahr 2011 vorgesehen.

HERR MARKUS MÜCKE  
LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN, FACHBEREICH ÖKOLANDBAU  
JOHANNSENSTR. 10, 30159 HANNOVER

MARKUS.MUECKE@LWK-NIEDERSACHSEN.DE  
WWW.LWK-NIEDERSACHSEN.DE



# 4.10 Leistungsvergleich von boden- und zapfwellengetriebenen Hackgeräten sowie Hinweise zum Einsatz in Reihenkulturen der landwirtschaftlichen und gärtnerischen Praxis

HARTMUT KOLBE

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE,

## Einleitung

In zwei Forschungsprojekten wurden Geräte zur mechanischen Beikrautregulierung auf verschiedenen Bodenarten in Sachsen geprüft und deren Arbeitseffekte durch entsprechende Versuchsanstellungen ermittelt. Zwei bodenangetriebene Geräte (Bügelhacke, Abb. 4.10.1, Fingerhacke) sowie ein zapfwellengetriebenes Gerät (Tellerhackbürste, Abb. 4.10.2) wurden mit herkömmlicher Gerätetechnik (Scharhacke) in ihrer beikrautregulierenden Wirkung unter Einschluss von arbeits- und betriebswirtschaftlichen Fragestellungen in den Reihenkulturen Zucker- und Futterrüben sowie Möhren, Buschbohnen, Porree, Spinat und Mais miteinander verglichen (PETZOLD & KOLBE, 1998, 2002).

## Hinweise zum praktischen Einsatz










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

## 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. 4.10.1). Besonders mit dem Einsatz der Schar-

hacke, bei Ausstattung mit Vorlockerern auch mit der Rollhacke, werden gute Leistungen in der Beikrautregulierung 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 lockerem Boden sind dagegen alle aufgeführten Geräte mit gutem Erfolg einsetzbar.

Tab. 4.10.1: Bewertung der Einsatzmöglichkeit verschiedener Hackgeräte für den Bereich „zwischen den Reihen“ (++) sehr gut, + gut, o bedingt, - nicht einsetzbar)

	Beikraut-entwicklungsstadium			Boden-zustand			Entwicklungsstadium der Kulturarten (Bsp. Rübe)		
	Keimblattstadium 	2-4-Blattstadium 	> 4-Blattstadium 	locker 	verkrustet, verschlämmt 	Hoher Steinbesatz 	< 2-Blattstadium 	2-6-Blattstadium 	> 6-Blattstadium 
Bügelhacke	++	+	o	++	-	-	++	++	-
Tellerhackbürste	++	+	o	++	-	o	++	++	-
Rollhacke (mit Vorlockerer)	++	++	+	++	+	+	o	++	++
Scharhacke	++	++	++	++	+	o	++	++	++

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 relativ geringe Gerätebeschädigungen 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 auf-

grund der nur 5 mm starken Bügel schnell Verbiegungen auf. Aus diesen Gründen können diese Geräte unter den erschwerten Bedingungen nicht eingesetzt werden.



Abb. 4.10.1: Bügelhacke

Der Geräteeinsatz ist weiterhin stark abhängig vom Entwicklungsstadium der Kulturarten (in Tab. 4.10.1 exemplarisch für den Rübenanbau aufgeführt). Während die Scharhacke aufgrund der Vielfalt an anwendbaren Messerformen und Einstellmöglichkeiten in allen genannten Entwicklungsstadien mit Erfolg einsetzbar ist, ist ein Einsatz der Bügelhacke und der Tellerhackbürste meistens nur bis zum 6-Blattstadium möglich. Ein Grund hierfür ist der begrenzte Raum zwischen den rotieren-



Abb. 4.10. 2: Tellerhackbürste beim Einsatz im Feld

den 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 relativ „grobe“ Arbeitsweise des Gerätes einen hohen Sicherheitsabstand erfordert und auf diesem Wege den Handhackaufwand erhöhen kann.

### Geräte zur Bearbeitung des Bereichs in der Reihe

Zu den Geräten, deren Arbeitsbereich sich bei der Beikrautregulierung auch auf den Bereich in der Reihe erstreckt, zählen die Fingerhacke, die Scharhacke (mit

Tab. 4.10.2: Bewertung der Einsatzmöglichkeit verschiedener Hackgeräte für den Bereich „in der Reihe“ (++) sehr gut, + gut, o bedingt, - nicht einsetzbar)

	Beikrautentwicklungsstadium			Bodenzustand			Entwicklungsstadium der Kulturarten					
	Keimblattstadium	2-4-Blatt-stadium	> 4-Blatt-stadium	locker	verkrustet, verschlämmt	hoher Steinbesatz	< 2-Blatt-stadium		2-6-Blatt-stadium		> 6-Blatt-stadium	
							KS1)	GS1)	KS	GS	KS	GS
Fingerhacke	++	o	-	++	-	o	-	++	o	++	+	++
Scharhacke (mit Häuferscharen)	++	+	-	++	+	o	-	-	o	++	++	++
Striegel	++	o	-	++	-	o	-	+	o	++	+	++
Rollhacke (anhäufelnd)	++	++	++	++	+	o	-	-	o	+	+	++

<sup>1)</sup> Säkulturen: KS = kleinsamige Arten (z. B. Rüben, Möhren, Spinat)

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



Häufelerscharen ausgestattet), der Striegel sowie die Rollhacke mit der Stellung der Arbeitswerkzeuge auf „anhäufelnd“ (Tab. 4.10.2). Im Vergleich zum Bereich „zwischen den Reihen“ ist der Arbeitserfolg „in der Reihe“ oft wesentlich geringer ausgeprägt. Das gilt besonders in kleinsamigen Kulturartenbeständen in frühen Entwicklungsstadien, weil diese Bestände dann durch die Arbeitsweise der Geräte zu sehr gestört werden. Bei großsamigen Arten kann die Beikrautregulierung dagegen bereits im Keim- bis 2-Blattstadium der Kulturen mit dem Einsatz der Fingerhacke oder dem Striegel mit Erfolg vorgenommen werden. Ab dem 2- bis 6-Blattstadium einiger Kulturarten wie z.B. Mais oder Buschbohne ist das Anhäufeln durch Einsatz der Scharhacke und der Rollhacke mit gutem Erfolg durchführbar.

Der Einsatzerfolg ist weiterhin abhängig vom Entwicklungsstadium der Beikräuter. Während mit allen Geräten eine sehr gute Arbeitsweise gelingt wenn die Beikräuter sich im Keimblattstadium befinden, ist aufgrund der verschüttenden Wirkung ein erfolgreicher Einsatz bei größeren Beikräutern im Bereich in der Reihe nur mit dem Einsatz der Rollhacke zu gewährleisten. Die anhäufelnde Wirkung der Scharhacke sowie die spezifische Arbeitsweise der Fingerhacke und des Striegels reichen bei Beikrautstadien ab dem 4-Blattstadium nicht aus, um eine befriedigende Beikrautregulierung zu erzielen (Tab. 4.10.2).

### Bewertung der Arbeitsgeschwindigkeit und der Maschinenkosten

Die optimalen Arbeitsgeschwindigkeiten sowie die Kosten der fünf getesteten Hackgeräte (Grundausstattung) sind sehr unterschiedlich, so dass auch diese Merkmale bei der Auswahl der für den jeweiligen Betrieb vorteilhaften Gerätetechnik mit bedacht werden müssen (Tab. 4.10.3). Die Arbeitsgeschwindigkeit und damit zusammenhängend die Flächenleistung ist bei der Bügelhacke und bei der Rollhacke am höchsten. In den eigenen Versuchen waren durchschnittliche Geschwindigkeiten zwischen 6,2 – 6,8 km/h gemessen worden. Gleichzeitig sind die fixen und die variablen Kosten dieser Geräte zwischen gering und mittel anzusiedeln.

Tab. 4.10.3: Arbeitsgeschwindigkeit und Kosten der Hackgeräte

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

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

## Literaturhinweise

Petzold, W. & H. Kolbe (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, H. 9, 64 Seiten.  
<http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/jsp/inhalt.jsp> > Erweiterte Suche: 1998, Schriftenreihe, Heft 9, 3. Jahrgang.

Petzold, W. & H. Kolbe (2002): Einführung neuer bodenangetriebener und zapfwellengetriebener Hackgeräte in die Praxis – Leistungsvergleich mit herkömmlicher Pflgetechnik auf ökologisch wirtschaftenden Betrieben. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, Reihe A: Angewandte Wissenschaft Heft 492, 48 Seiten.  
[http://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/EinfuehrungHackgeraetePraxis\\_Kennwortschutz.pdf](http://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/EinfuehrungHackgeraetePraxis_Kennwortschutz.pdf)

HERR DR. HARTMUT KOLBE

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE  
GUSTAV-KÜHN-STR. 8, 04159 LEIPZIG

HARTMUT.KOLBE@SMUL.SACHSEN.DE  
WWW.SMUL.SACHSEN.DE/LFLUG

# 4.11 Mechanische Beikrautregulierung im Zuckerrübenanbau

DANIEL FISCHER UND KARLHEINZ KÖLLER

UNIVERSITÄT HOHENHEIM, INSTITUT FÜR AGRARTECHNIK, FACHGEBIET  
VERFAHRENSTECHNIK IN DER PFLANZENPRODUKTION

## Einleitung

Der Konsum von ökologisch angebauten Lebensmitteln in Deutschland und innerhalb der Europäischen Union ist in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen. Diese anhaltend starke Nachfrage beinhaltet auch den Bedarf an ökologisch erzeugtem Rübenzucker in der Verarbeitungsindustrie und im Lebensmitteleinzelhandel.

Das Beikrautmanagement im ökologischen Zuckerrübenanbau beinhaltet indirekten und direkten Maßnahmen. Die mechanische Beikrautregulierung hat hierbei jedoch eine zentrale Bedeutung. Die Keimung der Zuckerrübe findet zeitgleich zu den Hauptkeimperioden der häufigsten Ackerunkräuter statt (ROBERTS, 1982) und sie steht in der Jugendentwicklung in unmittelbarer Konkurrenz mit diesen um die Wachstumsfaktoren Licht, Wasser und Nährstoffe. Dies führt dazu, dass der Beikrautdruck eine gleichmäßige Bestandsentwicklung massiv stören kann. Insbesondere hochwachsende Beikräuter können zu drastischen Ertrags-einbußen führen.

## Langsame Jugendentwicklung erschwert Maßnahmen in der Reihe

Für die Bearbeitung des Zwischenreihenbereichs gibt es derzeit befriedigende technische Lösungen. Das Problem ist die Verunkrautung in der Pflanzenreihe. Gerade in der langsamen Jugendentwicklung der Zuckerrübe ist die mechanische Beikrautkontrolle in der Pflanzenreihe kaum möglich. Aufgrund dessen erfordert der ökologische Anbau von Zuckerrüben zurzeit ein hohes Maß an Arbeitskraftstunden pro Hektar in einer engen Zeitspanne zur manuellen Entfernung der Beikräuter im Pflanzenzwischenraum innerhalb der Kulturpflanzenreihe. Der Arbeitszeitaufwand liegt nach Untersuchungen von Irla et al. (2005) und eigenen zweijährigen Untersuchungen (Fischer et al., 2010) über 100 AKh/ha.

Innerhalb des hier vorgestellten Forschungsprojektes wurde aufbauend auf den Ergebnissen eigener Feldversuche zur weiteren Reduzierung des notwendigen Handarbeitszeitaufwandes ein kameragestütztes Regelkonzept zur Steuerung ei-



Abb. 4.11.1 : Fingerhacke in Kombination mit einer Scharhacke

nes Prototyps zur mechanischen Beikrautregulierung innerhalb der Pflanzenreihe entwickelt.

### **Geräte zur mechanischen Beikrautkontrolle im Zuckerrübenanbau**

Grundsätzlich können alle auf dem Markt angebotenen Geräte zur mechanischen Beikrautregulierung, angepasst an die kulturspezifischen Anforderungen, eingesetzt werden. Im Voraufbau ist eine ganzflächige Bearbeitung, "Blindstriegeln", der Fläche empfehlenswert, um der jungen Kulturpflanze einen Wachstumsvorsprung zu ermöglichen. Nach Auflaufen der Zuckerrüben sollte zum frühestmöglichen Zeitpunkt die Beikrautregulierung im Zwischenreihenbereich beginnen. Ebenfalls kann zu diesem Zeitpunkt eine Überfahrt mit ganzflächig arbeitenden Geräten, Striegel oder Rotary Hoe (Firma Yetter) sinnvoll sein. Ergebnisse eigener durchgeführter Feldversuche zeigen, dass durch den zusätzlichen Einsatz der Rotary Hoe im frühen Wachstumsstadium der Zuckerrübe im Vergleich zum alleinigen Einsatz der Scharhacke 10 % mehr Beikräuter nach einer Überfahrt entfernt werden. Endres et al. (1999) beziffern den Verlust an Rübenpflanzen nach zweimaliger Überfahrt mit der Rotary Hoe auf 13 % sichtbare Pflanzenverluste. Ziel des Einsatzes ganzflächig arbeitender Geräte im Voraufbau und im frühen Entwick-

lungsstadium der Zuckerrübe ist das Erreichen eines Wachstumsvorsprungs der Zuckerrübe gegenüber den Beikräutern. Dem Verlust an Kulturpflanzen nach der Überfahrt mit ganzflächig arbeitenden Maschinen und dem Einsatz der Handhackle sollte mit einer erhöhten Aussaatstärke zur Ertragssicherung entgegengewirkt werden.

### Scharhacken für den Zwischenreihenbereich

Zur Bearbeitung des Zwischenreihenbereichs ist die Scharhacke das am universellsten einsetzbare Gerät. Der Anwender kann verschiedene Hackmesser je nach Einsatzzeitpunkt und Witterungsbedingungen einsetzen. Der zusätzliche Anbau von Reihenstriegeln an die Scharhacke verhindert das Wiederanwachsen der gehackten Beikräuter und steigert dadurch den Regulierungserfolg. Zum Zeitpunkt der ersten und zweiten Maschinenhacke ist die Verwendung von Schutzscheiben zum Schutz der jungen Zuckerrüben vor Verschüttung empfehlenswert. Die Steuerung der Scharhacke entweder über eine zweite Arbeitskraft, oder kameragesteuert, ermöglicht das Hacken sehr nahe an die Kulturpflanzenreihe. Bis zum Reihenschluss der Zuckerrüben sollten drei bis vier Hackdurchgänge des Zwischenreihenbereiches erfolgen. Tab. 4.11.1 zeigt einen Überblick der aktuell auf dem Markt verfügbaren Geräte zur mechanischen Beikrautregulierung

Tab. 4.11.1: Darstellung auf dem Markt verfügbarer Hacktechnik, eingeordnet nach Antriebsart und bearbeitetem Raum

Antriebsart/ Arbeitsweise	Bearbeiteter Raum			
	Ganzflächiger Einsatz	Einsatz zwischen der Reihe	Kombination: Einsatz zwischen und innerhalb der Reihe	Einsatz innerhalb der Reihe
Gezogen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Striegel</li> <li>• Netzegge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Scharhacke</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Häufelschar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Torsionshacke</li> </ul>
Abrollend/ Bodenangetrieben	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rollstriegel</li> <li>• Rotary Hoe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bügelhacke</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rollhacke</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fingerhacke</li> <li>• Unihacke/ Rollstriegel</li> </ul>
Zapfwellenbetrieben		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reihenfräse</li> <li>• Reihenhackbürste</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tellerhackbürste</li> </ul>	

## Geräte in der Reihe

Der Einsatz innerhalb der Kulturpflanzenreihe arbeitender Geräte, wie z.B. der Fingerhacke, kann in Kombination mit einer Scharhacke zu einem späteren Wachstumsstadium der Zuckerrübe erfolgen. Entscheidend für einen Regulierungserfolg ist, dass die Zuckerrübe einen Wachstumsvorsprung vor dem Beikraut behält, so dass aufgrund der unterschiedlichen Haltekräfte der Zuckerrübe und des Beikrauts im Boden ein Entfernen des Beikrauts möglich ist. Abb. 4.11.1 zeigt die Fingerhacke in Kombination mit einer Scharhacke im Einsatz in Zuckerrüben. Allgemein gilt für den Einsatz von Geräten zur mechanischen Beikrautregulierung, dass je nach Bodenbeschaffenheit, Beikrautdichte und Wachstumsstadium des Beikrauts und der Kulturpflanze verschiedene Geräte zur Beikrautregulierung durch den Anwender vorgehalten werden sollten.

## Prototyp zur gesteuerten mechanischen Beikrautregulierung innerhalb der Pflanzenreihe

Zur Verbesserung der Effektivität der mechanischen Beikrautregulierung innerhalb der Pflanzenreihe ist es erforderlich, dass eine Positionsbestimmung der Kulturpflanze in Echtzeit vor dem arbeitenden Hackwerkzeug erfolgt und die Bewegung des Werkzeuges an die realen Pflanzenzwischenabstände angepasst

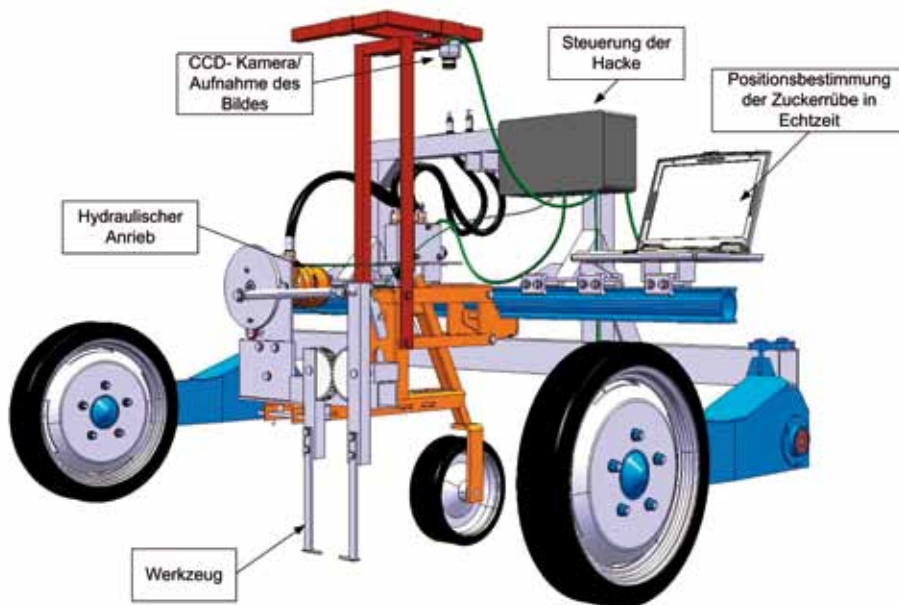


Abb. 4.11.2: Einreihiger Hackprototyp zur Bearbeitung des Pflanzenzwischenraums in der Reihe

wird. Durch diese Positionsbestimmung ist es unter anderem möglich, den Schlupf am Antriebsrad der Einzelkornsämaschine, der zu einer ungenauen Ablage des Saatgutes führt, und den Schlupf am Rad der Hacke auszugleichen. Somit ist eine Bearbeitung der Pflanzenzwischenräume in der Reihe auch bei sich verändernden Pflanzenabständen möglich. Der entwickelte Prototyp, Abb. 4.11.2, beinhaltet ein neu entwickeltes, kameragestütztes Regelkonzept zur Steuerung des Hackwerkzeugs anhand einer Positionsbestimmung der Zuckerrübe in Echtzeit vor dem arbeitenden Hackwerkzeug. Der gebaute Hackprototyp wird hydraulisch angetrieben.

Die Bildaufnahme erfolgt mit Hilfe einer CCD-Kamera mit Tageslichtsperrfilter. Sie erfolgt nicht kontinuierlich, sondern wird an einem fixen Punkt der Werkzeugbewegung ausgelöst. Das entwickelte Programm zur Bestimmung der Pflanzenposition im Bild arbeitet mit dem verwendeten 2 GHz Prozessor mit einer durchschnittlichen Prozesszeit von 30 ms in Echtzeit. Die Bestimmungsrate der nachfolgenden Pflanzenposition erreicht in ersten durchgeführten Feldtests über 80 % bei Arbeitsgeschwindigkeiten von bis zu 3 km/h. Das Hackwerkzeug arbeitet in einer kontinuierlichen Werkzeugbewegung und wird entsprechend des Korrektursignals aus der Bestimmung der Pflanzenposition beschleunigt oder verzögert und bearbeitet die Pflanzenzwischenräume innerhalb der Kulturpflanzenreihe.

Eine weiterhin erforderliche Handarbeit lässt sich über den Einsatz des entwickelten Hackprototyps zur Bearbeitung des Pflanzenzwischenraumes auf den Nahbereich der Zuckerrübe eingrenzen und damit erheblich reduzieren. Der Einsatz des Prototyps ermöglicht eine effektive Beikrautregulierung der Pflanzenzwischenräume während der Jugendentwicklung der Zuckerrübe. Erste Einsätze haben die Funktionsfähigkeit des Prototyps gezeigt. Die Weiterentwicklung des Prototyps ist Bestandteil eines laufenden Forschungsprojektes am Fachgebiet für Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion der Universität Hohenheim.

## Danksagung

Die Autoren danken dem Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg, Stuttgart, und dem Kuratorium für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau, Ochsenfurt, für die finanzielle Förderung des Projektes.

## Literatur

- ENDRES, G.; BERGLUND, D.; DEXTER, A. und ZOLLINGER, R.; (1999), Mechanical Weed Control with a Harrow or Rotary Hoe, <http://www.ag.ndsu.edu/pubs/plantsci/weeds/w1134w.htm>
- FISCHER, D.; STRÖBEL, M. und KÖLLER, K.; (2010), Kameragestütztes Regelkonzept einer mechanischen Hacke für Zuckerrüben, *Landtechnik*, **65** (2), 62-64.

IRLA, E.; SPIESS, E. und HEUSSER, J.; (2005), Verbesserung der Anbau- und Unkrautregulierungstechnik bei Biozuckerrüben, FAT Bericht 633, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, Tänikon.

ROBERTS, H.A.; (1982), Weed Control Handbook, 7th edition, Blackwell Scientific Publications.

HERR DANIEL FISCHER

UNIVERSITÄT HOHENHEIM INSTITUT FÜR AGRARTECHNIK,  
FACHGEBIET VERFAHRENSTECHNIK IN DER PFLANZENPRODUKTION  
GARBENSTR. 9, 70599 STUTTGART

DANIEL.FISCHER@UNI-HOHENHEIM.DE  
WWW.UNI-HOHENHEIM.DE

PROF. DR. DR. H.C. MULT. KARLHEINZ KÖLLER

UNIVERSITÄT HOHENHEIM  
INSTITUT FÜR AGRARTECHNIK  
FACHGEBIET VERFAHRENSTECHNIK IN DER PFLANZENPRODUKTION

KOELLER@UNI-HOHENHEIM.DE



## 4.12 Erfahrungsbericht Einsatz der Scheibenhacke der Firma EuM-Agrotec

MATTHIAS SCHILLER, SCHILLERHOF

Herr Schiller bewirtschaftet seit 1997 gemeinsam mit seiner Frau einen 70 ha großen biologischen Ackerbaubetrieb (66 % Getreide, 34 % Klee) mit 2 ha Erdbeeren. Der Betrieb wird mit 1,5 AK und Saisonarbeitskräften bewirtschaftet. Die Bodenverhältnisse mit durchschnittlich 58 Bodenpunkten (sandiger Lehm) sind wechselnd und durch die Grundwassernähe nicht immer befahrbar. Gesucht wurde eine Hacke für die Sonderkultur Erdbeeren, die eine Reihenfräse ersetzen kann, gleichzeitig nach der Erdbeerernte die Ranken abschneidet und störungsfrei auch bei Beikräutern jenseits des Keimblattstadiums arbeitet. Nach einer Vorführung auf den Betriebsflächen wurde eine Scheibenhacke der Firma EuM-Agrotec gekauft.



Abb. 4.12.1: Scheibenhacke des Herstellers EuM-Agrotec hinter dem Schlepper

## Pflegemaßnahmen in den jungen Erdbeerkulturen

Die jungen Erdbeerpflanzen werden als Frigopflanzen im Mai im Reihenabstand von 0,90 m mit etwa 34000 Pflanzen /ha gepflanzt. In den ersten Wochen nach dem Pflanzen werden die Erdbeerpflanzen mit einer parallelgramm-geführten Gänsefußscharhacke eventuell mit verbundener Fingerhacke oder mit einem Striegel gepflegt. Beim Striegeln der jungen Erdbeeren wird sehr vorsichtig mit einer Geschwindigkeit von 1 – 2 km/h gefahren. Beim Verwenden der Fingerhacke ist eine exakte Einstellung sehr wichtig, da sonst die Gefahr besteht, dass die jungen Erdbeerpflanzen herausgerissen werden. Die feste Verwurzelung der Jungpflanzen dauert etwa 4 Wochen.

## Einsatz und Einstellung der Scheibenhacke

Wenn sich die ersten Ranken bilden oder Beikräuter aufgrund witterungsbedingt versäumter Arbeiten zu groß geworden sind, um mit Gänsefußscharen effektiv bekämpft werden zu können, erfolgt die Arbeit mit der Scheibenhacke. Die starre Abfolge der Arbeitswerkzeuge erfordert ein genaues Fahren in den Reihen. Die Hohl-scheiben können stufenlos der Pflanzengröße angepasst werden, so kann sehr nah an der Erdbeerpflanze gearbeitet werden. Schutzscheiben sind nicht erforderlich. Im Herbst hat die abhäufelnde Wirkung der Hohl-scheiben von den



Abb. 4.12.2: Arbeit der Hacke im Herbst (September) in den Erdbeeren



Abb. 4.12.3: Erdbeerfeld nach erfolgreicher mechanischer Beikrautregulierung

Erdbeerpflanzen einen zusätzlichen positiven Effekt. Die Pflanze steht somit im Winter auf einem kleinen Damm, der schneller abtrocknet und sich im Frühjahr schneller erwärmt. Die den Hackscheiben folgenden Prismenräder können in der Arbeitswirkung unterschiedlich aggressiv eingestellt werden. Mit den vorlaufenden Stützrädern führen sie die Hacke in der Tiefe.

Nach der Erdbeerernte wird die Hacke auch zum Einarbeiten der Strohmulchschicht eingesetzt. Je nach Strohaufgabe kann es dabei zu Verstopfungen in der Maschine kommen. Es werden ca.100 dt Stroh/ha in den Reihen verteilt.

## Fazit

Die Scheibenhacke hat auf dem Betrieb die Reihenfräse ersetzt und wird hauptsächlich bei gut entwickelten Erdbeerpflanzen (ab 6 Monaten) und für die Stroheinarbeitung verwendet. Durch die schneidende Wirkung und das Gewicht, arbeitet sie auch bei trockenen Verhältnissen. Trotzdem werden nach wie vor auch andere Hackgeräte verwendet. Je nach Bodenbedingungen, Beikrautaufwuchs und Größe bzw. Empfindlichkeit der Erdbeerpflanze wird die Pflorgetechnik ausgewählt. Neben der Auswahl der Technik sind der Einsatzzeitpunkt und die wiederholte Durchführung entscheidend für den Erfolg. Insbesondere wenn durch

nasse Böden ein Befahren der Felder nicht möglich ist, ist der Einsatz der Handhacke und auch das Jäten in der Reihe nicht zu vermeiden.

HERR DR. MATTHIAS SCHILLER

SCHILLERHOF  
HOLZREDDER 50, 24217 WISCH

INFO@SCHILLER-HOF.DE  
WWW.SCHILLER-HOF.DE

## 4.13 Beikrautregulierung im Kartoffelanbau

DANIELA GIMPLINGER, BERATUNG BIOAUSTRIA

CHRISTIAN LANDZETTEL, BIOLAND BERATUNG

Die Strategie der direkten Beikrautregulierung geht Hand in Hand mit dem System des Dammaufbaues und orientiert sich an Boden- und Witterungsverhältnissen sowie an betrieblichen Rahmenbedingungen. Beikräuter werden durch Ausreißen, Verschütten und Vertrocknen im Rahmen des wechselnden Dammaufbaues und -abbaues reguliert.

Fruchtfolgegestaltung und Standorteigenschaften sind maßgeblich für den Beikrautdruck in der Kartoffel. Die Abfolge der Vorfrüchte, ein standortangepasstes Verhältnis von Sommerungen und Winterungen, an das Beikrautaufkommen angepasste Bodenbearbeitungsmaßnahmen und eine ausgewogene Nährstoffversorgung tragen dazu bei, den Beikrautdruck in der Kartoffel möglichst gering zu halten. Queckenbekämpfung nach der Getreideernte, Distelunterdrückung durch Klee gras oder Wickroggen, das stetige Stören ausdauernder Beikräuter durch mehrmalige Bodenbearbeitung im Sommer oder Dichtsaaten von Körnerleguminosen zur gezielten Unterdrückung von Herbstkeimern sind Beispiele dafür.

### Grundprinzip und Zeitpunkt

Grundprinzip der Beikrautregulierung im Kartoffelanbau ist ein wiederholtes Bewegen von Erde, ein Wechsel von Dammabbau und Dammaufbau, ein Wechsel von Anhäufeln und Abstriegeln. Je nach Art des Dammaufbaues — stufenweise oder in einem Arbeitsgang — sind unterschiedliche Strategien möglich.

Am empfindlichsten sind die Beikräuter im sogenannten „Fädchenstadium“: Unter der Dammoberfläche werden bei leichtem Kratzen mit den Fingern die dünnen, weißen Fäden der gekeimten Beikräuter sichtbar. Sie werden bereits durch die Bewegung kleinster Mengen Erde empfindlich gestört. Je weiter das Wachstum fortschreitet und je tiefer die Beikrautpflanzen wurzeln, umso schwieriger wird die Regulierung. Eine tiefere Bearbeitung wäre notwendig, ist aber umso problematischer, je weiter sich Kartoffelwurzeln und –stolone ausbreiten. Viele vor allem tief wurzelnde Beikrautpflanzen werden schon ab einer geringen Wuchshöhe nicht mehr vollständig erfasst, sondern nur an die Dammflanke gedrückt oder geknickt. Sie wachsen vor allem unter feuchten Bedingungen schnell wieder an.

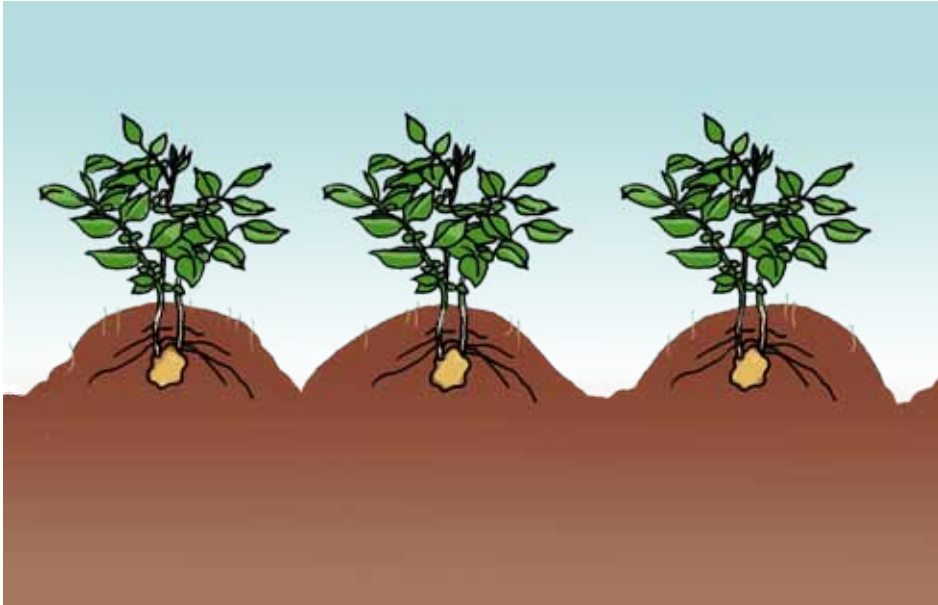


Abb. 4.13.1: Fädchenstadium der Beikräuter im Kartoffeldamm

## Verletzungen der Kartoffel vermeiden

Ziel der Bearbeitung bleibt ein stabiler Damm, in dem die Kartoffeln mittig liegen. Abgeregnete Dämme bzw. beim Bearbeiten versetzte Dämme führen zu grünen Knollen, und es ist keine weitere mechanische Beikrautregulierung mehr möglich.

Je weiter die Entwicklung der Kartoffel voranschreitet, umso größer ist das Risiko, das sich ausdehnende Knollennest und die Seitenwurzeln zu beschädigen. Durch das Anhäufeln werden Kartoffelpflanzen je nach Sortentyp unterschiedlich stark beeinträchtigt: Empfindlich sind sogenannte „Blatttypen“ wie die Sorten „Princess“ oder „Marabel“, deren Laub eher knapp an der Dammoberfläche anliegt. Sie werden schneller verschüttet als sogenannte „Stängeltypen“ wie „Agria“ und „Ditta“, die ihr Blattwerk hoch über der Dammkrone ansetzen. Generell sind am Abend sowie am frühen Morgen die Blätter aufgrund des höheren Zellinnen-druckes nach oben gerichtet, und somit ist das Nachschieben von Erde unter das Laub unproblematischer.

## Stufenweiser Dammaufbau

Beim stufenweisen Dammaufbau wird der Damm bis zum Auflaufen der Pflanzen noch niedrig gehalten. Mit jedem Häufelgang wird mehr Erde unter das wachsen-



**Abb. 4.13.2:** Der AVR-Ecoridger ist ein Kombinationsgerät. Die so genannten Abstreifelemente streifen eine dünne Erdschicht und das Beikraut von den Rückenseiten der Dämme ab. (Foto: Christian Landzettel)

de Laub geschoben. Viele neue Häufelgeräte ermöglichen ein Häufeln bis kurz vor Reihenschluss. Beim letzten Häufelvorgang wird meist ein Dammformblech hinter dem Häufelkörper angebracht. Vorteile der zunächst niedrigen Dammhöhe sind die frühere Erwärmung, der kurze Weg zur Oberfläche und das damit verbundene schnellere Auflaufen sowie das geringere Risiko eines *Rhizoctonia*-befalls. Das größte Risiko des stufenweisen Dammaufbaues stellen lang anhaltende Niederschläge dar, die die Arbeitsgänge behindern. Insbesondere schwere Böden können oftmals nicht ohne das Risiko von Klutenbildungen regelmäßig bearbeitet werden.

### **Frühzeitiger Aufbau des Enddammes**

Ein frühzeitiger Enddammaufbau durch Fräsen erfolgt vor allem auf schweren Böden. Das Verfahren wird praktiziert, wenn die Gefahr besteht, dass bei feuchtem Wetter über lange Zeit der Boden nicht befahrbar ist und/oder mit einem normalen Häufelkörper Kluten aus dem festen Untergrund gerissen werden. Zunächst wird ein flacher Damm angelegt. Reihenfräsen kommen optimalerweise erst zum Einsatz, sobald etwa ein Viertel der Kartoffelpflanzen aufgelaufen ist und die Reihen erkennbar sind. So ist ein exaktes Nachfahren der Reihen möglich und ein



**Abb. 4.13.3:** Die Dammformbleche sind am Hinterbalken montiert und drücken den abgestreiften Boden wieder an die Dammseiten an (Foto: AVR)

„Verfräsen“ des Dammes vermeidbar. Befinden sich die Kartoffeln im Rosettenstadium, schiebt sich der verschüttete Trieb leicht wieder nach. Im Gegensatz dazu wird die Entwicklung des Bestandes zurückgeworfen, wenn Kartoffelpflanzen, die größer als 8 bis 10 cm sind, verschüttet werden, da in der Regel vollends ausgebildete, verschüttete Fiederblätter absterben. In Abhängigkeit von Beikrautdruck, Dammhöhe, usw. erfolgt nach dem Dammaufbau ein weiteres Abstriegeln und Anhäufeln mit Häufelgeräten oder Dammformern.

## Häufelgeräte

Auf leichten bis mittleren Böden ist ein stufenweiser Dammaufbau ohne Dammfraße meist problemlos machbar. Gezogene Häufelgeräte wie Schar- und Schebenhäufler oder scharf angestellte Sternrollhacken, die mit verschiedenen Dammformblechen kombiniert werden können, stehen zur Verfügung. Für unterschiedliche Bodenverhältnisse werden verschiedene Scharkonstruktionen angeboten. Bei vielen Geräten sind die Häufelkörper gegen Hohlrollen austauschbar. Rollhacken erfordern eine exakte, eher anspruchsvolle Einstellung. Sie bieten dann aber - je nach Neigungswinkel und Druck auf dem Rollenschar - auch auf eher schweren Standorten die Möglichkeit, ohne das Problem des „Klutenreißen“ Dammsohle und Flanke entsprechend zu bearbeiten und genügend Material nach oben zu befördern.



## Striegeleinsatz im Kartoffelbau

Der Striegeleinsatz dient dazu, Beikräuter auszureißen, Dammoberfläche und -flanken zu krümeln und nach starken Niederschlägen entstehende Krusten auf dem abgetrockneten Damm aufzubrechen, um so ausreichend Sauerstoffzufuhr zu gewähren. Für das Blindstriegeln der Kartoffel können herkömmliche Getreidestriegel sowie Netzeggen genutzt werden. Ziel ist es, vor dem Auflaufen der Kartoffel erste Beikräuter zu beseitigen. Ein Einsatz der Netzegge nach dem Rosettenstadium führt zu Beschädigungen und sollte daher nicht mehr durchgeführt werden. Bei herkömmlichen Striegeln nimmt mit zunehmender Auslenkung der Zinkendruck zu. Bei Einsatz dieser Technik im Kartoffelbau ist daher entweder ein sehr starkes Abbauen der Dammkrone in Kauf zu nehmen oder der Striegel so hoch zu führen, dass nur die Dammkrone in gewünschtem Umfang bearbeitet wird. Die Dammsohle wird durch den folgenden Häufelgang bearbeitet. Der Treffler-Striegel dagegen passt sich durch eine ausgeklügelte Zinkenaufhängung sehr gut an die Dammform an und ermöglicht eine leichte Zinkendruckverstellung bei wechselnden Bodenverhältnissen. Durch die entsprechend hochrahmige Bauweise ist auch in 20 cm hohen Kartoffelbeständen ein gefühlvolles Striegeln ohne dramatische Verluste machbar. Nachteilig sind die höheren Kosten des Spezialgerätes.

### **Vielfachgeräte kombinieren mehrere Arbeitswerkzeuge**

Vielfachgeräte kombinieren Lockerungszinken mit Häufelkörpern und Dammstriegeln. Kombiniert werden auch Häufelgeräte mit Winkelscharen (Dammflanzenmessern) und Dammformblechen. Die Auswahl des Dammformbleches sowie Neigungs- und Pressdruckeinstellung beeinflussen die Dammform. Dammflanzenmesser sind Abstreifelemente, die eine dünne Schicht Erde auf den Seitenflanken abschaben. So ist auch bei späteren Entwicklungsstadien der Kartoffel durch minimale Bearbeitung der Dammflanke eine Beikrautbeseitigung gewährleistet. Für den Einsatz dieser Werkzeuge ist eine gewisse Dammhöhe und -form, wie sie insbesondere von der Fräse geschaffen wird, erforderlich.

### **„All-in-One“ – Kombination von Arbeitsgängen**

Bei „All-in-One-Systemen“ erfolgen Saatbettbereitung, Legen und Dammaufbau in einem Arbeitsgang. Nach einer Überfahrt über einen im Winter gepflügten Acker wird die Kartoffel in einen fertig geformten etwa 15 cm hohen Damm gelegt. Im Bio-Landbau ist die Kombination von Geräten wenig üblich, weil meist auch nach der Formung des Enddammes noch einmal Erde bewegt werden muss. Legen und Dammaufbau in einem Arbeitsgang zu kombinieren bietet vor allem in Hanglagen den Vorteil, dass die Kartoffeln genau in der Mitte des Dammes zu liegen kommen. Nachteilig kann sich aus oben genannten Gründen das entspre-

chend langsamere Auflaufen der Pflanzen vor allem in einem nasskalten Frühjahr auswirken. Bodenschonende Gewichtsverteilung bieten großvolumige Reifenpacker. Zur Vermeidung von Untergrundverdichtungen ist dennoch eine ausreichende Abtrocknung des Bodens erforderlich. Es empfiehlt sich daher, den üblichen Legetermin um etwa eine Woche nach hinten zu verschieben.

## **Abflammgeräte**

Diese Technik ermöglicht eine Beikrautbekämpfung im Voraufbau ohne Bodenbearbeitung. Es können auch bei nassen Bodenverhältnissen vor allem auf schweren Böden „Feuerwehrmaßnahmen“ durchgeführt werden. Nachteilig sind die Kosten des Verfahrens.

FRAU DR. DANIELA GIMPLINGER

BERATUNG KARTOFFEL- UND FELDGEMÜSEBAU, BIOAUSTRIA  
THERESIANUMGASSE 11, A-1040 WIEN

DANIELA.GIMPLINGER@BIO-AUSTRIA.AT  
WWW.BIO-AUSTRIA.AT

DIPL.-ING. AGR. CHRISTIAN LANDZETTEL

BERATUNG KARTOFFELBAU  
BIOLAND ERZEUGERRING BAYERN E. V.  
AUF DEM KREUZ 58, 86152 AUGSBURG

CLANDZETTEL@BIOLAND-BERATUNG.DE  
WWW.BIOLAND-BERATUNG.DE

# 4.14 Regulierung des Stärkegehaltes und der Spätverunkrautung in Bio-Kartoffeln durch den Einsatz verschiedener Krautregulierungsverfahren

MARKUS MÜCKE

LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN  
FACHBEREICH ÖKOLOGISCHER LANDBAU

## Problemstellung

Die Kartoffel besitzt im Ökologischen Landbau eine außerordentlich hohe Bedeutung. In erster Linie werden Speisekartoffeln erzeugt, deren Qualität stark vom Stärkegehalt abhängt. Besonders bei festkochenden Sorten in sonnenreichen Jahren, bei langer Wachstumsphase und bei geringem Phytophthorabefall kann es vermehrt zu höheren Stärkegehalten in den Knollen kommen. Sehr hohe Stärkegehalte können die Kocheigenschaften negativ beeinflussen.

Mit beginnender Abreife kann innerhalb einer Woche der Stärkegehalt um 1 bis 1,5 % zunehmen. Bei entsprechender Sonneneinstrahlung ist nur noch ein Zuwachs des Stärkegehaltes und kein Ertragszuwachs mehr zu erwarten. Ab diesem Zeitpunkt muss zeitnah durch Stärkemessungen kontrolliert werden, wann die obere Grenze des Optimalbereiches – dieser ist sortenabhängig - bei der Stärke erreicht wird. Ist dies der Fall, muss durch Entfernen des Kartoffelkrautes weitere Stärkeeinlagerung verhindert werden.

Falls das Kartoffelkraut vorzeitig beseitigt werden muss, geschieht das i. d. R. durch Abschlegeln. Insbesondere unter feuchten Witterungsbedingungen besteht jedoch die Gefahr des Wiederaustriebs. Außerdem werden die Beikräuter durch das Schlegeln nicht vollständig entfernt, sondern treiben durch die wegfallende Beschattung des Kartoffelkrautes umso stärker aus. Manche Beikrautarten können dann bis zur Kartoffelernte noch zur Samenreife gelangen. Dies ist aber auch in Jahren zu erwarten, wenn das Kartoffelkraut durch Phytophthorabefall frühzeitig abstirbt. Ein erhöhter Beikrautdruck in nachfolgenden Kulturen wie z.B. Feldgemüse ist dann vorprogrammiert.

Mit Hilfe der Abflammtechnik, die im Feldgemüseanbau im zunehmenden Maße zum Einsatz kommt, könnten die Regulierung des Stärkegehaltes und die Beseitigung des Kartoffelkrautes bzw. der Beikräuter in einem Arbeitsgang erfolgen.

## Versuche mit Abflammentechnik

Die Landwirtschaftskammer Niedersachsen hat dazu zweijährige Versuche, mit finanzieller Unterstützung des Landes Niedersachsen, durchgeführt.

Verglichen wurden folgende Verfahren der Krautbeseitigung:

- Krautbeseitigung durch Abschlegeln
- Krautbeseitigung durch Abflammen
- Krautbeseitigung durch Abschlegeln und anschließendes Abflammen
- Kontrolle - ohne Krautbeseitigung

Es wurde die Einflussnahme auf den Stärkegehalt, sowie der Erfolg bei der Kartoffelkraut- und Beikrautregulierung untersucht.

Die Krautbeseitigung erfolgte in den Versuchsjahren zu folgenden Zeitpunkten:

- 2006: 3. August, Kartoffelkraut zeigte ersten Phytophthorabefall.
- 2007: 16. Juli, etwa 30 bis 40 % des Kartoffelkrautes waren bereits durch Phytophthorabefall abgestorben.

## Zusammenfassung der zweijährigen Versuchsergebnisse

### Ergebnis der Stärkeregulierung

Durch die vorzeitige Beseitigung von noch assimilierendem Kartoffelkraut mittels Krautabschlagen bzw. Abflammen konnte in beiden Versuchsjahren keine deutlich regulierende Wirkung auf den Stärkegehalt festgestellt werden. Den entscheidenden Einfluss auf dieses Ergebnis hatte in beiden Jahren die Witterung. Unbeständiges Wetter, geringe Sonneneinstrahlung und hoher Krautfäulebefall nach der Krautbeseitigung besonders im Jahr 2007 beendeten weitere Stärkeeinlagerungen auch in der unbehandelten Variante.

### Ergebnis der Kartoffelkraut - und Beikrautregulierung

Sehr deutliche Ergebnisse wurden hinsichtlich der beikrautregulierenden Sekundärwirkung festgestellt. Insbesondere das direkte Abflammen des teilweise noch assimilierenden Kartoffelkrautes, einschließlich der vorhandenen Beikräuter zeigte in beiden Versuchsjahren eine besonders nachhaltige Wirkung bis zur Ernte. Das übliche Krautabschlagen konnte dagegen in beiden Versuchsjahren nicht überzeugen, weil die meisten Beikräuter wieder austrieben und teilweise die Samenreife bis zur Ernte erreichten.

Das direkte Abflammen stellt somit eine interessante Alternative dar. Es kann allerdings auf Standorten mit bereits weit entwickeltem Weißen Gänsefuß an seine Grenzen stoßen, da diese Pflanzen nach dem Abflammen - nach bisherigen



Abb. 4.14.1: 320 kg Fronttank (Fa. Primagas)



Abb. 4.14.2: Abflammergerät der dänischen Firma Envo-Dan mit 3,20 m Arbeitsbreite (Gerät verbrennt aus der Flüssig-Phase)



**Abb. 4.14.3: 7 Tage nach dem Abflammen (links)**



**Abb. 4.14.4: 41 Tage nach dem Abflammen (links) – zur Kartoffelernte**

Erfahrungen - wieder austreiben können. Unter diesen Voraussetzungen wäre das kombinierte Verfahren Schlegeln und Abflammen zu bevorzugen, auch wenn höhere Verfahrenskosten zu Buche schlagen. Es ist allerdings zu beachten, dass insbesondere kleinere Beikräuter im Dammtal durch abgeschlegeltes Material bedeckt und nicht ausreichend durch das Abflammen erfasst werden.

Die Regulierung der Spätverkrautung durch Abflammen trägt nach Erfahrungen aus der Praxis auch zur Ernteerleichterung bei, was sich in einer besseren Siebfähigkeit und höheren Schlagkraft niederschlägt.

Durch das Abflammen dürfte auch eine Erhöhung des Beikrautsamenpotentials im Boden verhindert werden, da im Vergleich zum Abschlegeln deutlich weniger Beikräuter bis zur Kartoffelernte die Samenreife erreichten. Eine genauere Untersuchung konnte bei diesem Vorhaben aber nicht durchgeführt werden.

Die Abflammentechnik verursacht vergleichsweise hohe Anschaffungs- bzw. Verfahrenskosten. Die Vollkosten liegen bei rund 230 €/ha. Im Vergleich schlägt das Abschlegeln mit etwa 50 bis 60 €/ha zu Buche. Betriebe mit umfangreichem Kartoffel- und Feldgemüseanbau dürften die Abflammentechnik entsprechend selbst auslasten können. Je seltener ein derartiges Gerät im Betrieb zum Einsatz kommen kann, desto interessanter wird die überbetriebliche Nutzung. Außerdem muss eine geringe Flächenleistung beim Abflammen in Kauf genommen werden. Je nach Größe und Umfang des vorhandenen Kartoffel- bzw. Beikrautes sollte zwischen 2 und 4 km/h gefahren werden.

Verschiedene Hersteller bieten derzeit Abflammentechnik an. Im Trend liegen Geräte mit 3 m Arbeitsbreite in Kombination mit einem großvolumigen Gastank (600 Liter Inhalt). Dieser wird in der Fronthydraulik transportiert und trägt zur Erhöhung der Schlagkraft bei. Die Firma Primagas stellt diesen Tank gegen eine Leihgebühr zur Verfügung.

Tab. 4.14.1: Kostenvergleich – Verfahren Krautabschlagen und Abflammen

	Kartoffelkraut- schlegler (3 m)	Abflammgerät* (3 m)
Leistung ha/h	1,0	0,7
Zeitbedarf AK/h	1,0	1,6
Schlepperkosten fest + variabel €/ha	8,0 + 9,0	8,0 + 9,0
Maschinenkosten fest + variabel €/ha	15,0 + 8,0	60,0 + 5,0
Gas €/ha + Gastankmiete (pauschal)	entfällt	120
Lohn €/ha	15,0	24,0
<b>Summe €/ha</b>	<b>55,0</b>	<b>226,0</b>

\* Preis für Flüssiggas: 1,00 €/kg Gas (Quelle: Primagas)

Gasverbrauch: 80 kg/ha



**Abb. 4.14.5: Abschlegeln (oben), Abflammen (mitte) und Abschlegeln + Abflammen (unten)**



Zusammenfassend betrachtet, steht mit der Abflammtchnik ein geeignetes Instrument zur Verfügung, um die Spätverkrautung in Kartoffeln erfolgreich zu regulieren. Soll primär das Kartoffelkraut zur Regulierung des Stärkegehalts beseitigt werden, ist der Einsatzzeitpunkt des Abflammens in Abhängigkeit von Sorte, Knollenansatz, Stärkegehalt und Witterung zu wählen.

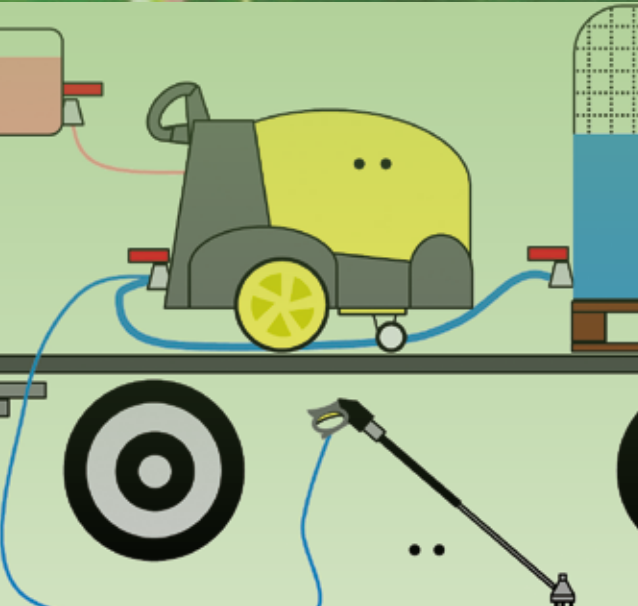
HERR MARKUS MÜCKE  
LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN, FACHBEREICH ÖKOLANDBAU  
JOHANNSENSTR. 10, 30159 HANNOVER

MARKUS.MUECKE@LWK-NIEDERSACHSEN.DE  
WWW.LWK-NIEDERSACHSEN.DE

# 5. Weitere landtechnische 3 Entwicklungen

EINLEITUNG VON BIRGIT WILHELM

UNIVERSITÄT KASSEL, FACHGEBIET AGRARTECHNIK



## Roboter ersetzen die Handhacke

Trotz der Vielzahl von Geräten zur mechanischen Beikrautregulierung ist der Einsatz von Handarbeit – vor allem im ökologischen Gemüsebau – nicht zu vermeiden. Nur mit der Handhacke sind die Beikräuter, die in unmittelbarer Umgebung der Kulturpflanzen stehen, zuverlässig zu erreichen. Sobald eine Maschine den Unterschied zwischen Beikraut und Kulturpflanze erkennen kann, ist eine Automatisierung der Beikrautregulierung möglich. Die Weiterentwicklung und Anpassung der Sensortechnik und Mechatronik an Freilandbedingungen ist stetig vorangeschritten und so sind die ersten automatisierten Hackgeräte in der Praxis im Einsatz.

## Ampferbekämpfung mit Heißdampf

Die Beikrautregulierung im Grünland beschränkt sich hauptsächlich auf eine Pflanze: den Ampfer (*Rumex obtusifolius*). In der Schweiz werden Möglichkeiten untersucht, durch thermische Behandlungen mittels Mikrowellen oder mittels Wasserheißdampf den Ampfer im Grünland zu regulieren. Erste Untersuchungsergebnisse liegen bereits vor und die Umsetzung in die Praxis wird diskutiert.

## Mulchen oder Schneiden

Die Wirkungsweise der vorgestellten mechanischen Geräte zur Beikrautregulierung beruht hauptsächlich auf dem Herausreißen oder Verschütten der Beikräuter. Dieser Vorgang ist umso erfolgreicher, je kleiner die Beikrautpflanzen sind. Oftmals ist aber der Einsatz von Hackgeräten etc. zum idealen Zeitpunkt auf Grund von Bodenverhältnissen nicht möglich. Die Beikräuter erreichen dann sehr schnell eine Größe, bei der eine effektive Regulierung mit den vorgestellten Geräten kaum mehr möglich ist. So hat sich die Idee eines Reihenmulcher entwickelt. Der Reihenmulcher mulcht den Aufwuchs (Beikräuter und/oder Reihenzwischen-saaten) zwischen den Reihen. Noch sind wenige Geräte in der Praxis im Einsatz. Grund dafür könnten vor allem das große Gewicht des Reihenmulchers und die Abhängigkeit von vorgegebenen Pflanz- oder Säreihenabständen sein.

Im Vergleich zum Reihenmulcher ist der „Weed Cutter“ (Unkrautschneider) aus Schweden ein leichtes Gerät im Frontanbau. Auch hier beruht die Wirkungsweise nicht auf dem Herausreißen und/oder Verschütten der Beikräuter. Mit Hilfe einer speziellen Vorrichtung werden die Beikräuter im Bestand abgeschnitten. Die ersten Versuchsergebnisse zur Regulierung von Disteln in Getreide sind viel versprechend und zeigen das Potential für weitere Untersuchungen und Anwendungen.



# 5.1 Mechanische Beikrautregulierung in der Reihe - mechatronische Systeme und Robotik

ZOLTAN GOBOR, BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT,  
INSTITUT FÜR LANDTECHNIK UND TIERHALTUNG

PETER SCHULZE LAMMERS, RHEINISCHE FRIEDRICH-WILHELMS-  
UNIVERSITÄT BONN, INSTITUT FÜR LANDTECHNIK

## Einführung

Die Intensivierung der ökologischen Landwirtschaft verursacht einen höheren Bedarf an manueller oder nicht konventioneller Beikrautregulierung. Bei vielen Kulturen ist Beikrautregulierung die kostenintensivste Komponente der Verfahrenskette der Pflanzenproduktion.

In Reihenkulturen kann die konventionelle Maschinenhacke zwischen den Reihen bis zu 80% der Gesamtfläche abdecken. Beikräuter treten jedoch ebenso in der Reihe zwischen den Pflanzen (intra-row) und nahe an den Pflanzen (close-to-crop) auf. Wissenschaftliche Untersuchungen zeigen, dass insbesondere die Beikräuter, die in der unmittelbaren Nähe der Nutzpflanzen wachsen, eine negative Wirkung auf den Ertrag haben (Heisel et al., 2002).

Um eine erfolgreiche mechanische Beikrautregulierung in der Reihe mit aktiven Werkzeugen durchführen zu können, müssen die exakten Positionen der Einzelnutzpflanzen ermittelt werden. Die Erkennung der Position einzelner Pflanzen hat sich von dem mechanischen Abtasten in den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts in Richtung Erkennung mit Lichtschranken und Ultraschallsensoren in den 90er Jahren entwickelt. Diese Methoden sind nicht selektiv, sodass ein Unterschied zwischen gleich entwickelten Kultur- und Beikrautpflanzen nicht erkennbar ist. Die Einführung von Bildverarbeitungstechniken, die auf Eigenschaften wie Größe, Farbe, Textur, Remission, Morphologie und Lage basieren, ermöglichten die Entwicklung von Systemen, die in der Lage sind, Unterschiede zwischen Kultur- und Beikrautpflanzen zu erkennen. Echtzeitfähigkeit, Überlappung der Pflanzen oder geschlossene Pflanzenreihen sind immer noch Probleme, für welche die Lösungen optimiert werden müssen.

In den letzten 10 Jahren wurden mehrere mechatronische Lösungskonzepte für die mechanische Beikrautregulierung in der Reihe vorgestellt (Bontsema et al. 2002; Kielhorn et al., 2000; Åstrand, 2005; Griepentrog et al., 2006; Gobor 2007; Tillett et al., 2008). Die Beikrautpflanzen in der Reihe werden mit zwei typischen Bewegungsbahnen des Werkzeugs beseitigt: lineare Bewegung des Werkzeugs in und

aus der Reihe und rotatorische Bewegung des Werkzeugs mit der Drehachse parallel und oberhalb der Nutzpflanzenreihe oder senkrecht und seitlich versetzt zur Reihe. Bis dato sind drei Produkte auf dem Markt erschienen: Intrarow-Weeder Radis (Radis Mecanisation, 2011), Robocrop Inrow (Garford, 2011) und Robovator (F Poulsen Aps, 2011).



**Abb. 5.1.1: Robovator** (F Poulsen Aps, 2011)

Die Spitzentechnologien aus den Bereichen Bildverarbeitung, 3D-Vision, Spektralanalyse und automatisches Lenken (RTK GPS), als auch die Sensoren aus der Automatisierungsindustrie sind und werden wichtige Bausteine für die Weiterentwicklung der mechanischen Beikrautregulierung in der Reihe. Das Ziel ist die Entwicklung von universellen Hackgeräten für den Bereich in der Reihe, die für unterschiedliche Pflanzenabstände und Entwicklungsstadien eingesetzt werden können. Die optimale Lösung soll einen Ausgleich zwischen Funktionalität, Leistung, Beständigkeit, Energieverbrauch u.a. gewährleisten. Eine Befragung der Gemüseanbauer aus Dänemark, Deutschland und der Schweiz hat gezeigt, dass die Eigenschaften von Robotern für die Pflanzenpflege wie: Anpassungsfähigkeit an Pflanzenreihenabstand und Parzellengröße, Rentabilität, minimale Beschädigung der Nutzpflanze und Zuverlässigkeit, für die Benutzer die höchste Priorität haben (Sørensen et al., 2010). Ein zunehmender Einsatz der Robotik in der Landwirtschaft wird von Experten der Verbänden der Landmaschinenhersteller aus Deutschland, Italien, Holland und Brasilien in den nächsten zehn Jahren erwartet.

Auch in den USA wird sich laut Expertenprognose die Robotik in den nächsten zehn Jahren in der konventionellen Produktion etablieren (Böttinger et al., 2010).

### **Entwicklung eines neuartigen mechatronischen Systems für mechanische Beikrautregulierung in der Reihe**

Im Rahmen des DFG Graduiertenkollegs 722 wurde am Institut für Landtechnik der Universität Bonn ein virtueller und physikalischer Prototyp für die Beikrautregulierung in der Reihe entwickelt, der die Bewegung der manuellen Hacke im Boden imitiert. Das Hackwerkzeug besteht aus einem Armträger und drei oder mehr daran befestigten Armen. Die Arme rotieren um die horizontale Achse, die sich oberhalb der Pflanzenreihe befindet (Abb. 5.1.2).

Unter Berücksichtigung der neusten Trends in der Landtechnik wurde der physikalische Prototyp mit einem elektrischen Servoantrieb realisiert. Der Servoantrieb wurde in einer Betriebsweise mit direkter Softwareregulierung betrieben, die die Anpassung der Drehgeschwindigkeit entsprechend der Vorfahrtsgeschwindigkeit, dem ermittelten Abstand der Pflanzen in der Reihe und der aktuellen Winkelposition der Hackarme vornimmt. Die Hauptaufgabe des Regelalgorithmus ist die permanente Berechnung und Prüfung sowie die Änderung der aktuellen Drehgeschwindigkeit des Hackorgans in Echtzeit.

Zusätzlich wurden eine Methode und ein System zur Erkennung der Position der Nutzpflanzen entwickelt und getestet. Das System zur Erkennung basiert auf der Bestimmung von spektralen Eigenschaften der Nutzpflanzen, kombiniert mit der Information über die Geometrie der Saatgutablage. Die experimentellen Ergebnisse zeigten, dass die Kombination eines RGB Sensors für die Ermittlung der spektralen Eigenschaften und eines Laser Sensors für die Ermittlung der Pflanzenhöhe (Größe), für eine präzise Erkennung der Mittelpunktposition der Nutzpflanzen verwendet werden kann und unabhängig von den Lichtverhältnissen arbeitet. Die Ergebnisse der Erprobungen unter Laborbedingungen haben bestätigt, dass abhängig von der Winkeleinstellung der Arme ein ausreichend unbearbeiteter Bereich um die Nutzpflanzen während des Hackvorganges in der Reihe belassen wird, um die Beschädigung von Wurzeln durch das Hacksystem zu vermeiden. Das System ist in der Lage, selbständig die Drehgeschwindigkeit des Hackwerkzeuges anzupassen, vorausgesetzt es erfolgt keine abrupten Änderungen der Vorwärtsgeschwindigkeit. Nur bei einer zu schnellen Änderung der Vorwärtsgeschwindigkeit können einige Nutzpflanzen beschädigt werden, bis das System wieder stabil arbeitet. Unmittelbar nach der Stabilisierungsperiode korrigiert das System die Drehgeschwindigkeit des Hackwerkzeuges und die Bewegungsbahnen des Hackwerkzeuges verlaufen wieder akkurat zwischen den Kulturpflanzen.

Das dargestellte Konzept kann die Anforderungen für effektive Beikrautregulierung in der Reihe erfüllen, es verfügt über ausreichend Freiheitsgrade, um die volle Anpassung an verschiedene Pflanzenarten, verschiedene Pflanzenabstände in der Reihe und Entwicklungsstadien der Nutzpflanzen zu erreichen.

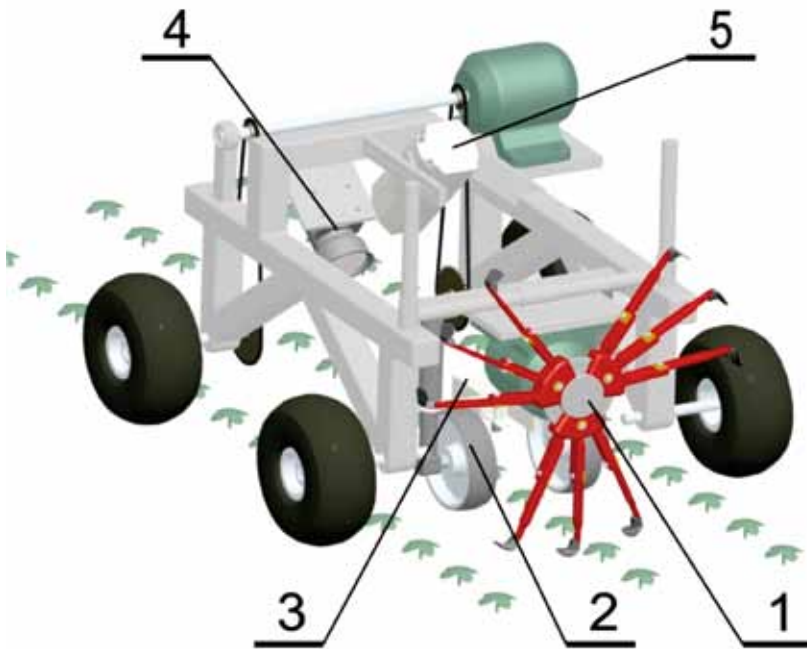


Abb. 5.1.2: Virtuelles Modell der Rotationshacke (1-Hackwerkzeuge, 2-Höhenführung, 3-System mit Sensorik zur Pflanzenerkennung, 4-Sensor zur Geschwindigkeitsmessung, 5-Kamera zur Reihenführung) (Gobor, 2007)

## Schlussfolgerungen

Obwohl mehrere mechatronische Konzepte und Systeme für mechanische Beikrautregulierung in der Reihe existieren, ist ihre Einführung in die Praxis immer noch beschränkt. Gründe dafür sind die geringe Flächenleistung, hohe Kosten und noch nicht ausgereiften technische Lösungen für die Unterscheidung zwischen Beikraut und Kulturpflanze. Eine zügige Einführung erfordert die koordinierte Weiterentwicklung und Durchführung von Verfahrensvergleichen in der Praxis, die wissenschaftlich begleitet sind. Außerdem könnte die Anwendung von kostengünstigen Technologien und Hardware aus der Automatisierungsindustrie die Entwicklung der Robotik-Branche in der Landwirtschaft beschleunigen.

Die Tatsachen, dass die Betriebe immer größer werden und sich auf bestimmte Kulturen spezialisieren, sowie dass der Mangel an Arbeitskräften für die Handhacke zunimmt, werden für die Weiterentwicklung der mechanischen Beikrautregulierung in der Reihe und die Einführung von mechatronischen Systemen eine wichtige Bedeutung haben.



## Literatur

- Åstrand, B., 2005. Vision based perception for mechatronic weed control. Ph.D. thesis, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden.
- Bontsema, J., van Asselt, K. und Groot, T. 2002. Intra-row weed control. Bornimer agrartechnische Berichte, Heft 31, Potsdam-Bornim / Osnabrück, 2002, S. 64-72
- Böttinger, S., Doluschitz, R., Volz, R., Jenane, C. and Paterson, S. 2010. World Trends and Evolution of the Agricultural Machinery Manufacturing Sector. International Conference on Agricultural Engineering AgEng 2010, Clermont-Ferrand (France), 06-08. September 2010, electronic file. Paper no.: REF 449
- F. Poulsen Engineering ApS. 2011 <http://www.visionweeding.com/Products/Intra%20Row%20Weeding/ROBOVATOR.htm> (Zugriff am 07.02.2011)
- Garford. 2011. Robocrop InRow The Revolutionary Robotic Weeder! <http://www.garford.com/inrow.html> (Zugriff am 07.02.2011)
- Gobor, Z.: 2007. Development of a novel mechatronic system for mechanical weed control of the intra-row area in row crops based on detection of single plants and adequate controlling of the hoeing tool in real-time. VDI Forschungsbericht Agrartechnik Nr. 464. S. 151
- Griepentrog, H. W., Nørremark, M. und Nielsen, J. 2006. Autonomous intra-row rotor weeding based on GPS. Tagungsband: CIGR World Congress Agricultural Engineering for a Better World, Bonn, 3.-7. September 2006. CD ROM. S. 7
- Heisel, T., Andreasen, C. und Christensen, S. 2002 Sugar beet yield response to competition from *Sinapis arvensis* or *Lolium perenne* growing at three different distances from the beet and removed at various times during early growth. *Weed Research* 42, S. 406–413
- Kielhorn, A., Dzinaj, T., Gelze, F., Grimm, J., Kleine-Hartlage, H., Kleine Hörstkamp, S., Kuntze, W., Linz, A., Naescher, J., Nardmann, M., Ruckelshausen, A., Trautz, D. und Wißerodt, E. 2000. Beikrautregulierung in Reihenkulturen – Sensorgesteuerte Querhacke im Mais. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XVII*, 2000, S. 207-215
- Radis Mecanisation. 2011. <http://www.radismecanisation.com/> (Zugriff am 07.02.2011)
- Sørensen, C. G., Jørgensen, R. N., Maagaard, J., Bertelsen, K. K., Dalgaard, L. und Nørremark, M. (2010) Conceptual and user-centric design guidelines for a plant nursing robot. *Biosystems Engineering*, Vol. 105, No. 1. S. 119-129
- Tillett, N. D., Hague, T., Grundy, A. C., Dedousis, A. P., 2008. Mechanical within-row weed control for transplanted crops using computer vision. *Biosystems Engineering* Vol. 99 (2), 171–178

HERR DR. ZOLTAN GOBOR

BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, INSTITUT FÜR  
LANDTECHNIK UND TIERHALTUNG  
AM STAUDENGARTEN 3, 85354 FREISING

ZOLTAN.GOBOR@LFL.BAYERN.DE  
WWW.LFL.BAYERN.DE

PROF. DR. PETER SCHULZE LAMMERS

INSTITUT FÜR LANDTECHNIK, UNIVERSITÄT BONN  
53115 BONN, NUSSALLEE 5, DEUTSCHLAND

LAMMERS@UNI-BONN.DE

WWW.LANDTECHNIK.UNI-BONN.DE/

## 5.2 Beikrautregulierung in Reihenkulturen - Sensorgesteuerte Querhacke im Mais

ARND KIELHORN, TIMUR DZINAJ, FRANK GELZE, JOHANNES GRIMM,  
HUBERTUS KLEINE-HARTLAGE, STEFAN KLEINE HÖRSTKAMP, WERNER  
KUNTZE, ANDREAS LINZ, JÜRGEN NAESCHER, MARTIN NARDMANN, ARNO  
RUCKELSHAUSEN, DIETER TRAUTZ, EBERHARD WISSERODT

FACHHOCHSCHULE OSNABRÜCK

### Einleitung

Konventionelle Verfahren der mechanischen Beikrautregulierung haben kaum eine direkte Wirkung auf das Beikrautaufkommen innerhalb von Pflanzenreihen. In einem über drei Jahre laufenden angewandten Forschungsvorhaben an der Fachhochschule Osnabrück wurde ein Gerät entwickelt, mit dem es möglich ist, Kulturpflanzen von Nicht-Kulturpflanzen zu unterscheiden und aufgrund dieser Entscheidung eine gesteuerte Hacke zu regeln, die innerhalb der Reihe von Maiskulturen hacken kann. Das von DZINAJ et al. (1998) und RUCKELSHAUSEN et al. (1999) vorgestellte Multi-Sensor-System zur Unterscheidung von Nutzpflanzen und Beikräutern erweist sich, in Verbindung mit einer speziell entwickelten rotierenden Hacke (WISSERODT et al. 1999), als eine vielversprechende Möglichkeit zur Regulierung des Beikrautaufkommens in der Reihe. In einem dreistufigen dynamischen Entwicklungskonzept, von Labormessungen über Gewächshausversuche bis hin zum Feldtest, wurden Maispflanzen und Beikräuter systematisch untersucht und auf Grundlage der Ergebnisse ein Sensorsystem mit einem nachgeschalteten steuerbaren Hackaggregat auf die Erfordernisse hin konzipiert. Im Folgenden werden pflanzenbauliche Aspekte als Grundlage zur Entwicklung der Sensorik und der Hacke näher ausgeführt.

### Material und Methoden

Die Reihenkultur Mais wurde zur Entwicklung der sensorgesteuerten Querhacke als Modellpflanze ausgewählt. In Gefäß- und Feldversuchen sind der Habitus von Maispflanzen sowie von Beikräutern und Beigräsern (Im Folgenden werden Beikräuter und Beigräser unter dem Begriff Beikräuter zusammengefaßt, sofern nicht speziell unterschieden wird) untersucht worden. Die Untersuchungen beziehen

sich vom 2-Blatt- bis zum 6-Blatt-Stadium von Mais auf geometrische Merkmale oberirdischer Pflanzenteile von Maispflanzen und Beikräutern sowie auf Merkmale des Wurzelwachstums von Maispflanzen. Die gewonnenen Daten sind Basis für die Entwicklung geeigneter Sensoren zur Unterscheidung von Kulturpflanze und Nicht-Kulturpflanze sowie für die Konzeption einer exakt geführten Hacke. Zur Beschreibung der geometrischen Eigenschaften, der Entwicklung des Wurzelwachstums und der technologischen Bedingungen für die Bestandesentwicklung wurden die in Tab. 5.2.1 aufgeführten Merkmale gemessen.

**Tab. 5.2.1: Gemessene Merkmale an Mais und Beikräutern**

Eigenschaft	Merkmal	Meßmethode
Geometrie	Pflanzenhöhe, Beikraut	Messung oberhalb der Bodenoberfläche
	Pflanzenhöhe, Mais	
	Blattbreite, Beikraut	Messung im nicht entrollten bzw. nicht entkrümmten Zustand
	Blattlänge, Beikraut	
	Blattausrichtung, Mais	Schätzung der Blattausrichtung zur Längsrichtung der Reihe (Einteilung: 0°, 45°, 90°, 135°)
	Stengeldicke, Mais	Messung 5 cm oberhalb der Bodenoberfläche
Wurzelwachstumsentwicklung	Wurzeltiefe, Mais	Messung nach Freilegung der Wurzel
Pflanzenstellenverteilung	Verteilung längs zur Reihe, Mais	Messung der Pflanzenzwischenräume
	Verteilung quer zur Reihe, Mais	Messung des Abstandes links und rechts der Ideallinie der Pflanzenreihe

Im Rahmen des Projekts wurden 11 Beikrautarten und 4 Beigrasarten intensiv untersucht. Alle Arten wurden in einem klimatisierten Gewächshaus unter gleichen Bedingungen ausgesät und in verschiedenen Entwicklungsstadien bis hin zum dritten Laubblattpaar bzw. Laubblatt untersucht. Dabei wurden Pflanzenhöhe, Blattlänge, Blattbreite der Keim- und Laubblätter gemessen. Zeitgleich wurde zu jedem Aussattermin der Beikräuter Mais in denselben Pflanzcontainern ausgesät, um eine gute Vergleichsbasis zu bekommen.

## Ergebnisse und Diskussion

Eine wichtige Größe, die der Unterscheidung zwischen Kulturpflanze und Nicht-Kulturpflanze dient, ist die Pflanzenhöhe. In Tab. 5.2.2 ist dies zur besseren Übersicht mit Hilfe eines Quotienten zusammengefasst. Es wird die Entwicklung des Quotienten aus „Pflanzenhöhe - Mais“ und „Pflanzenhöhe - Beikraut“ vom Keimblatt-Stadium bis zum zweiten Laubblattstadium des Beikrauts wiedergegeben. Da Mais unter normalen Feldbedingungen immer die größere Pflanze darstellt und sich dies im weiteren Entwicklungsverlauf noch verstärkt, stellt die Pflanzenhöhe ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal dar. Gräser weisen niedrigere Quotienten und somit geringere Unterschiede in der Pflanzenhöhe auf, haben aber mit Ausnahme von *Setaria viridis* deutlich schmalere Blattspreiten als Mais. Somit ist die Pflanzenhöhe bei vielen Gräsern ein weniger wichtiges Unterscheidungsmerkmal.

Tab. 5.2.2: Entwicklung Pflanzenhöhe als Quotient Mais:Beikraut

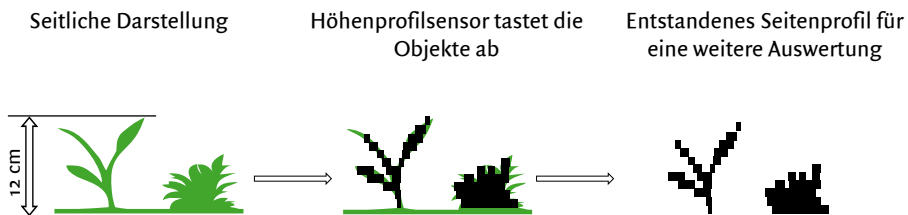
Pflanzenart	Stadium der Beikrauts		
	Keimblatt	1. Laubblatt	2. Laubblatt
CHEAL, <i>Chenopodium album</i>	3,65	4,54	4,50
STEME, <i>Stellaria media</i>	3,31	3,42	3,88
MATCH, <i>Matricaria chamomilla</i>	5,48	5,81	6,50
VIARV, <i>Viola arvensis</i>	9,56	8,32	8,57
ATXPA, <i>Atriplex patula</i>	7,56	8,25	13,84
LAMPU, <i>Lamium purpureum</i>	5,55	5,43	7,50
CAPBP, <i>Capsella bursa-pastoris</i>	7,65	7,27	7,02
SOLNI, <i>Solanum nigrum</i>	-	-	-
THLAR, <i>Thlaspi arvensis</i>	4,78	4,93	5,31
POAAN, <i>Poa annua</i>	1,49	1,56	2,07
ALOMY, <i>Alopecurus myosuroides</i>	1,19	1,22	1,75
ECCGA, <i>Echinochloa crus-galli</i>	1,09	1,00	1,15
SETVI, <i>Setaria viridis</i>	2,54	2,55	2,34

- : keine Versuchsergebnisse

Die Untersuchungsergebnisse für Mais müssen in technogene Bedingungen für die Bestandesentwicklung und geometrische Eigenschaften unterschieden werden. Die technogenen Bedingungen sind über die in Tab. 5.2.1 dargestellten Merkmale

der Pflanzenstellenverteilung längs und quer zur Reihe definiert. Eine Kombination verschiedener Sensoren bildet das System zur Pflanzenerkennung. Bei diesem Multi-Sensor-System handelt es sich um die intelligente Verknüpfung mehrerer einfacher Sensoren. Keiner dieser Sensoren ist alleine in der Lage zwischen Nutzpflanze und Beikraut zu differenzieren, sondern nur in Kombination miteinander. Erst durch die Korrelation vieler unterschiedlicher Signale erhält man eine sichere Aussage über das vorliegende Objekt.

Die Grundinformation im Multi-Sensor-System liefert der Höhenprofilsensor (Abb. 5.2.3). Er wurde aus 24 Lichtschranken konstruiert, die über einen Microcontroller verknüpft und ausgewertet werden. Die Einleitung einer Korrelation erfolgt basierend auf einer Stengeldetektion des Höhenprofilsensors. Erst wenn ein Stengel mit den vorgegebenen Kriterien sowie weitere aus dem Umfeld erkannt wurden, werden die anderen Sensoren zur Entscheidung herangezogen.



**Abb. 5.2.3: Schematische Darstellung eines Seitenprofils mit dem Höhenprofilsensor**

Durch eine Triggerung bei jedem zurückgelegten Millimeter und anschließender Datenspeicherung erfolgt durch den Höhenprofilsensor ein Scanvorgang, mit dem ein seitliches Profil vom Pflanzenbestand aufgenommen wird. Aus diesem Abbild können anschließend viele Informationen zur Unterscheidung gewonnen werden.

Der Flächenbelegungssensor wird zur Verfeinerung der Entscheidung herangezogen. Dabei werden vier Sensoren eingesetzt, die die Reflexionen in unterschiedlichen Höhenpositionen auswerten. Diese Flächenanteile werden an der Position der Stengeldetektion zum Hostrechner übergeben. Je nach Beikraut und Nutzpflanze existieren arttypische Merkmale der Flächenaufteilung, die sehr hilfreich bei der Auswertung sind.

Der Boden-Pflanzen-Sensor ist der dritte Sensor im Sensormodul. Er kann zu einer Entscheidung zwischen Beikraut und Nutzpflanze nur sehr geringfügig beitragen, jedoch prüft er grundsätzlich das Vorhandensein eines Pflanzenbestandes. Im Bereich von 600 - 680 nm (rotes sichtbares Licht) wird durch das Chlorophyll in den Pflanzen die Strahlung stark absorbiert, im Nah-Infrarot- (NIR-) Bereich von 750 – 1000 nm dagegen stark reflektiert. Die Reflexion des Bodens steigt dagegen über den gesamten Bereich linear mit der Wellenlänge an. Unter Verwendung zweier signifikanter Wellenlängen, die im Reflexionsverlauf der Grünpflanze einen

großen Unterschied zu denen des Bodens besitzen, ist es möglich, eine eindeutige Unterscheidung zwischen Grünpflanze und Boden zu erhalten. Das Sensorsystem mit den vorgestellten Komponenten ist in der Lage, die Umgebung innerhalb der Pflanzenreihen von Maisbeständen millimetergenau abzutasten, um so eine Entscheidung hinsichtlich des Vorhandenseins von Maispflanzen zu treffen. Bisherige Messungen in Gewächshaus- und Feldversuchen zeigten eine gute Arbeitsqualität. So sind nur 2 - 5 % der Maispflanzen irrtümlich als Beikrautpflanzen detektiert worden und 1 - 8 % der Beikrautpflanzen als Maispflanzen. Diese Werte konnten mit Berechnungen durch neuronale Netze festgelegt werden.

Zur Beikrautregulierung wurde eine um die vertikale Achse rotierende Hacke mit acht Werkzeugen entwickelt. Diese beschreibt, bedingt durch eine Translationsbewegung, eine Bahn in Gestalt einer Zyklode (Abb. 5.2.4). So arbeitet sich die permanent rotierende Hacke, deren Werkzeuge eine Zyklidenbahn beschreiben, in die Maisreihe hinein. In Abhängigkeit der Translationsgeschwindigkeit, der Drehgeschwindigkeit des Hackrotors sowie der Ausformung der einzelnen Werkzeuge am Hackrotor lässt sich die Gestalt der Zyklidenbahn verändern. Jedes einzelne Werkzeug ist unabhängig von allen übrigen Werkzeugen über eine elektromagnetische Schaltung ausklinkbar, um gegebenenfalls einer Kulturpflanze auszuweichen. Nach einem Ausklinkvorgang wird das entsprechende Werkzeug nach einer Halbumdrehung des Rotors über eine Zwangsschaltung wieder in die normale Arbeitsposition zurückgeführt.

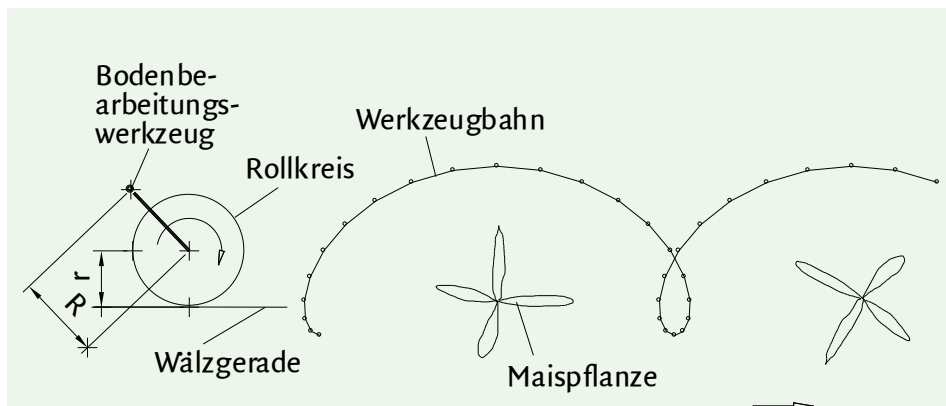


Abb. 5.2.4: Zyklode Werkzeugbahnen zur Bearbeitung von Reihenkulturen

Die acht am Hackrotor befindlichen Werkzeuge sind, bedingt durch die Translationsgeschwindigkeit und die Rotordrehzahl, auf einen Abstand von 10 cm eingestellt. Dieser Abstand beschreibt die Entfernung von der Mitte einer Zyklidenkeule zur Mitte der nächsten. Aufgrund dieser Konstellation ergibt sich eine Frequenz von 25 Hz für die Werkzeugbewegungen ohne Ausklinkvorgänge. Beim Betrieb mit Ausklinkvorgängen, die im jetzigen Entwicklungsstand durch eine elektromagnetische Schaltung ausgeführt werden, können noch Frequenzen im Bereich von



**Abb. 5.2.5:** Aktueller Prototyp der „Querhacke“

3 Hz erzielt werden. Durch Veränderung der Parameter „Translationsgeschwindigkeit“ und „Rotordrehzahl“ können die Zykloidenabstände unterschiedlichen Anforderungen angepasst werden.

Der Hostrechner bekommt ständig exakte Positionsinformationen der einzelnen Maispflanzen sowie genaue Informationen über die Positionen, an denen die einzelnen Hackwerkzeuge in die Pflanzenreihe hineinhacken. Wird eine Kollision zwischen Maispflanze und einem einzelnen Hackwerkzeug errechnet, kann das entsprechende Hackwerkzeug ausgeklinkt werden, so dass die Maispflanze in der Reihe nicht getroffen wird.

Die vorstehenden Ausführungen zu den botanischen und pflanzenbaulichen Parametern sowie dem Sensor- und Hacksystem machen deutlich, dass das Konzept der „Sensorgesteuerten Querhacke im Mais“ funktioniert. Mit Hilfe des Sensorsy-



stems können Merkmale der Kulturpflanze erkannt und eine exakte Positionsbestimmung jeder einzelnen Kulturpflanze erreicht werden. Die spezielle Konzeption der Hacke ermöglicht es, quer in die Reihe hineinzuhacken und bei Kollisionsgefahr mit einer Maispflanze einzelne Werkzeuge an der Hacke auszuklinken. Der jetzige Prototyp „Querhacke“ (Abb. 5.2.5) wird als einachsiger Anhänger hinter dem Schlepper nachgeführt.

Im Verlauf der nächsten Entwicklungen sind weitere pflanzenbauliche Untersuchungen notwendig, die aussagekräftige Ergebnisse hinsichtlich der Hackeffizienz ermöglichen. Ziel der anschließenden Projektphase muss es sein, dieses System für Maiskulturen zu optimieren sowie auf andere Reihenkulturen wie die Zuckerrübe, Gemüsearten oder sogar Baumkulturen auszudehnen, um so den Einsatz von Herbiziden in diesen Kulturen zu senken.

## Danksagung

Förderung durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt in Kooperation mit Amazonen-Werke, Hasbergen

## Literatur

- Baeumer, K.: Verfahren und Wirkungen der Bodenbearbeitung. In: Diercks, R.; Heitefuss, R.: Integrierter Landbau. München: BLV Verl.-Ges. 1990.
- Brüning, H.: Untersuchung zur Standgenauigkeit von Mais unter Berücksichtigung unterschiedlicher Marquering, J., Naescher, J., Trautz, D., Wissler, E.: Multi-Sensor-System zur Unterscheidung von Nutzpflanzen und Beikräutern. 19. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, 10.-12.03.98, Z. PflKrankh. Pflschutz, Sonderh. XVI, 233 - 242, Stuttgart- Hohenheim, 1998.
- Zscheischler, J.: Handbuch Mais: Umweltgerechter Anbau; Wirtschaftliche Verwertung. Frankfurt a.M.: DLG-Verlag 1990.

DIPL.-ING. (FH) ARND KIELHORN

F.A.R.MSYSTEM HINCK & KIELHORN  
PARTNERSCHAFT VON INGENIEUREN  
C/O FACHHOCHSCHULE OSNABRÜCK  
SEDANSTR. 26, 49076 OSNABRÜCK

KIELHORN@FARMSYSTEM.DE  
WWW.FARMSYSTEM.DE



## 5.3 Ampferbekämpfung im Ökolandbau

ROY LATSCH UND JOACHIM SAUTER

FORSCHUNGSANSTALT AGROSCOPE RECKENHOLZ-TÄNIKON

### Allgemeine Einleitung

Der stumpfblättrige Ampfer (*Rumex obtusifolius*) verursacht im Dauergrünland vielerorts Probleme. Als Platzräuber mit hohem Oxalsäure- und Gerbstoffgehalt mindert er sowohl den Ertrag als auch die Qualität des Futters. Der Futterwert wird von Klapp et al. (1953) mit „1“ (sehr gering) angegeben. In seinem ausgedehnten Wurzelsystem (Abb. 5.3.1) lagert der Ampfer Reservestoffe ein, die ihm einen raschen Wiederaustrieb nach der Mahd ermöglichen. Zudem produziert eine Ampferpflanze sehr viele Samen, die im Boden lange überlebensfähig sind. Angaben zur jährlichen Samenproduktion einer einzelnen Pflanze reichen von 17600 Samen bis zu 60000 Samen (Sobotik 2001).



Abb.5.3.1: Grünland mit Ampferbestand und Detailfoto einer Ampferpflanze

Ampferpflanzen sind Lichtkeimer und laufen auf, sobald die Samen an die unbedeckte Bodenoberfläche gelangen. Als vorbeugende Massnahme zur Vermeidung von neu auflaufenden Ampferpflanzen in Bestandeslücken sind die Blütenstände möglichst frühzeitig zu entfernen. Bei der eigentlichen Bekämpfung der Pflanze



**Abb. 5.3.2: Mechanische Ampferbekämpfungseinheiten: WUZI mit hydraulischer Ausreisszange (oben); Ampferwiesel mit rotierendem Fräskopf (unten)**

ist das manuelle Ausstechen der Ampferwurzeln derzeit die gängige Praxis. Mit diesem körperlich sehr anstrengenden Verfahren können bis zu 60 Pflanzen pro Stunde von der Fläche entfernt werden (eigene Messungen, unveröffentlicht). Bei einer mittleren Verunkrautung von 2000 Pflanzen/ha ergeben sich somit Arbeits-

aufwendungen von 33,3 h/ha.

Die landwirtschaftliche Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART sucht für den ökologischen Landbau nach alternativen Bekämpfungsmethoden. Geforscht wird im Bereich der thermischen und mechanischen Bekämpfung sowie zum Einsatz von wurzelbohrenden Insektenarten.

Eigene Untersuchungen zum Wurzelatreissystem WUZI (Abb. 5.3.2 oben) zeigten dessen gute Wirksamkeit. Die Erfolgsquote lag bei den Versuchen bei sehr guten 88 %. Problematisch ist, dass für durchschnittlich 141 g Ampferwurzel ein Wurzelballen von mittleren 3714 g ausgestochen und vom Feld abtransportiert wurde. Sowohl die ungelöste Entsorgungsfrage der Wurzelballen, mehr aber noch die in der Grasnarbe hinterlassenen grossen Löcher führten dazu, dass dieses Verfahren von ART nicht empfohlen werden kann.

Ein weiteres mechanisches System mit der Bezeichnung „Ampferwiesel“ zerkleinert die Ampferwurzeln über einen rotierenden Fräskopf (Abb. 5.3.3). Die dazu durchgeführten Untersuchungen lieferten unbefriedigende Ergebnisse. So lag die Erfolgsquote dieses Verfahrens bei nur 18 %. Die zerkleinerten Wurzelstücke trieben zu grossen Teilen wieder aus. Nach der Behandlung von 99 Pflanzen wurden 180 Neuaustriebe gezählt. Als Erklärung für diese schlechten Ergebnisse, die im Widerspruch zu Untersuchungen anderer Autoren stehen (Böhm und Finze 2004), kann der teils steinige Boden angeführt werden, der ein sehr feines Zermusen der Wurzeln behinderte. Gepaart mit ungünstigen Bodenfeuchteverhältnissen führte dies zur ungewollten „Vermehrung“ der Pflanzen.

Die folgenden Beiträge beleuchten Möglichkeiten der thermischen Ampferbekämpfung näher. Dabei wird versucht, das regenerationsfähige Hypokotylgewebe im Übergangsbereich zwischen Spross und Wurzel (Roberts und Hughes 1939), welches sich bis etwa 10 cm unter der Erdoberfläche erstreckt, auf ca. 80 °C zu erhitzen. Bei dieser Temperatur degeneriert die DNS der Pflanze irreparabel. Zudem werden Ampfersamen ab ca. 75 °C abgetötet (Thompson et al. 1997).

## **Thermische Behandlung der Ampfern mittels Mikrowellen**

### **Einleitung**

Mikrowellentechnologie beruht auf dem Prinzip, dass ein elektromagnetisches Wechselfeld bei der Frequenz von 2.45 GHz das Dipolmolekül Wasser zu Schwingungen anregt. Aufgrund dieser Schwingungen entsteht Wärme. Setzt man Mikrowellen zur Unkrautbekämpfung von Wurzelunkräutern wie dem Ampfer ein, wirken sie nur auf das im Boden und den Pflanzen befindliche Wasser. Proteine und andere Zellbausteine lebender Organismen werden nicht direkt angeregt. Das berührungslose Erhitzen einer Pflanze kann diese zum Absterben bringen. Die Faktoren Heizdauer und Energieeinsatz sind hierbei die ausschlaggebenden Kriterien für den Erfolg des Verfahrens.



**Abb. 5.3-3:** Der „Ampferwiesel“ zerkleinert die Ampferwurzel mit einem rotierenden Fräskopf. Im Versuch trieben die zerkleinerten Wurzelstücke wieder aus.

### **Versuchsaufbau**

In Feldversuchen auf verschiedenen Standorten wurden zur Behandlung der Ampfern zwei selbstfahrende Mikrowellenprototypen (4,8 bzw. 18 kW Sendeleistung) eingesetzt. Der Bau und die Konfiguration der Prototypen erfolgte mit den Projektpartnern Odermatt Landmaschinen AG, Hunzenschwil, CH und Gigatherm AG, Grub, CH. Technische Eckdaten finden sich in Tab. 5.3.1. Beide Mikrowelleneinheiten werden mit einem mitgeführten Stromgenerator betrieben. Die Einleitung, der von den Magnetrons erzeugten Mikrowellen, erfolgt über offene Hohlleiter direkt ins Erdreich. Die Öffnungen sind mit einer austauschbaren für Mikrowellen transparente Glimmerplatte gegen Verschmutzung geschützt. Die Konfiguration der Mikrowelleneinheit erfolgte durch die Firma Gigatherm AG, Grub, CH.

Vor der Behandlung wurden einzeln stehende Ampferpflanzen auf unterschiedlichen Wiesenstandorten markiert und zu Boniturzwecken mit einem hochgenauen RTK-GPS (Real-Time-Kinematic-GPS, Trimble R7, Sunnyvale, CA, USA) eingemessen. Die Behandlung der Pflanzen erfolgte mit unterschiedlichen Heizzeiten, um ein Zeitoptimum identifizieren zu können (Tab. 5.3.1). Die Bodenfeuchte an den Standorten wurde mittels TdR (Time Domain Reflektometrie; Moisture Point, Environmental Sensors Inc., Victoria, CA) ermittelt. Die Erfolgskontrolle erfolgte vier, acht und zwölf Wochen nach der Behandlung. Dabei wurde kontrolliert, ob die Pflanzen wiederaustreiben. Folgende Varianten wurden getestet:

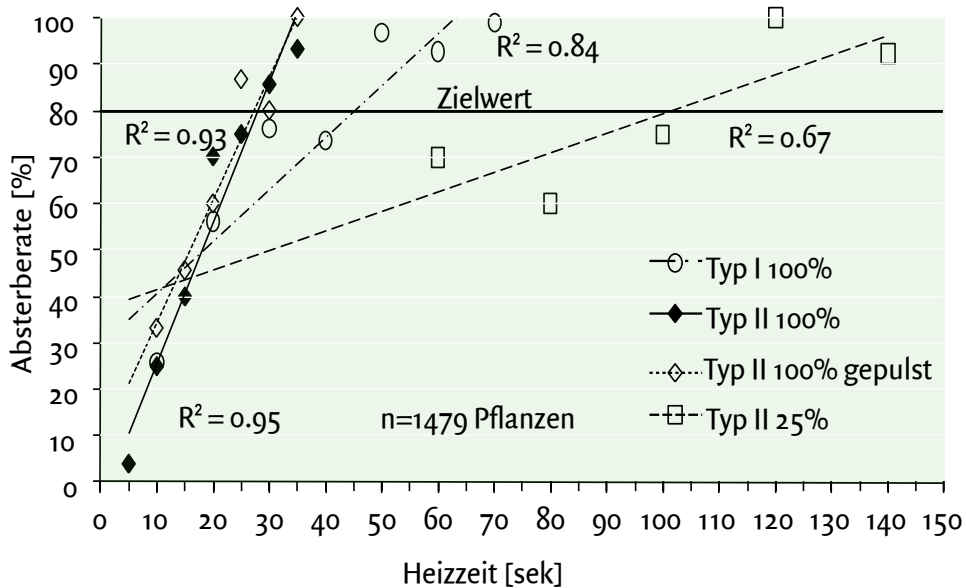
- Variante 1: Permanentes Heizen bei voller Sendeleistung (100 %).
- Variante 2: „Gepulstes“ Heizen bei voller Sendeleistung (gepulst). Hierbei wird die Heizzeit intervallartig unterbrochen mit dem Ziel, eine bessere Temperaturverteilung in der Wurzel zu erreichen: z. B. 10 s heizen – 10 s warten – 10 s heizen etc.
- Variante 3: Permanentes Heizen bei 25 % Sendeleistung (25 %). Diese Einstellung soll klären, ob eine energetische Optimierung des Verfahrens über eine entsprechende Verlängerung der Heizzeit bei verringerter Heizleistung möglich ist.

Tab. 5.3.1: Leistungsdaten der Mikrowellen-Prototypen sowie Versuchsvarianten und Heizzeit

Mikrowellenprototypen	Ausgangsleistung [kW]	Anzahl Magnetrons [Stk.]	Heizfläche [cm <sup>2</sup> ]	Leistungsdichte [W cm <sup>-2</sup> ]	Versuchsvariante	Heizzeiten [s]
Typ I 100 %	4,8	6	193	24,9	1	10, 20, 30, 40, 50, 60, 70
Typ II 100 %	18,0	12	302	59,6	1 + 2	5, 10, 15, 20, 25, 30, 35
Typ II 25 %	4,5	12	302	14,9	3	60, 80, 100, 120, 140

### Ergebnisse

Auf sechs unterschiedlichen Standorten behandelte der Prototyp I 971 Pflanzen. Für die Untersuchungen mit dem Prototypen II flossen drei Standorte mit 265 Pflanzen der Variante 1, 157 der Variante 2 und 86 Pflanzen der Variante 3 ein. Als Zielwert für die Absterberate werden minimal 80 Prozent angesetzt (Abb. 5.3.4). Somit lassen sich über lineare Regression optimale theoretische Heizzeiten errechnen. Für die Variante mit dem Prototypen I liegt die optimale Heizzeit bei 45 Sekunden. Beim Prototypen II liegen diese bei ungepulster (4.7 s) und gepulster (27 s) Heizzeit sehr nah beieinander. Bei gepulster Erhitzung müssen zur Bestimmung der Behandlungsdauer die Intervallpausen noch hinzuaddiert werden (Tab. 5.3.2). Bei 25 Prozent Sendeleistung hat sich die Heizzeit mit 101 Sekunden knapp vervierfacht. Diese errechneten Werte dienen als Grundlage für den Variantenvergleich aus energetischer Sicht.



**Abb. 5.3.4: Anteil abgestorbener Pflanzen bei Behandlung mit zwei Mikrowellenprototypen (Typ I: 4,8 kW, Typ II: 18 kW) bei unterschiedlichen Heizzeiten. ( $R^2$  bezeichnet das Bestimmtheitsmass der eingezeichneten linearen Regression.)**

Bei statistischen Auswertungen der Versuchsserien mit Prototyp II konnten keine signifikanten Interaktionen zwischen den Parametern Bodenfeuchte, Heizzeit und Pulsung nachgewiesen werden. Die Heizzeit und die Pulsung haben einen signifikanten Einfluss auf die Absterberaten der Ampferpflanzen. Im Mittel ist die Behandlung der Pflanzen mit gepulsten Heizintervallen um zirka fünf Prozent wirkungsvoller, als diejenige mit permanenter Heizung. Bei der Zunahme der Heizzeit um eine Sekunde erhöht sich die Absterberate der Pflanzen um zirka drei Prozent.

Die Heizenergie pro Fläche [ $\text{Ws cm}^{-2}$ ] ist ein Mass für die Energiemenge, die bei dieser Maschinenkonfiguration notwendig ist, um eine bestimmte Absterberate zu erreichen (Abb. 5.3.5). Die Zielgrösse von minimal 80 Prozent Absterberate wird beim Prototypen I bei rund  $1\ 070\ \text{Ws cm}^{-2}$  und beim Prototypen II bei zirka  $1\ 550\ \text{Ws cm}^{-2}$  erreicht, wobei der Prototyp II eine größere Fläche (Tab. 5.3.1) behandelt. Die Streuung der Daten weist darauf hin, dass der Standort (Serie) eine untergeordnete Rolle beim Behandlungserfolg spielt.



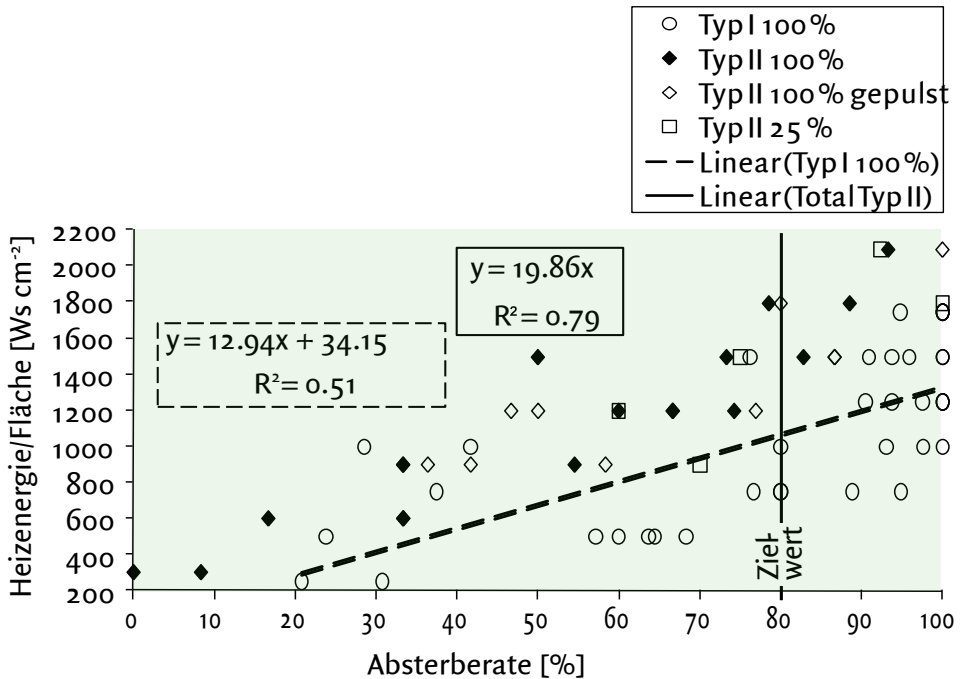


Abb. 5.3-5: Heizenergie pro Fläche und Absterberate in allen Feldversuchsserien

Der Wirkungsgrad bei der Mikrowellenerzeugung liegt bei etwa 50 Prozent der eingespeisten elektrischen Energie. Daher ist ein Stromgenerator mit der doppelten elektrischen Ausgangsleistung gegenüber der Heizleistung der Mikrowelle erforderlich. Nach Rinaldi et al. (2005) werden bei einem Dieselaggregat zur Erzeugung von 1 kWh Energie 272 g Kraftstoff benötigt. Die mittlere Dichte von Dieseldieselkraftstoff beträgt 0,83 kg/l. Daraus resultiert folgende Zusammenstellung und Berechnung zum reinen Energieeinsatz pro Ampferpflanze (Tab. 5.3.2).

Tab. 5.3.2: Energieeinsatz der Mikrowelle bei 80 % Erfolgsrate ohne Leerlaufzeiten für Umsetzen und Puls

Mikrowellen-pro- totypen	Sendeleistung [kW]	Generatorleistung [kW]	Heizzeit [s]	Auszeit Intervall [s]	Kraftstoffbedarf pro Ampfer [l]
Typ I 100 %	4,8	9,6	45,0		0,04
Typ II 100 %	18	36	27,9		0,09
Typ II 100 % gepulst	18	36	27,2	6	0,11
Typ II 25 %	4,5	9	101,3		0,08

## **Fazit**

Die dargestellten Feldversuche belegen, dass das Wirkprinzip der Mikrowelle zur Bekämpfung von Ampferpflanzen funktioniert.

Der Vergleich der beiden Prototypen zeigt, dass langsames bzw. längeres Aufheizen der Ampferwurzeln mit geringerer Sendeleistung aus energetischer Sicht effizienter ist. Die positive Tendenz in den Ergebnissen mit dem auf 25 % Sendeleistung gedrosselten Prototypen II bestätigen diese Behauptung. Dennoch sind die einzusetzenden Kraftstoffmengen erheblich. Geht man von mässigen Besatzdichten von 2000 Ampferpflanzen pro Hektare aus, so sind 80 bis 220 Liter Diesel pro Hektar notwendig. Bei den Gesamtkosten sind noch weitere variable und fixe Kosten wie z.B. Kraftstoffverbrauch für Leerleistung, Kraftstoffverbrauch für das Zugfahrzeug, Zinskosten für die Anschaffung, Abschreibungs- und Reparaturkosten zu berücksichtigen. Auch fällt aufgrund der verlängerten Heizzeiten bei der gepulsten und der leistungsverminderten Variante die Flächenleistung pro Stunde vergleichsweise geringer aus, was sich auf die Verfahrenskosten niederschlägt. Aufgrund des hohen Energie- und teilweise hohen Zeitbedarfes können die geprüften Verfahren deshalb nicht als praxistauglich betrachtet werden.

## **Thermische Behandlung von Ampfern mittels Heisswasserdampf**

### **Einleitung**

Dampf gilt als ausgezeichnetes Medium, um Blattunkräuter oberirdisch thermisch zu bekämpfen. Aufgrund der hohen Energiedichte und Wärmeleitfähigkeit ist Dampf im Vergleich zur offenen Gasflamme bei der Beikrautbekämpfung sehr viel effizienter. Im Rahmen des vorgestellten Projektes wurde versucht, diese Vorzüge für die Behandlung von Ampferwurzeln im Ökolandbau zu nutzen. Ein Heissdampf-/Wassergemisch wurde dazu unter Druck bis zu 10 cm tief in den Boden und möglichst nah an die Wurzel (genauer an das Hypokotyl) eingebracht.

### **Versuchsaufbau**

Das Heisswasser-/Dampfgemisch wurde für die Überprüfung der Verfahrensfunktionalität mit einem handelsüblichen Hochdruckreiniger (Kärcher HDS 9/18 4 M) erzeugt, welcher freundlicherweise von der Firma Kärcher AG, Dällikon, CH zur Verfügung gestellt wurde. Eingestellt auf einen Druck von 30 bar und einer mittleren Wassertemperatur von 120 °C am Geräteausgang, resultierte eine mittlere Durchflussrate von 4,9 l/min. Der Hochdruckreiniger wurde zusammen mit dem erforderlichen Wassertank auf einem Anhänger transportiert (Abb.5.3.5).

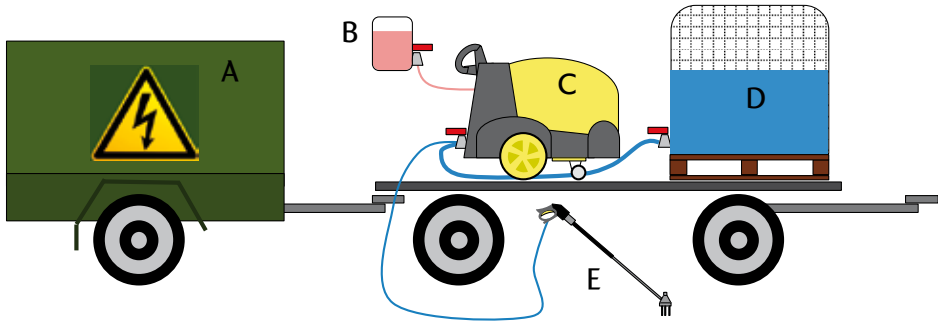


Abb. 5.3.5: Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus mit Generator (A), separater Dieseltank (B), Hochdruckreiniger (C), Wassertank (D) und Injektionsdüse (E).

Bei dieser Versuchsanordnung diente ein 380 V (15 kVA) Generator zur Stromerzeugung. Das zum Heizen des Wassers benötigte Diesel wurde einem separaten Tank entnommen. Die verbrauchte Dieselmenge wurde nach jeder Messserie, die in der Regel 20 Pflanzen umfasste, gravimetrisch bestimmt. Der in diesem Test erzielte Wirkungsgrad des Gerätes bestimmt sich aus dem Verhältnis der theoretisch erforderlichen Energiemenge, um das Wasser auf die entsprechende Temperatur zu heizen, und der Energiemenge des tatsächlich benötigten Dieselkraftstoffs. Die Applikation des Heisswasser-/Dampfgemischs geschah über einen 10 m langen Schlauch mittels einer eigens angefertigten Injektionsdüse (Abb. 5.3.6).

Die Überprüfung des Verfahrens erfolgte an insgesamt 711 Ampferpflanzen verteilt auf fünf Dauergrünland und Ackerfutterflächen. Solitär stehende Pflanzen wurden für die spätere Erfolgskontrolle mit einem RTK-GPS (Real-Time-Kinematic-GPS, Trimble R7, Sunnyvale, CA, USA) eingemessen. Die Behandlung erfolgte dann mit 5, 10, 15, 20, 30 oder 40 Sekunden Dauer. Die Bodenfeuchtigkeit wurde volumenbezogen mit Stechzylinderproben aus einer Tiefe von 0–10 cm ermittelt (Trocknung bei 105 °C).

Jeweils vier, acht und zwölf Wochen nach der Behandlung fand eine visuelle Erfolgskontrolle des Wiederaustriebes statt. Dafür wurden die behandelten Pflanzen mit einem GPS-Gerät eingemessen. Nach zwölf Wochen nicht ausgetriebene Pflanzen wurden als abgestorben bonitiert.

Die statistische Analyse erfolgte durch eine logistische Regression mit einem linearen gemischte Effekte-Modell. Es untersucht den Einfluss der Behandlungsdauer, der Bodenfeuchte und des Standortes auf den Wiederaustrieb der Ampferpflanzen.

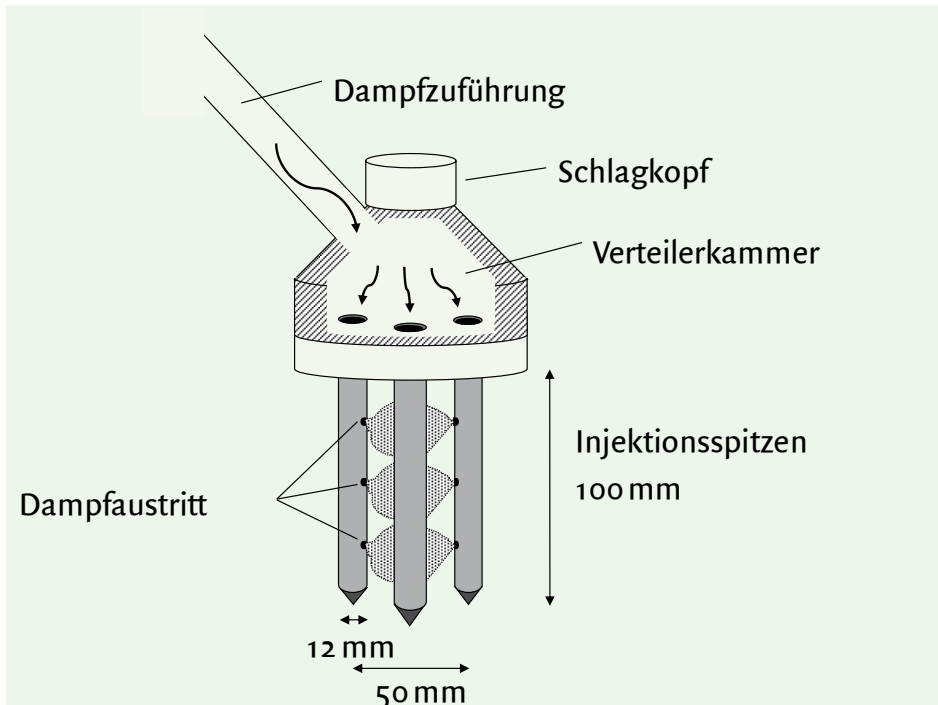
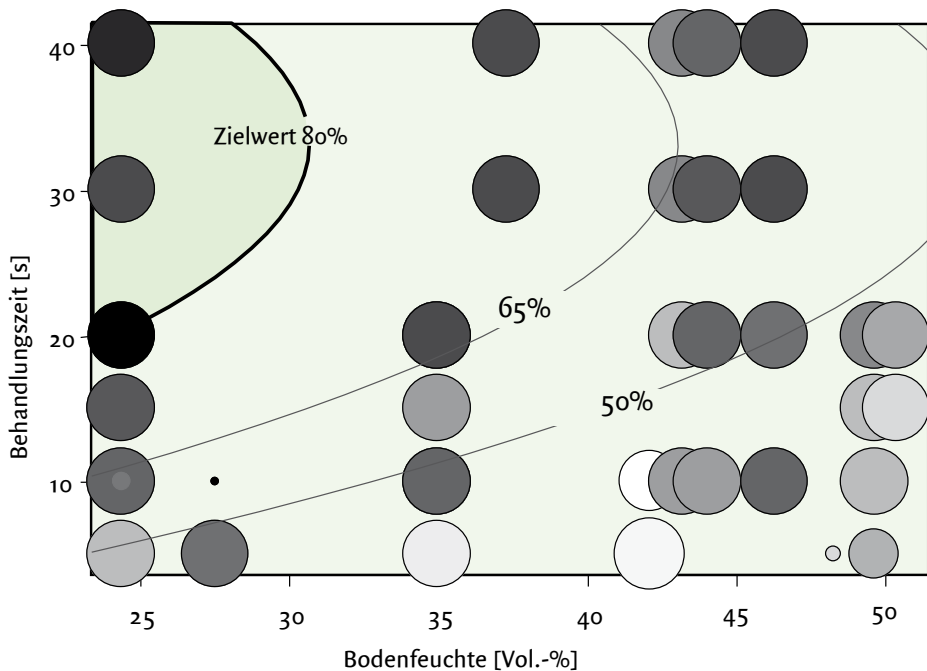


Abb. 5.3.6: Schematische Darstellung der Injektionsdüse. Die Dampfaustrittsöffnungen sind in das Zentrum der Anordnung gerichtet

## Ergebnisse

### Einflussfaktoren auf den Wiederaustrieb

Die statistische Auswertung belegt den hochsignifikanten Einfluss der Behandlungsdauer BD und der Bodenfeuchte BF auf die Absterberate der Ampferpflanzen beim Einsatz eines Heisswasser-/Dampfgemisches. Es wird somit eine Kombination der Einflüsse von Behandlungsdauer und Bodenfeuchte abgebildet, die zum gleichen Ergebnis bei der Absterberate führt (Abb. 5.3.6). Die Blasenfläche ist proportional zur Anzahl der behandelten Pflanzen pro Serie (Regelfall:  $n = 20$ ). Die Färbung der Blasen repräsentiert die Absterberate. Je dunkler die Schattierung, desto grösser ist die Absterberate. Links der eingezeichneten Isolinien (Linien gleicher Werte) liegen die Bereiche, bei denen die Kombination von Behandlungsdauer und Bodenfeuchte die gleiche Absterberate bewirken. Für die angestrebte Absterberate von mindestens 80 % (schraffierter Bereich) darf die Bodenfeuchte demnach nicht höher als 30 Vol.-% liegen. Dies entspricht in etwa normal feuchtem Boden in den Sommermonaten. Behandlungsdauer und Bodenfeuchte sind fixe, der Standort eine zufällige Variable.



**Abb.5.3.7: Abhängigkeit der Absterberate von Behandlungsdauer und Bodenfeuchte.**

Die Kreisfläche stellt die Anzahl Pflanzen dar, die zwischen 5 und 21 Pflanzen liegt. Die Absterberate ist stufenlos in Grautönen dargestellt: je dunkler die Kreisfläche ist, desto höher ist die Absterberate. Links der Isolinien liegen die statistisch berechneten Bereiche gleicher Absterberate. ( $\text{logit}(P[Y=1]) = -0,694 - 0,156 \cdot \text{BD} + 0,062 \cdot \text{BF} - 0,002 \cdot (\text{BD})^2$ )

### Wasser- und Energieeinsatz

Die Bestimmung des Dieserverbrauchs einer aus 20 Einzelpflanzen bestehenden Messserie (Abb. 5.3.8) beinhaltet das Erhitzen des Wassers von ca. 15 °C auf 120 °C. Der dargestellte Schwankungsbereich ist auf die Randzeiten (Umsetzen von Pflanze zu Pflanze) bei der praktischen Versuchsdurchführung zurückzuführen.

Um die angestrebten 80 % Absterberate bei frischem Boden (20 Vol.-% Bodenfeuchte) zu erreichen, werden 17 Sekunden Behandlungsdauer benötigt, was einem Bedarf von 1,4 l Wasser und 0,027 l Diesel pro Pflanze entspricht. Bei 30 Vol.-% Bodenfeuchte sind es 30 Sekunden. Dies entspricht 2,4 l Wasser und 0,048 l Diesel.

Für das erstmalige Aufheizen bis zur Behandlungstemperatur mittels Durchlauf-erhitzer werden zusätzlich durchschnittlich 12,2 l Wasser und 0,24 l Diesel verbraucht. Der Wirkungsgrad der Heizeinheit (Verhältnis zwischen theoretischem und gemessenem Energiebedarf zur Erreichung der Temperatur von 120 °C) beträgt unter diesen speziellen Versuchseinstellungen 65 %.

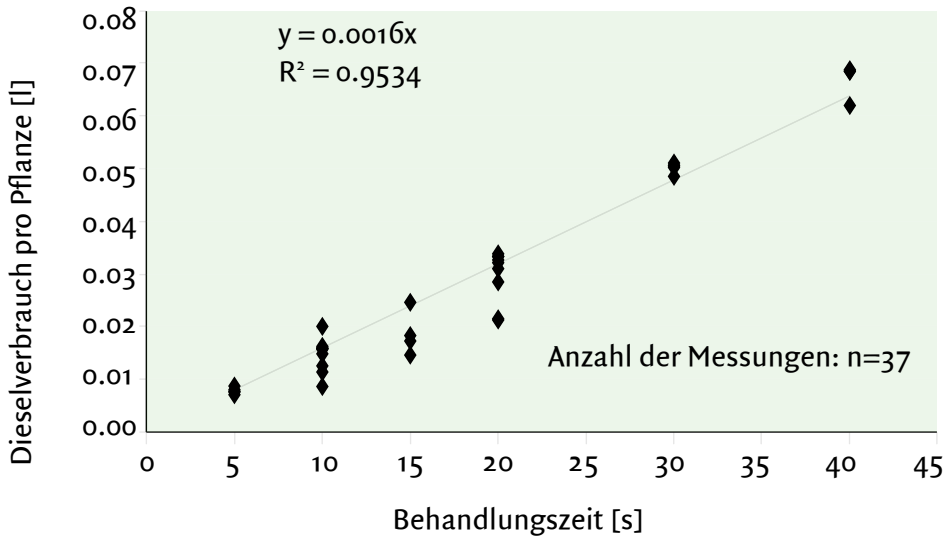


Abb. 5.3.8: Dieserverbrauch pro Pflanze in Abhängigkeit von der Behandlungsdauer (ein Messpunkt stellt den Mittelwert aus 20 Pflanzen dar)

### Diskussion

Die Untersuchungen zeigen, dass es möglich ist, Ampferpflanzen mittels eines Heisswasser-/Dampfgemisches abzutöten. Dieses Verfahren zur Einzelpflanzenbehandlung stellt eine Weiterentwicklung bisheriger Anwendungen dar, die Wasserdampf zur grossflächigen oberirdischen Unkrautbekämpfung (Melanders und Jørgensen 2005) oder zur Sterilisation von Böden einsetzen (Peruzzi et al. 2008; Thompson et al. 1997). Bei der vorgestellten Methode beeinflusst die Bodenfeuchte die Erfolgsrate stark. Je höher die Bodenfeuchte ist, desto länger ist die nötige Behandlungsdauer und somit der Energie- und Wassereinsatz. Ab einer Bodenfeuchte von 30 Vol.-% sinkt die Erfolgsquote auch bei langer Behandlungsdauer von 40 Sekunden unter 80 %. Der praktische Einsatz ist somit während der trockeneren Sommermonate deutlich effizienter. Bei einem angenommenen Ampferbesatz von 2000 Pflanzen pro Hektar und einer Bodenfeuchte von 30 Vol.-% sind für die reine Behandlung eines Hektars Fläche 4850 l Wasser und 96 l Dieseldieselkraftstoff erforderlich. Bei 20 % Bodenfeuchte sind es noch 54 l Diesel. Im Vergleich zu mechanischen Verfahren hat das Heisswasser-/Dampfverfahren den agronomischen Vorteil, dass keine Erdbewegungen nötig sind. Die Keimung von Ampfersamen wird somit nicht gefördert. Zusätzlich ist davon auszugehen, dass der Boden im Bereich des Dampfaustritts kleinstflächig sterilisiert wird. Die unbekannte Textur des Bodens und die Variabilität der Ampferwurzeln sind Faktoren, die einen grossen Einfluss auf den Behandlungserfolg des Verfahrens haben. Die Herausforderung besteht darin, das Heisswasser-/Dampfgemisch möglichst direkt an der Wurzel zu applizieren, um Energieverluste zu vermeiden und die Erfolgsquote zu erhöhen. Wie viel Erde bei der Injektion unnötigerweise mit erwärmt wird, ist

nicht genau zu ermitteln. Eine erste Massnahme zur Verminderung des Energiebedarfs stellt die Berücksichtigung der Bodenfeuchte zum Applikationszeitpunkt dar. Zu weiteren Optimierungsmöglichkeiten, wie eine effizientere Applikationstechnik, einen angepassten Wasserbedarf und Brennstoffverbrauch sowie eine zeitsparende Verfahrenstechnik wird weiter geforscht.

### Fazit

Die Untersuchungen zeigten, dass die ökolandbautaughliche Bekämpfung von Ampfern mittels Heissdampf möglich ist und eine gute Wirkung aufweist. Als limitierend für das Verfahren ist der Energiebedarf zu werten. Die allermeisten landwirtschaftlichen Betriebe verfügen über einen Hochdruckreiniger. Das vorgestellte Verfahren der Ampferbekämpfung könnte dann interessant werden, wenn die Doppelnutzung eines vorhandenen stromautarken Hochdruckreinigers mit Dampfstufe möglich ist. Vor einem breiteren Einsatz in der Praxis gilt es aber das Verfahren weiter zu optimieren und besonders den Energiebedarf pro behandelte Pflanze zu senken.

### Literatur

- Böhm H., Finze J. 2004: Bericht zur Überprüfung der Effektivität der maschinellen Ampferregulierung im Grünland mittels WUZI unter differenzierten Standortbedingungen. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für ökologischen Landbau (OEL), Westerau, 29 S.
- Klapp E., Boeker P., König F., Stählin A. 1953: Wertzahlen der Grünlandpflanzen. Das Grünland. Bd. 2, Schaper-Verlag, Hannover, S. 38–40.
- Melander B., Jørgensen M. H. 2005: Soil steaming to reduce intrarow weed seedling emergence. *Weed Research*, 45, S. 202–211, doi: 10.1111/j.1365-3180.2005.00449.x.
- Peruzzi A., Raffaelli M., Ginanni M., Lulli L., Fontanelli M., Frascioni C. 2008: An innovative self-propelled machine for soil disinfection by means of steam and substances in exothermic reaction. In: EurAgEng [Hrsg.]: International Conference on Agricultural Engineering, 23.-25.06.2008, Hersonissos, Crete, Greece, Conference Proceedings CD, 21 S.
- Rinaldi M., Erzinger S., Stark R. 2005: Treibstoffverbrauch und Emissionen von Traktoren bei landwirtschaftlichen Arbeiten. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, FAT-Schriftenreihe, 65, Ettenhausen, 92 S.
- Roberts R. A., Hughes W. E. 1939: Biological studies in the control of docks (*Rumex* spp.). *Welsh Journal of Agriculture*, 15, S. 218–237.
- Sobotik M. 2001: Verbreitung, Morphologie und Anatomie des Ampfers. 7. Alpenländisches Expertenforum - Bestandesführung und Unkrautregulierung im Grünland - Schwerpunkt Ampfer, A-8952 Irdning, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, S. 33–38.
- Thompson A. J., Jones N. E., Blair A. M. 1997: The effect of temperature on viability of imbibed weed seeds. *Annals of Applied Biology*, 130, 1, S. 123–134, Online im Internet unter: <Go to ISI>://A1997XM49600011.

DR. ROY LATSCH UND DR. JOACHIM SAUTER

EIDGENÖSSISCHES VOLKSWIRTSCHAFTSDEPARTEMENT EVD  
FORSCHUNGSANSTALT AGROSCOPE RECKENHOLZ-TÄNIKON ART  
FG AGRARTECHNISCHE SYSTEME  
TÄNIKON 1, CH-8356 ETTENHAUSEN

ROY.LATSCH@ART.ADMIN.CH

JOACHIM.SAUTER@ART.ADMIN.CH



## 5.4 Bestandespflege von Reihenkulturen mit Reihenumulchgerät

KONSTANTIN BECKER

UNIVERSITÄT GIESSEN

### Einleitung

Die bisher verfügbaren Geräte zur mechanischen Beikrautregulierung wie z. B. die Hackmaschine oder der Hackstriegel arbeiten mit ihren Werkzeugen in der Erde und lösen somit Beikraut aus dem Oberboden. Sie reißen entweder die Beikrautpflanze mitsamt ihrem Wurzelwerk heraus und legen sie an der Bodenoberfläche zum Abtrocknen ab oder sie verschütten diese mit lockerem Bodenmaterial.

Der Erfolg dieser mechanischen Beikrautbekämpfungsmaßnahmen ist sehr stark von den Beikrautarten und deren Entwicklungsstadium sowie von der Witterung abhängig. In der Literatur werden Wirkungsgrade von 40-80% angegeben, die je nach Maschinenart und Einsatzbedingungen erreicht werden können.

Neben dem teilweise niedrigen Wirkungsgrad werden als weitere Nachteile der herkömmlichen mechanischen Geräte die Schaffung eines neuen Keimbettes für die Beikräuter (LOHUIS 1990) sowie eine erhöhte Erosionsdisposition der bearbeiteten Flächen angeführt (ESTLER 1990, ESTLER und KEES 1992).

Die Technik des Reihenumulchens bietet die Möglichkeit, die Schwächen und Nachteile der bisher angewandten mechanisch-physikalischen Verfahren zu vermeiden und die aktuellen Forderungen hinsichtlich Regulierungswirkung, Bodenschutz und Erosionsminderung zu erfüllen.

### Verfahrensbeschreibung

Unter Mulchen versteht man das Abmähen oder Abschlagen der oberirdischen Biomasse, die dann gleichmäßig verteilt liegen bleibt und den Boden mehr oder weniger lange bedeckt, bis das Material verrottet und mineralisiert wird.

Ein Reihenumulchgerät ist ein speziell konzipiertes Gerät, mit dessen Hilfe der Aufwuchs zwischen den Kulturreihen abgeschlegelt werden kann. Dabei kann es sich um eine gezielte Reihenzwischenraumbegrünung (vorzugsweise verschiedene Futterleguminosen) oder um Beikraut handeln. Der Reihenumulcher mäht, ohne in den Boden einzudringen, mit horizontal rotierenden Messern einen Bewuchs zwischen den Kulturreihen oberflächennah ab, während die Kulturen selbst unbeschädigt bleiben.



**Abb. 5.4.1: Arbeitswerkzeuge eines Reihenmulchers**



**Abb. 5.4.2: Reihenmulcher im Einsatz bei 50 cm Reihenweite im frühen Stadium**

Der Reihenmulcher ist so konstruiert, dass bei einer Gesamtarbeitsbreite von drei Meter sechs Reihen mit einem Abstand von je 50 cm bearbeitet werden können. Die Arbeitsbreite einer Mäh-Mulcheinheit beträgt 32,8 cm, bzw. 22,8 cm Arbeitsbreite bei den Anschlussreihen. Bei drei Meter Arbeitsbreite werden somit 2,10 Meter bearbeitet. Das entspricht einer Fläche von 70 % der Gesamtfläche, die sicher beikrautfrei gehalten werden kann. Der Anbau erfolgt vorzugsweise in

Front, kann aber auch im Heckanbau erfolgen. Zusätzlich kann über dem Reihenmulcher ein Laubschneider angebracht werden. Dieser ermöglicht es, Beikraut, welches über die Getreidereihen hinauswächst, abzumähen. Somit können auch Disteln, Ampfer und Fuchsschwanz, die in der Getreidereihe stehen vom Reihenmulcher erfasst werden und am Aussamen gehindert werden.

## **Einsatzzeitraum Reihenmulchtechnik**

Für den Einsatz der Reihenmulchmaschine steht ein sehr großes Zeitfenster zur Verfügung. Bei Getreide bis etwa zum Beginn / Mitte des Ährenschiebens (BBCH 55).

## **Fazit und Forschungsbedarf**

Der Einsatz eines Reihenmulchers in Reihenkulturen hat bisher vor allem bei der Produktion von Qualitätsweizen Bedeutung erlangt (Becker 2007), da bei weiten Reihenabständen in der Regel höhere Qualitäten erzielt werden. Dabei konnte eine hohe Praxistauglichkeit festgestellt werden, die auch auf andere Kulturen übertragbar ist, die mit 50 cm Reihenweite angebaut werden, bspw. Sonnenblumen, Raps, etc. (Becker 2009).

Für den Anwender ist der hohe Anschaffungspreis oft ein Hinderungsgrund, das Verfahren in den Betrieb zu integrieren. Hier besteht ein Entwicklungsbedarf, beispielsweise könnten Hersteller von Scheibenmähern modifizierte Standardgeräte anbieten, welche zu einem günstigen Preis hergestellt werden können. Auch eine Entwicklung von bodengetriebenen Geräten ist denkbar.

Ziel eines Forschungsvorhabens in diesem Zusammenhang kann die Entwicklung eines an die Bedingungen des ökologischen Landbaus angepassten Anbauverfahrens sein, bei dem die Ackerfläche (bspw. Klee gras) anstelle eines Gesamtumbruches der Fläche nur streifenweise für die Folgekultur bearbeitet wird und die nicht bearbeiteten Streifen mit einem Reihenmulcher bearbeitet werden. Dies wird vor dem Hintergrund der zukünftigen Forderungen an die Landwirtschaft in Bezug auf Erosion und Bodenschonung, niedriger Energieeinsatz, Vermeidung von Nährstoffverlusten, hohe Nährstoffeffizienz etc., die auch in vermehrten Maße an eine ökologische Wirtschaftsweise gestellt werden, besondere Bedeutung erlangen.

HERR DR. KONSTANTIN BECKER

JUSTUS- LIEBIG-UNIVERSITÄT GIESSEN, PROFESSUR ORGANISCHER  
LANDBAU  
KARL-GLÖCKNER-STR. 21 C, 35394 GIESSEN

KONSTANTIN.BECKER@UNI-GIESSEN.DE



## 5.5 Weed Cutter CombCut®

ANNELI LUNDKVIST\*, THEO VERWIJST\*, HUGO WESTLIN\*\* & JONAS CARLSSON#

\* DEPARTMENT OF CROP PRODUCTION ECOLOGY, SWEDISH UNIVERSITY OF AGRICULTURAL SCIENCES

\*\*JTI – SWEDISH INSTITUTE OF AGRICULTURAL AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING

# JUSTCOMMONSENCE AB

Der Weed Cutter CombCut® wird für die mechanische Beikrautregulierung im Ackerbau entwickelt und verwendet. CombCut® durchkämmt das Feld während des Wachstums, schneidet das Beikraut heraus, das die entwickelnde Kultur behindert, ohne die Kultur zu beschädigen. (Abb. 5.5.1)

### Stadium der Beikrautentwicklung

Der Erfolg der Beikrautregulierung durch den CombCut® ist von der Beikrauthöhe und -dichte abhängig. CombCut® kann auf unterschiedliche Arbeits- bzw. Schnitt-



Abb. 5.5. 1: Weed Cutter CombCut® ist ein leichtes Gerät, das im Frontanbau betrieben wird  
Foto: Jonas Carlsson, JustCommonSence AB

höhen eingestellt werden. Die niedrigste Schnitthöhe beträgt 5 cm über dem Boden. Um die Wirkung von CombCut® in einer Höhe von 5 cm zu veranschaulichen, wurde das Höhenwachstum der Acker-Kratzdistel während der Zeit vom 9. Juni bis zum 13. Juli 2009 im Frühjahrswitzen in Zentralschweden ermittelt (Abb. 5.5. 3). Die Ergebnisse zeigen, dass bei einem Einsatz des CombCut® am 9. Juni nur 36 % der Disteltriebe beschädigt wären. 81 % bzw. 94 % des Disteltriebes werden zerstört, wenn der Cutter am 18. Juni bzw. 27. Juni eingesetzt wird.

## Arbeitsweise

Die Technologie des Cutters kann mit einem nach vorn gerichteten Kamm verglichen werden. An jedem Punkt des Kamms ist ein langes und schmales Gerät mit Messern angebracht. Die Geräte werden möglichst in die wachsende Frucht und so nah wie möglich auf den Boden abgesenkt (je nach Zustand des Saatbettes). Die dünnen und biegsamen Fruchtstände passieren die fixierten Messer des Cutters unbeschadet, während er vorwärts fährt und das Korn durchkämmt. Gleichzeitig werden die Beikräuter komplett abgeschnitten oder ernsthaft verletzt, wenn der Cutter mit ca. 10 km/h weiter vorwärts fährt. Durch die physikalischen Unterschiede zwischen Frucht und Beikraut werden Beikräuter vernichtet und das Getreide bleibt unversehrt.

Am Anfang der Entwicklung der Kulturpflanzen kann der CombCut® mit aggress-



**Abb. 5.5.2: Weed Cutter CombCut®, eine Erfindung aus Schweden im Einsatz**

Foto: Jonas Carlsson, JustCommonSense AB

siven Einstellungen im Getreidefeld verwendet werden. Das Gerät kann bis zum Ausbilden von festem Stroh genutzt werden, aber mit weniger aggressiven Messersätzen. So entsteht weniger Schaden an den Fruchtständen des Getreides, aber natürlich auch weniger Schaden am Beikraut. Der Einsatz des CombCut® zu einem späteren Entwicklungsstadium kann zur Beschädigung der Ernte und zu weniger

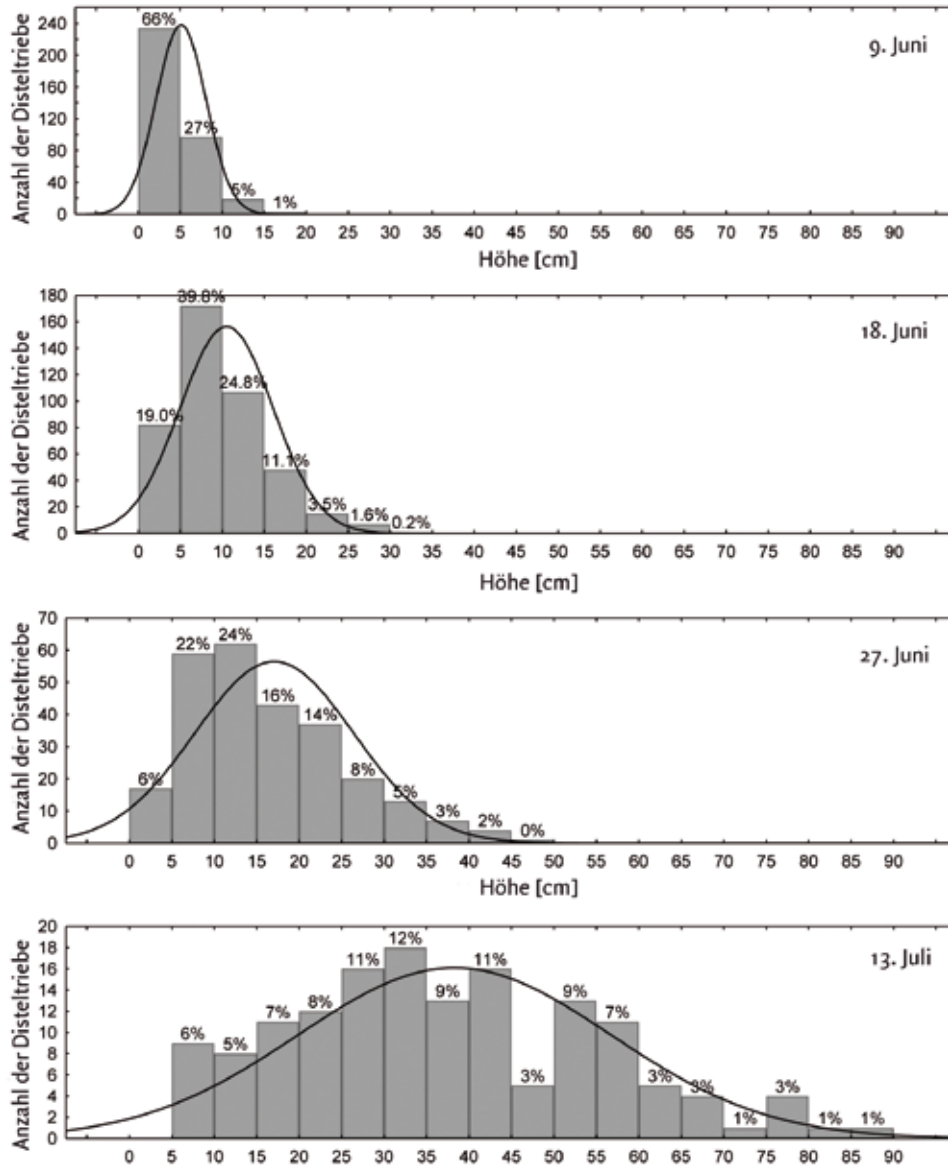


Abb. 5.5.3: Verteilung der Länge von Disteltrieben in einem Sommerweizenfeld, am 9. Juni, 18. Juni, 27. Juni und 13. Juli 2009 in Mittelschweden (Lundkvist et al., 2010)

Ertrag führen. Bei sehr hohem Beikrautpflanzen, welche über die Kultur hinaus gewachsen sind, kann der Cutter über der Kultur eingesetzt werden und dadurch die Samenproduktion des Beikrautes reduzieren.

## Einstellungen an der Maschine

Die Fahrhöhe ist proportional zur operativen Schnitthöhe und kann durch Fixierung der Hebevorrückung am Traktor oder durch Anpassung der Stützräder am Cutter eingestellt werden. Messer und Gegenmesser bilden einen Durchlass, durch welchen die Vegetation hindurch muss. Um diesen Durchlass unbeschadet passieren zu können, muss die Vegetation dünn und/oder flexibel sein, um sich durch den vorgegebenen Raum biegen zu können. Die Entfernung und der Winkel der Messer zum Gegenmesser ist so eingestellt, dass die Beikrautpflanze erfasst und abgeschnitten wird, wenn die Beikräuter größer und im Durchmesser stärker sind als die Kulturpflanze. Biegsamere Pflanzen können den Raum unbeschadet passieren.



**Abb. 5.5.4:** Der Cutter kann mit einem nach vorne gerichteten Kamm mit Messern verglichen werden. Die dünnen, biegsamen Getreidehalme passieren die fixierten Messer unbeschadet. Die steifen, dicken Beikrautstängel werden abgeschnitten. Foto: Jonas Carlsson, JustCommonSense AB

### Einstellung des Abstands der Messer und Gegenmesser im Bezug zur Fahrrichtung

Die Einstellung der Messerwinkel im Cutter beeinflusst maßgeblich die Kontrollwirkung. Ein erhöhter Messerwinkel in Fahrrichtung ergibt eine aggressive Wirkung auf Beikraut und Kultur, während eine geradere Stellung des Cutters mit kleineren Messerwinkeln schwächere Controllergebnisse aufweist. Die Messereinstellung interagiert mit dem Abstand jeden Messers zum stumpfen Gegenmesser. Ein wirklich massiver Schneideffekt kann durch die Minimierung des Ab-



## Informationen zum CombCut

### Besonderheiten

CombCut ist ein leichtes Gerät, das auch von kleineren Traktoren gezogen werden kann. Er verbraucht auf Grund seiner Leichtigkeit wenig Energie. Der Hauptvorteil des Cutters liegt darin, dass er das Zeitfenster für die mechanische Beikrautregulierung vergrößert und selektiv arbeitet. Er kann Beikräuter gezielt bekämpfen, ohne die Kultur zu beschädigen.

### Zeitpunkt des Einsatzes

Der Einsatz zur Beikrautregulierung ist ab dem Zeitpunkt möglich, ab dem die Beikräuter die Mindestschritthöhe des Cutters erreicht haben. Diese liegt bei etwa 5 cm oberhalb des Bodens. Ein Einsatz im Getreide ist bis zur Strohbildung möglich. Später im Jahreslauf kann der Cutter eingesetzt werden, um Blumen- und Samenkapseln oberhalb des Ährenstandes zu entfernen und den Samenausstoß auf dem Feld zu verringern.

### Steine und Schäden

Die Wirkung des Cutters wird kaum von Steinen beeinflusst. Jeder Klingenhalter ist mit einem Federsystem ausgestattet. So werden die Klingen vor Steinen oder kleinen Felsstücken geschützt. Um Korrosion durch Feuchtigkeit, Niederschlag und Pflanzensaft zu vermeiden, sollten die Messer regelmäßig gereinigt, geölt und gefettet werden.

### Auswirkungen auf die Bodenstruktur und Mineralisierung

Die Maschine hat ein geringes Gewicht, rollt auf Rädern und gräbt sich nicht in den Boden. Folglich ist der Einfluss auf die Bodenstruktur mit einem normalen Traktoreinsatz vergleichbar. Das Saatbett sollte so eben wie nur möglich sein. Schnittgut bleibt auf dem Feld. Je nach Menge des abgeschnittenen Materials, kann ein Mulcheffekt erzielt werden und dadurch eventuell die Nährstoffverfügbarkeit für die Kultur erhöht werden.

### Output (Flächenleistung/Stunde)

Der Cutter ist in 6 und 8 Meter Arbeitsbreiten erhältlich. Bei einer Fahrgeschwindigkeit um 10 km/h kann eine theoretisch max. Leistung von 6-8 ha in der Stunde erreicht werden, abhängig von Feldform und Größe.

standes der Messer zum Messerbalken erreicht werden, während der Winkel der Messer in Bezug zur Fahrtrichtung beibehalten wird.

### **Geschwindigkeit und Höhe der Bürstenrolle:**

Die Bürstenrolle fördert das geschnittene Material, aber auch die Vegetation durch den Cutter. Die Geschwindigkeit ist der Dichte des Kulturstandes anzupassen. Bei dichterem Pflanzenstand ist eine höhere Geschwindigkeit notwendig, damit die Bürste das geschnittene Material abtransportiert. Die Höheneinstellung der Bürste kann nach jedem Abschnitt angepasst werden. Der Abstand zwischen den Messern und der Bürste sollte so gering wie möglich sein, jedoch dürfen die Messer die Bürste nicht berühren.

Die Fahrgeschwindigkeit des Schleppers beeinflusst wie schnell die Vegetation und auch das Beikraut durch den Cutter geführt werden. Bei höherer Fahrgeschwindigkeit bewegt sich die Vegetation schneller durch die Maschine und die Messer erfassen einen größeren Anteil der Pflanzen. Die Fahrgeschwindigkeit muss jedoch der Bürste angepasst werden, um die Kultur und das abgeschnittene Beikraut abtransportieren zu können. In den Versuchen hat sich gezeigt, dass eine optimale Fahrgeschwindigkeit bei 10 km/h liegt.

### **Bisherige Erfahrungen in der Praxis**

Die ersten Einsätze von CombCut® wurden bei Sommer- und Wintergetreide erfolgreich getestet. Ein neues Projekt prüft weitere Anwendungsmöglichkeiten bei der Produktion von Gras- und Kleesaatgut. CombCut® will die Saatgutqualität verbessern, in dem die Ausbreitung von Beikräutern während der Saatgutproduktion verhindert wird.

### **Weiterführende Links**

Weiterführende Links zum Einsatz und zur Wirkungsweise des „weed cutter“ im Anhang.

Frau Dr. Anneli Lundkvist

Department of Crop Production Ecology, Swedish University of  
Agricultural Sciences  
Box 7043, S - 75007, Uppsala

anneli.lundkvist@slu.se  
www.slu.se/ograsbiologi





# 6. Ausblick und aktuelle Forschungsfragen

OLIVER HENSEL

UNIVERSITÄT KASSEL, FACHGEBIET AGRARTECHNIK

In den letzten Jahren sind sowohl in der Praxis als auch in der Wissenschaft eine Vielzahl von Untersuchungen zu landtechnischen Fragen der Unkrautregulierung durchgeführt worden, nicht zuletzt vor dem Hintergrund der steigenden Bedeutung des ökologischen Landbaus. Dank der Förderung durch das BÖLN – Programm ist es nun gelungen, eine Vielzahl von wichtigen Akteuren zu einem gemeinsamen Fachgespräch zusammenzubringen, die Ergebnisse dieses Treffens hier nun zusammenzustellen und damit den Wissensaustausch zu ermöglichen. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund zu sehen, dass es sich bei der Beikrautregulierung um einen komplexen Prozess handelt, dessen erfolgreiche Umsetzung u.a. stark von den örtlichen und zeitlichen Gegebenheiten abhängt und großes fachliches Wissen und langjährige Erfahrung erfordert. Gerade dieses unterscheidet die Fragestellung der Unkrautregulierungstechnik von anderen Maschineneinsätzen wie beispielsweise bei der Körnerfruchternte oder in der Grünlandtechnik, bei denen betriebindividuell nur sehr geringe Einstellarbeiten notwendig sind bzw. diese bereits geräteseitig automatisiert vorgenommen werden kann.

Es wurde deutlich, dass auch zukünftig noch weitere Anstrengungen notwendig sind, der Landwirtschaft ein breites Spektrum an technischen Möglichkeiten der Beikrautregulierung zur Verfügung zu stellen. So bestand Einigkeit darüber, dass die bisherigen Arbeiten weitergeführt werden müssen und etliche landtechnische Probleme bislang immer noch ungelöst sind. Aus den zahlreichen Diskussionen während und nach dem Fachgespräch haben sich einige Fragestellungen herauskristallisiert, deren zeitnahe Beantwortung als wesentlich für die Förderung des Ökolandbaus angesehen wurden und die in zukünftigen Ausschreibungen des BÖLN – Programms baldmöglichst Berücksichtigung finden sollten:

### **Detaillierte Angaben zur Geräteeinstellung**

Insgesamt wurde herausgestellt, dass technische Themen in bisherigen Ausschreibungen eher an untergeordneter Stelle zu finden waren. So ist das landtechnische Wissen oft nur punktuell auf engagierten Betrieben vorhanden, der Austausch erfolgt so nur zögerlich. Es wurde besonders bemängelt, dass die meist kleinen Hersteller entsprechender Geräte keine ausführlichen Einstellanleitungen mit ihren Geräten ausliefern, sondern sich oft wenn überhaupt nur auf die gesetzlich vorgeschriebenen allgemeinen Betriebshandbücher beschränken. Da der erfolgreiche Einsatz der Technik gerade in der Beikrautregulierung sehr viel Fingerspitzengefühl und Erfahrung erfordert, wäre ein wesentlicher Fortschritt besonders für neu einsteigende Betriebe in der Unterstützung bei den Details der Feldeinstellung zu sehen. Dies könnte in Form von Einstell-Merkblättern, einer Broschüre, eines Lehrfilms oder durch workshops / Fortbildungen erreichbar sein. Hier ist mit sehr geringem finanziellem Aufwand eine deutliche Verbesserung der momentanen Situation zu erwarten.

## **Unabhängige Maschinenprüfung**

In diesem Zusammenhang ist auch der Wunsch nach einer unabhängigen Maschinenprüfung zu sehen. Bislang arbeiten die meisten Betriebe eher isoliert, so dass jeder Anwender kostenträchtig seine eigenen Erfahrungen sammeln muss. Diese Einzelerprobung überträgt das Risiko der richtigen Maschinenauswahl vollständig auf den Landwirt. Eine Prüfstelle könnte hier wichtige Orientierungshinweise geben, wobei damit eine über die reine technische Prüfung (wie sie z.B. von der DLG in Groß-Umstadt angeboten wird) hinausgehende Hilfestellung zu verstehen ist, die auch pflanzenbauliche Fragen umfassen soll. Hier würden den Landwirten standortorientierte Hinweise auf die jeweilige Eignung der Geräte für die spezielle betriebliche Situation gegeben, die dann die richtige Wahl der Mechanisierung ermöglicht. Eine solche Prüfstelle sollte in Form einer Kooperation eines erfahrenen Pflanzenbauinstitutes mit einer agrartechnischen Einrichtung gestaltet werden, die unabhängig von Herstellerinteressen agieren kann – dies wäre eine typische Aufgabe für ein staatlich gefördertes Vorhaben.

## **Fortschritte in der Robotik**

Diskutiert wurde auch die Frage der zukünftigen Verbreitung des Robotereinsatzes und weitergehender Automatisierungen zur Fahrerentlastung und Erhöhung der Arbeitsqualität. Einigkeit bestand, dass der Einsatz dieser Techniken wünschenswert sei, eine nennenswerte Verbreitung aber wohl eher erst mittelfristig zu erwarten ist. Entsprechend sollten diese Arbeiten, die ja bislang auch von anderen Drittmittelgebern vielfach gefördert wurden und werden, durchaus weitergeführt werden, eine schnelle Praxiseinführung sei jedoch nicht zu erwarten.

## **Forschungsbedarf bei Arbeitsplatzgestaltung und Ergonomie**

Ein ganz wichtiger und aktueller, jedoch stark vernachlässigter Punkt wurde im Bereich der Arbeitsplatzgestaltung / Ergonomie gesehen. Trotz neu entwickelter Geräte nimmt die Handarbeit immer noch einen wesentlichen Teil des Arbeitsaufwandes und damit auch der Kosten ein. Im Feldgemüsebau und besonders in Gartenbau sind 100 aufgewendete Handarbeitstunden pro Hektar für das Nachjäten die Regel, oft fällt diese Zahl noch deutlich höher aus. Die eingesetzten Geräte wie Handhacken sind dabei technisch sehr einfach gehalten, obwohl beispielsweise von Industriearbeitsplätzen bekannt ist, dass bereits durch einfache Verbesserung der Formgebung / Individualisierung der Baugröße u.ä. deutliche Vorteile erreicht werden können. So sind beispielsweise die eingesetzten Geräte regional durchaus verschieden, wobei die jeweiligen Auswirkungen auf Arbeitsqualität, Zeitbedarf und körperliche Belastung kaum bekannt sind. Ein gutes Beispiel sind



**Abb. 6.1: Jäteflieger im Einsatz**

Handhacken, die in einigen Regionen als Ausführung mit schiebender Bewegung („Schuffel“) verwendet werden, in anderen aber als solche, die zum Bediener hingezogen werden (klassische Hacken). Selbst triviale Dinge wie die Länge des Gerätes oder ein Griff am Stielende zur Erhöhung der aufbringbaren Kraft werden selten systematisch berücksichtigt, obwohl die Auswirkungen auf die Funktion erheblich sind. Die tatsächlich notwendigen technischen Änderungen eines ergonomisch optimierten Gerätes sind minimal und stehen in keiner Relation zu den bei Handarbeit entstehenden Personalkosten. Hier ist einzig das Wissen um die richtige Gestaltung des Werkzeuges vonnöten. So kann mit geringem finanziellen Aufwand nicht nur zur Körperentlastung des Personals beigetragen, sondern auch eine Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit und der -qualität erreicht werden. Ähnliches gilt auch für die vielfach in Eigenleistung erstellten einfachen Arbeitshilfen wie Jäteflieger, die fast immer hochindividuelle Selbstbaulösungen darstellen und aufgrund mangelnden ergonomischen Fachwissens zu unnötigen Belastungen der Arbeitskräfte führen. So sind beispielsweise die Länge und Ausrichtung des Liegeplatzes, der Anstellwinkel und die Verstellmöglichkeiten auf individuelle Körpermaße einfach und sehr kostengünstige in der Praxis einführbare Optimierungen, zu deren Umsetzung nur das entsprechende Fachwissen vorhanden sein muss. Für ergonomische Untersuchungen stehen heute insbesondere aus der Gestaltung von Industriearbeitsplätzen eine Vielzahl von Methoden zur Verfügung, die auch auf landwirtschaftliche Tätigkeiten übertragen werden können. Diese Arbeiten sind typische Aufgabenstellungen für Forschungsinstitute, die damit über den wissenschaftlichen Fortschritt hinaus auch hoch praxisrelevante Erkenntnisse

bereitstellen können.

Die genannten Beispiele zeigen prägnant, wie landtechnische Themen beitragen können, die Ziele des BÖLN – Programms zu unterstützen. Die gewonnenen Erkenntnisse können dabei nicht nur der Förderung des ökologischen Landbaus dienen, sondern auch wichtige Anregungen für konventionell wirtschaftende landwirtschaftliche und gartenbauliche Betriebe geben.

HERR PROF. DR. OLIVER HENSEL

UNIVERSITÄT KASSEL  
FACHBEREICH ÖKOLOGISCHE AGRARWISSENSCHAFTEN  
FACHGEBIET AGRARTECHNIK  
NORDBAHNHOFSTR. 1A, 37213 WITZENHAUSEN

AGRARTECHNIK@UNI-KASSEL.DE  
WWW.UNI-KASSEL.DE/AGRAR/AGT





# Hersteller und Bezugsadressen

Hersteller	Striegel	Scharhacken	Hackroboter	Abflammtchnik	Weitere Geräte
<b>FOBRO-KRESS GmbH</b> 71665 Vaihingen / Enz Deutschland Tel: +49 (0) 70 42 / 37 665 - 0 Fax: +49 (0) 70 42 / 37 665 - 29 info@kress-landtechnik.de www.kress-landtechnik.de	✓	✓			Hackbürste Bügelhacke Fingerhacke Flachhäufler Torsionshacke
<b>Thomas Hatzenbichler Agro-Technik GmbH</b> Fischering 2, A-9433 St. Andrä Österreich Tel: +43 (0) 4358 / 2287 Fax: +43 (0) 4358 / 2208 www.hatzenbichler.com agrotechnik@hatzenbichler.com	✓	✓			
<b>Einböck GmbH &amp; Co. KG</b> Schatzdorf 7 4751 Dorf an der Pram Österreich info@einboeck.at Tel: +43 (0)7764 / 6466 0 Fax: +43 (0)7764 / 6466 85 http://www.einboeck.at	✓	✓			Fingerhacke Rollhacke
<b>Treffler Maschinenbau</b> Paul Treffler 86554 Pöttmes-Echsheim Deutschland Tel: +49 (0) 8253 / 99 58 - 0 Fax: +49 (0) 8253 / 99 58 -70 www.Agro-Biotechnologie.de	✓				Spezial Treffler-Striegel

<b>Hersteller</b>	<b>Striegel</b>	<b>Scharhacken</b>	<b>Hackroboter</b>	<b>Abflammtchnik</b>	<b>Weitere Geräte</b>
<b>Maschinenfabrik Schmotzer GmbH</b> Rothenburger Strasse 45 91438 Bad Windsheim Deutschland Tel: +49 (0) 98 41 / 92 0 info@schmotzer.de www.schmotzer.de	✓	✓			
<b>Frato Machine Import</b> Postbus 240 6500 AE Nijmegen Niederlande Tel: +31 (0) 24 641 11 51 info@frato.nl www.frato.nl					Torsionshacke
<b>Yetter Manufacturing Inc</b> PO Box 358 109 S. McDonough Colchester, Illinois 62326 USA Tel: +1 (0) 309.776.4111 und +1 (0) 800.447.5777 Fax: +1 (0) 309.776.3222 info@yetterco.com www.yetterco.com					Sternrollhacke
<b>ANNABURGER Nutzfahrzeug GmbH</b> Torgauer Str.59 06925 Annaburg Deutschland Tel: +49(0)3538 / 57090 Fax: +49(0)3538 / 570915 info@annaburger.de www.annaburger.de/index.php?id=52					Rollstriegel (Uni-Hacke)

<b>Hersteller</b>	<b>Striegel</b>	<b>Scharhacken</b>	<b>Hackroboter</b>	<b>Abflammtchnik</b>	<b>Weitere Geräte</b>
<b>EuM AGROTEC</b> Ohmdener Straße 2 D-73271 Holzmaden Deutschland Tel: +49 (0) 70 23 / 74 43 44 Fax: +49 (0) 70 23 / 74 43 45 info@eum-agrotec.de www.eum-agrotec.de					Scheibenhacke
<b>Kongsilde Industries A/S</b> DK-4180 Sorø Dänemark Exklusiv Importeur in Deutschland: Becker Landtechnik Oberweser Am Rottland 1 34399 Oberweser Tel: +49 (0) 55 72 / 402-0 Fax +49 (0) 55 72 / 402-41 mail@becker-lt.de www.danagri.de					Rollhacke
<b>Ruthenberg - Landtechnik</b> Schlingbreite 5 33332 Gütersloh Deutschland Tel: +49 (0)5241 / 703133 Fax: +49 (0)5241 / 703332 bernd.ruthenberg@gmx.de www.ruthenberg-landtechnik.de			✓		kamera- gesteuerte Hacktechnik von der Firma Steketee

<b>Hersteller</b>	Striegel	Scharhacken	Hackroboter	Abflammtchnik	Weitere Geräte
<b>Garford Farm Machinery</b> Frognall, Deeping St James Peterborough PE6 8RR, England Tel: +44 (0) 1778 / 342642 Fax: +44 (0) 1778 / 348949 info@garford.com www.garford.com			✓		
<b>Reinert Metallbau GmbH</b> Markplatz 9 D-91746 Weidenbach Tel: +49 (0) 98 26 / 2 26 Fax: +49 (0) 98 26 / 2 80 info@reinertnet.de www.abflammtchnik.de				✓	
<b>HOAF Infrared Technology</b> Münsterstraat 14 NL-7575 ED Oldenzaal Niederlande Tel: +31 (0) 541 530 400 Fax: +31 (0) 541 530 600 sales@hoaf.nl www.hoaf.nl				✓	
<b>Envo Dan ApS</b> Industrivej Vest 54 DK-6600 Vejen Dänemark Tel: +45 (0) 75 38 39 36 Fax: +45 (0) 75 38 38 63 info@envo-dan.dk www.envodan.dk				✓	

<b>Hersteller</b>	<b>Striegel</b>	<b>Scharhacken</b>	<b>Hackroboter</b>	<b>Abflammtchnik</b>	<b>Weitere Geräte</b>
<b>JustCommonSense AB</b> Lösen 123 SE-371 94 Lyckeby Schweden Tel: +46 (0) 709 / 57 33 30 Jonas@jcs-innovation.se www.jcs-innovation.se/enghem.html					Weed cutter CombCut®
<b>Fischer Maschinenbau GmbH &amp; Co.KG</b> Niedere Klinge 16 74376 Gemmrigheim Deutschland Tel: +49 (0) 7143 / 8951-0 Fax: +49 (0) 7143 / 8951-24 info@fischer-maschinenbau.de www.fischer-maschinenbau.de					Reihenmulcher Angebot und Bau auf Anfrage
<b>Rüdiger Zobel - Stahlbau</b> Rudolf-Diesel-Straße 7 74585 Rot am See Deutschland Tel: +49 (0) 7955 / 926154 Fax: +49 (0) 7955 / 926155 zobel.stahlbau@t-online.de www.stoppelhobel.de					Stoppelhobel

# Weiterführende Links

## **Weiterführende Links zum Beitrag „Mechanische Beikrautregulierung – Bodenbelastung im Bereich der Fahrgassen“ (Seite 35):**

### **Reifenbefüll- und Entleer-Set:**

Airbooster:

[http://www.ptg.info/Pages\\_DE/03Produkte\\_Frame.html](http://www.ptg.info/Pages_DE/03Produkte_Frame.html) oder

<http://www.grasdorf-rad.eu/html/2008/zubehoer-airbooster.html> oder

<http://www.steuertechnik-stg.de/index.php?titel=Traktionsbox>

Continental: <http://www.cgs-tyres.com/continental/> > Media > Produktkatalog

Fulda: <http://www.fulda.com/> > Reifen > Farm-Reifen > Farm-Reifenhandbuch

Goodyear: <http://eu.goodyear.com>

Kleber: <http://www.kleber-reifen.de/> > Landwirtschaftsreifen

Michelin: <http://www.michelin.de> > Landwirtschaftsreifen

Trelleborg: [http://www.trelleborg.com/de/wheelsystems/DE/Technisch\\_Daten/Technischer\\_Ratgeber\\_fur\\_Landwirtschaftsreifen/](http://www.trelleborg.com/de/wheelsystems/DE/Technisch_Daten/Technischer_Ratgeber_fur_Landwirtschaftsreifen/)

## **Weiterführende Links zum Beitrag „Weed Cutter CombCut®“ (Seite 269):**

Web: <http://www.jcs-innovation.se/enghem.html>

Youtube: [http://www.youtube.com/watch?v=8ygMV\\_xHRKo](http://www.youtube.com/watch?v=8ygMV_xHRKo)

