

# Status-Quo-Analyse zur Unkrautregulierung im ökologischen Arznei- und Gewürzpflanzenanbau in Bayern

## Übersicht über die Geräte und Verfahren zur nicht-chemischen Unkrautregulierung

Projektteam:	Dr. Harald Schmidt, Ökoplant e.V. Hanna Blum, Ökoplant e.V. Dr. Zoltan Gobor, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft Dr. Christine Holzapfel, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft Dr. Heidi Heuberger, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Projektförderung:	Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten (StMELF) finanziert, Förderkennzeichen A/13/36
Laufzeit:	1.11.2013-31.12.2014

Zusammenstellung basierend auf Informationen von Herstellern, Beratungsunterlagen und Internet.

Kein Anspruch auf Vollständigkeit und Richtigkeit.

Stand: 09.09.2014

## Striegel - flächige Unkrautregulierung

<b>Gerätebeschreibung</b>	gezogenes Arbeitsgerät mit Striegelzinken; verschiedene Arbeitsbreiten, auch als einzelnes Striegelfeld mit 1,5 m Breite
<b>Arbeitsweise</b>	Rundstahlzinken durchkämmen versetzt im Abstand von ca. 2 cm den Boden und ziehen Unkräuter heraus/verschütten diese
<b>Hersteller</b>	z.B. Hatzenbichler (A), Treffler, Einböck (A), APV (A), Carré (F)
<b>Preis</b>	ca. 800-1.000 € pro m Arbeitsbreite
<b>Kombination mit anderen Werkzeugen</b>	sehr gute Wirkung: Fingerhacke im Zwischenachs- und Striegel im Heckanbau
<b>Arbeitstiefe, -geschwindigkeit</b>	möglichst flach, um keine neuen Samen in Keimposition zu bringen; ca. 3-4 km/h (je schneller, desto aggressiver; zu schnell => Kulturpflanzen brechen)
<b>Einstellungen</b>	richtige Einstellung kann viel Zeit in Anspruch nehmen; variabel über Arbeitstiefe, Fahrgeschwindigkeit, Anstellwinkel der Zinken; Grundeinstellung: größter Federweg, Arbeitstiefe jedes Zinken 2-3 cm, erste Geschwindigkeit 2 km/h; Zinken notfalls „hochbinden“ => Ergebniskontrolle, ggf. Arbeitstiefe erhöhen (für bessere Unkrautregulierung), bei gutem Ergebnis Geschwindigkeit steigern (für geringere Arbeitszeit); 1. Durchgang: flach einstellen (nicht aggressiv)
<b>Einsatzbereich</b>	Porree, Zwiebeln, Möhren, Sellerie, Rote Bete, Spinat, Bohnen, Erbsen, Zuckermais, Kohlarten im frühen Stadium; robuste Kulturen!
<b>optimales Unkrautstadium</b>	optimal: Fädchen- bis Keimblattstadium
<b>optimale Größe der Kulturpflanzen</b>	fest verwurzelt (i.d.R. ab Vierblattstadium) oder tief genug gepflanzt, noch kein großes Blattwerk, das empfindlich auf Schäden reagiert (Kulturen, die tief in Speedys gepflanzt werden: ab 1 Woche nach Pflanzung)
<b>Boden</b>	gut: lockere, leichte bis mittelschwere Böden ohne große Schollen und Grasbüschel; auf verkrusteten Böden nur bei harter Einstellung wirkungsvoll; nicht zu feucht, sonst setzt sich Erde an Zinken fest (bereits Morgentau kann Wirkung reduzieren)
<b>Neuheiten/Vorteile</b>	neu: hydraulische Verstellung des Anstellwinkels
<b>Wirksamkeit und Kulturschäden</b>	Wirksamkeit selten >70%, Verluste 5-10%; optimales Striegeln an der Grenze zur Kulturverträglichkeit (Pflanzenverluste! Evtl. im Vorfeld Pflanzenzahl um 2-5% erhöhen zur Kompensation)
<b>Einschränkungen und Nachteile</b>	keine anhaltende Wirkung; schlechte Wirkung gegen Gräser und Wurzelunkräuter

## Präzisionszinkenstriegel - flächige Unkrautregulierung

<b>Gerätebeschreibung</b>	Striegel mit patentierter Zinkenaufhängung
<b>Arbeitsweise</b>	flachwurzelnende Unkräuter werden aus dem Boden gerissen und vertrocknen; Wachstumshemmung von tiefwurzelnendem Unkraut durch Verschütten
<b>Hersteller</b>	Treffler
<b>Preis</b>	ca. 2.000 € pro m Arbeitsbreite
<b>Arbeitstiefe, - geschwindigkeit</b>	1-3 cm (exakte Tiefenführung); 3-12 km/h
<b>Einstellungen</b>	über Vorspannung der Zugfeder einstellbar, extrem großer Verstellbereich des Zinkendrucks
<b>Einsatzbereich</b>	hohe und niedrige Kulturen, z.B. Getreide, Mais, Kartoffeln, Grünland, Gemüse etc., auch auf Dämmen
<b>optimales Unkrautstadium</b>	optimal: Fädchen- bis Keimblattstadium
<b>optimale Größe der Kulturpflanzen</b>	Einsatz schon früher möglich als mit herkömmlichem Striegel
<b>Boden</b>	effektiver Ausgleich von Bodenunebenheiten
<b>Neuheiten/Vorteile</b>	sehr gute Bodenanpassung (auch Dämme!), geringes seitliches Ausweichen, Zinkendruck zentral und stufenlos einstellbar bei weitem Verstellbereich
<b>Wirksamkeit und Kulturschäden</b>	bei richtiger Einstellung sehr gute Wirksamkeit bei geringen Kulturschäden
<b>Einschränkungen und Nachteile</b>	erhöhter technischer Aufwand

weitere Striegel:

<b>Rotorstriegel</b>	ähnlich Heuschwader, ursprünglich für Baumschulbereich, z.B. Hatzenbichler (A), Egedal (Dk): auch bei stark verkrusteten Böden
<b>Querstriegel</b>	ähnlich Bandrechen, ursprünglich für Baumschulbereich, z.B. Egedal (Dk)
<b>Reihenstriegel</b>	intensives Querstriegeln der Kulturpflanzenreihen, z.B. Christiaens (NL)

## **Annaburger Unihacke - flächige Unkrautregulierung**

<b>Gerätebeschreibung</b>	Hackmesser-Rollstriegel-Kombination: gefederte Hackschare arbeiten zwischen den Reihen, passiv schräg auf der Pflanzenreihe abrollender Rollstriegel mit Anstellwinkel von 30° in der Reihe; Frontanbau; einfach, effektiv, bauleicht, robust
<b>Arbeitsweise</b>	v.a. Verschütten, z.T. Rausreißen; zusätzlich Bodenlockerung
<b>Hersteller</b>	Annaburger Nutzfahrzeug GmbH
<b>Arbeitsgeschwindigkeit</b>	4-12 km/h
<b>Einstellungen</b>	variabel über Zinkenzahl, Rotordurchmesser, Fahrgeschwindigkeit und Anstellwinkel
<b>Einsatzbereich</b>	universell einsetzbar, z.B. in Baldrian, Fenchel, Kamille, Kümmel, Majoran, Thymian, Zitronenmelisse, ab Reihenweite 18 cm; störungsfrei bis zu 40 cm Strohmulchauflage
<b>optimales Unkrautstadium</b>	keine Altverunkrautung
<b>optimale Größe der Kulturpflanzen</b>	viele Wachstumsstadien
<b>Boden</b>	auch bei stark verkrusteten Böden; gute Boden Anpassung durch gefederte Teleskope
<b>Neuheiten/Vorteile</b>	bei ausreichender Unkrautwirkung z.T. erhebliche ökonomische Vorteile durch hohe Fahrgeschwindigkeiten v.a. bei größeren Arbeitsbreiten; kein Verstopfen durch Mulchmaterial
<b>Wirksamkeit und Kulturschäden</b>	gute Wirksamkeit, intensiver als Flächenstriegel
<b>Einschränkungen und Nachteile</b>	Pflanzenschäden bei Kulturen wie Majoran (kleinwüchsig, flachwurzelnd, in enger Bestockung)

## **Rotor-/Sternhacke, System Yetter - flächige Unkrautregulierung**

<b>Gerätebeschreibung</b>	gezogen-abrollende Rollhacke (bodenangetrieben) mit versetzt hintereinander angeordneten Hacksternen aus Metall (mit löffelartigen Spitzen) und flexibler Federung; rotierende Sternräder arbeiten in Fahrtrichtung; Heckanbau
<b>Arbeitsweise</b>	ganzflächiges und reihenunabhängiges Entwurzeln und v.a. Verschütten der Unkräuter im frühen Stadium, auch in eng gesäten Beständen; durch das Schrägstellen der Sterne: wühlende Arbeitsweise, die An- oder Weghäufeln ermöglicht (Hacksterne nach innen: Anhäufeln, Hacksterne nach außen: Weghäufeln)
<b>Hersteller</b>	Yetter (USA), Carré (F), Einböck (A)
<b>Preis</b>	ca. 10.500 € netto/5,6 m
<b>Kombination mit anderen Werkzeugen</b>	gute Ergänzung zum Zinkenstriegel
<b>Arbeitstiefe, -geschwindigkeit</b>	max. 1,5 cm, ca. 15 km/h (langsam: auch zur Bodenbearbeitung)
<b>Einstellungen</b>	variabel über Zinkenzahl, Rotordurchmesser, Fahrgeschwindigkeit, Anstellwinkel
<b>Einsatzbereich</b>	alle Reihenkulturen ab Reihenabstand >40 cm, auch für Bearbeitung auf Dämmen; Gemüse, Zuckerrüben, Raps, Mais, Leguminosen, Getreide bis ca. 35 cm; v.a. schwere Böden
<b>optimales Unkrautstadium</b>	Fädchen- bis Keimblattstadium
<b>optimale Größe der Kulturpflanzen</b>	viele Kulturstadien (bis Durchfahrt zu große Schäden anrichtet)
<b>Boden</b>	sehr früher Einsatz nach Niederschlägen möglich; steinige Böden: Steine klemmen zwischen Sternen fest oder zerstören Kulturpflanzen
<b>Neuheiten/Vorteile</b>	gute Krümelung des Bodens bis ca. 5 cm; geringe Verstopfungsgefahr auch bei größeren Unkräutern; arbeitet auch bei Mulchauflage; Bodendurchlüftung, Krustenbrechen, Förderung der Jugendentwicklung im Frühjahr; sehr hohe Arbeitsgeschwindigkeiten; gute Bodenadaptation durch weiche Federn
<b>Wirksamkeit und Kulturschäden</b>	kleine Unkräuter (bis Keimblattstadium) werden gut, größere schlecht erfasst, Zeitpunkt entscheidend; doppelte Überfahrt (in entgegengesetzter Richtung) zur besseren Wirkung empfohlen; Kulturschäden geringer als bei Striegel, gut verträglich
<b>Einschränkungen und Nachteile</b>	verschleißanfällig, wenige Einstellmöglichkeiten, hoher Aufwand für Umstellung; wenig Wirkung gegen größere Gräser, Hirsen, Wurzelunkräuter; das Gerät bewegt viel Erde und bringt neue Samen in Keimposition (bei Langzeitkulturen nicht zu früh einsetzen)

## Abflammgerät - thermische Unkrautregulierung

<b>Gerätebeschreibung</b>	entweder offener Brenner, deren Flamme direkt über Boden streicht oder indirekte Wärmestrahlung (Infrarotfrequenz strahlt zum Boden, geringerer Energieverbrauch) oder Kombination; Abdeckung über dem Brenner zur Reduzierung des Energieverbrauchs und Sicherstellung der Bearbeitung bei Wind; flächig oder als Reihenabflammgerät mit reduziertem Energieverbrauch
<b>Arbeitsweise</b>	Erwärmung der Pflanzenzellen => Gerinnung der Proteine in den Zellen der Unkräuter/Platzen der Zellwände
<b>Hersteller</b>	z.B. Reinert (Vertrieb über K.U.L.T.), Hoaf (NL), EnvoDan (Dk), Carré (F)
<b>Preis</b>	ca. 20.000 € pro 3 m Arbeitsbreite; Gaskosten bei Neugerät ca. 85 €/ha, bei Altgeräten deutlich mehr
<b>Arbeitsgeschwindigkeit</b>	1-6 km/h (variiert stark mit Unkrautdicke und Artenzusammensetzung); offene Flamme: schnellere Wirkung => höhere Geschwindigkeiten; Infrarot: langsamer
<b>Einstellungen</b>	variabel durch Wahl des Gasdrucks und der Vorfahrtgeschwindigkeit sowie Höhe und Winkel des Brenners
<b>Einsatzbereich</b>	im Voraufbau v.a. bei langsam keimenden konkurrenzschwachen Kulturen, im Nachaufbau bei einkeimblättrigen Arten wie Zwiebel, Lauch, Zuckermais; Standard bei Möhren und Zwiebeln; nur Abflammen, wenn wirklich Unkraut vorhanden!
<b>optimales Unkrautstadium</b>	Keimblatt- bis Zweiblattstadium, Samenunkräuter bis Vierblattstadium; evtl. bei Trockenheit leicht bewässern, um Keimung der Unkräuter anzuregen
<b>optimale Größe der Kulturpflanzen</b>	zur Bestimmung des optimalen Zeitpunkts evtl. kleine Fläche mit Vlies abdecken; sobald dort erste Keimlinge der Kultur sichtbar: ganzes Feld kontrollieren und dort abflammen, wo Kultur kurz vor Auflaufen; im Nachaufbau nur bei einkeimblättrigen Arten
<b>Boden</b>	hohe Anforderungen an Saat-/Pflanzbett (feines Saatbett => kein Hitzeschatten)
<b>Wirksamkeit und Kulturschäden</b>	bei idealen Bedingungen Wirkung bis 100%; Überprüfung der Wirksamkeit anhand "Fingerprobe" möglich (behandeltes Blatt wird leicht mit Daumen und Zeigefinger gedrückt, bei erfolgreicher Behandlung erscheint Druckstelle dunkelgrün); neu: Verwendung von Thermoplasten als Indikatormaterial (=> Formveränderung)
<b>Einschränkungen und Nachteile</b>	geringe Selektivität, hoher Energieverbrauch (50-100 kg Gas/ha) und CO <sub>2</sub> -Ausstoß; bei Flüssiggas: Risiko von Verpuffungen, Handhabungsfehlern, Explosion; Auflagen für Lagerung und Transport; keine ausreichende Wirkung gegen Wurzelunkräuter, hitzetolerante und einkeimblättrige Unkräuter und Unkräuter im Wärmeschatten (größere Schollen oder Steine); Wassertropfen auf Pflanzen verzögern Hitzewirkung; Begrenzung durch zeitlich punktuellen Einsatz

## **CulitClean** - thermische und mechanische Unkrautregulierung

<b>Gerätebeschreibung</b>	Kombination mechanischer und thermischer Unkrautregulierung: 2 gegenläufig drehende Rotoren und Gasbrenner (2.000 kW) dahinter; Arbeitsbreiten 150/180 cm
<b>Arbeitsweise</b>	2 gegenläufige Fräsrotoren befördern 4-5 cm dicke Erdschicht durch sehr heiße Gasflamme; neu: Einbau eines Ventilators => Verlängerung der Flammen => Verbesserung der Behandlung, Verminderung der Windanfälligkeit
<b>Hersteller</b>	Hoaf (NL)/Struik (NL)
<b>Arbeitstiefe, - geschwindigkeit</b>	elektronische Regelung auf exakt 4-5 cm Tiefe; ca. 300-600 m/h; je schwerer und feuchter der Boden, desto langsamer muss gefahren werden
<b>Einstellungen</b>	stufenlose Regelung der Gasmenge
<b>Einsatzbereich</b>	Säukulturen mit hohen Ansprüchen an die Unkrautregulierung und hoher Wertschöpfung
<b>Boden</b>	relativ empfindlich auf Steinbesatz; passt sich auf Kufen an den Boden an
<b>Neuheiten/Vorteile</b>	hinterlässt feinkrümeliges, unkraut- und nematodenfreies Beet in 1 Überfahrt
<b>Wirksamkeit und Kulturschäden</b>	sehr gute Unkrautwirkung bei entsprechenden Fahrgeschwindigkeiten
<b>Einschränkungen und Nachteile</b>	unbefriedigend bei auch in tieferen Bodenschichten keimenden Unkräutern (z.B. Amaranth)

## Scharhacke - Unkrautregulierung zwischen den Reihen

<b>Gerätebeschreibung</b>	Hackelement (Gänsefußschar, Winkelmesser etc.); spezielle Dammhackgeräte mit Führungsrollen entlang dem Damm erhältlich (z.B. Rumpstad-Dammform- und Hackgerät)
<b>Arbeitsweise</b>	Aushacken und Verschütten von Unkräutern zwischen den Reihen und Häufeleffekt in der Reihe; Häufeleffekt v.a. mit schräg gestellten Gänsefußscharen und Geschwindigkeit > 3 km/h oder mit Häufelkörper
<b>Hersteller</b>	diverse
<b>Preis</b>	vergleichsweise günstig
<b>Kombination mit anderen Werkzeugen</b>	Fingerhacke, Torsionshacke, Häufler (Schar-/Scheibenhäufler), Krümmler
<b>Arbeitstiefe, -geschwindigkeit</b>	optimal: ca. 2-3 cm; 3-5 km/h
<b>Einstellungen</b>	Messer müssen scharf sein (regelmäßig schärfen!); leichte Böden: weniger Druck über Parallelogramm ausüben; Federspannung muss Bodenstruktur angepasst werden
<b>Einsatzbereich</b>	alle Reihenkulturen (Reihenabstand 15-75 cm)
<b>optimales Unkrautstadium</b>	gute Wirkung auch gegen größere, fest verwurzelte Unkräuter und Gräser
<b>optimale Größe der Kulturpflanzen</b>	mit Hohlscheiben ab Keimblattstadium, ansonsten bis Durchfahrt Schäden an Kultur anrichtet
<b>Boden</b>	Boden darf nicht feucht sein (Wirkung ungenügend, sobald er am Schar klebt); bei schweren, trockenen Böden: Oberlenker verkürzen oder Parallelogramm erhöhen, damit die Schare besser in den Boden eindringen können; bei verkrustetem Boden: Schutzscheiben und Krustenbrecher montieren; relativ tolerant gegenüber Steinen und Schollen (wenn Kultur mit Hohlscheiben oder Tunnel geschützt)
<b>Neuheiten/Vorteile</b>	auch bei Wurzelunkräutern und verschlammten/verfestigten Böden; Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit und präziseres Arbeiten mit optoelektronischer Steuerung möglich
<b>Wirksamkeit und Kulturschäden</b>	bei zu schnellem Fahren v.a. bei gesäten Kulturen: Kulturschäden durch Anhäufeln
<b>Einschränkungen und Nachteile</b>	Krümmlung des Bodens nicht immer ausreichend; ohne Schutzscheiben besteht bei frisch aufgelaufenen Sämereien die Gefahr, dass Sämlinge verschüttet werden; bei Feinsämereien Sicherheitsabstand zur Reihe einhalten (ca. 5 cm)

## Gänsefußschar

<b>Bemerkung</b>	in Verbindung mit Hackschutzrollen für kleinere Pflanzen einsetzbar; für exakten Schnitt müssen Schare mind. 6 cm überlappen (bei abgenutzten Scharen ist Überlappung deutlich reduziert); > 3 km/h leichter Häufeleffekt (zusätzlich kann Schar leicht nach vorne geneigt werden); kombinierbar mit Häufelblech
<b>Vorteile</b>	gute/großflächige Mischung des Bodens, exakter Schnitt
<b>Nachteile</b>	bei schweren/harten/trockenen Böden: Verdichtungen, Verschmierungen

## Winkelmesser

<b>Bemerkung</b>	kein Häufeleffekt
<b>Vorteile</b>	es kann relativ eng an Kulturpflanzen heran gearbeitet werden
<b>Nachteile</b>	Boden wird nicht so gut gekrümelt wie bei Gänsefußscharen => Risiko des Wiederanwachsens der Unkräuter

## Flachhäufeler

<b>Gerätebeschreibung</b>	Aufsatz auf Hackscharstiele, ca. 5 cm hoch, verstellbar, in verschiedenen Arbeitsbreiten erhältlich je nach Reihenabstand
<b>Arbeitsweise</b>	die vom vorauslaufenden Hackschar gelockerte Erde wird weggeschoben und bedeckt keimende Unkräuter
<b>Hersteller</b>	z.B. K.U.L.T., HAK (NL)
<b>Preis</b>	ca. 70 € pro Reihe
<b>Kombination mit anderen Werkzeugen</b>	Aufsatz auf Hackscharstiele
<b>Arbeitstiefe, -geschwindigkeit</b>	siehe Scharhacke
<b>Einsatzbereich</b>	Porree, Zwiebel, Möhren, Sellerie, Bohnen, Zuckermais, Rote Bete, Kohlarten im frühen Stadium; Vorsicht bei Blattdrogen
<b>optimales Unkrautstadium</b>	kaum mehr Wirkung ab Vierblattstadium (Häufelhöhe nicht ausreichend)
<b>optimale Größe der Kulturpflanzen</b>	ab Vier- bis Sechsstadium
<b>Boden</b>	v.a. auf sandigen Böden; nachteilig auf steinigen Böden
<b>Neuheiten/Vorteile</b>	preisgünstige, einfache Technik
<b>Wirksamkeit und Kulturschäden</b>	Bekämpfungserfolg relativ witterungsabhängig; gut gegen kleine bis mittlere Unkräuter; kulturschonend; erhöht Standfestigkeit der Kulturpflanzen
<b>Einschränkungen und Nachteile</b>	u.U. Zuschütten von zu kleinen Kulturpflanzen; Verschmutzung bei zu starkem Anhäufeln; Damm kann Ernte behindern

## **Bügelhacke - Unkrautregulierung zwischen den Reihen**

<b>Gerätebeschreibung</b>	2 hintereinander angeordnete Jätekörbe, die über Antriebskette miteinander verbunden sind, drehen sich zwischen den Kulturreihen in Fahrtrichtung. Der vordere bodenangetriebene Korb treibt den hinteren (sich schneller drehenden) an und bricht zudem den Boden nach unten auf. Der zweite Jätekorb krümelt und enterdet die Unkräuter.
<b>Arbeitsweise</b>	Unterschneiden und Verschütten der Unkräuter
<b>Hersteller</b>	K.U.L.T.
<b>Preis</b>	vergleichsweise günstig
<b>Arbeitstiefe, - geschwindigkeit</b>	Tiefe je nach Unkrautgröße 1-4 cm (Anpassung über Druckkraft und Fahrgeschwindigkeit), 3-12 km/h
<b>Einstellungen</b>	Variation durch Kraft, mit der Körbe auf den Boden gedrückt werden und durch Fahrgeschwindigkeit
<b>Einsatzbereich</b>	alle Reihenkulturen ab 20 cm Reihenabstand
<b>optimales Unkrautstadium</b>	kleine bis mittlere Samenunkräuter
<b>optimale Größe der Kulturpflanzen</b>	sehr frühes Hacken auch von Säkulturen möglich
<b>Boden</b>	leichte bis mittlere Böden (Druckkraft und Fahrgeschwindigkeit je nach Boden anpassen); schwere verkrustete Böden problematisch
<b>Neuheiten/Vorteile</b>	kein Seitendruck durch Werkzeugform => kein Reihenschutz nötig
<b>Wirksamkeit und Kulturschäden</b>	gut gegen kleine bis mittlere Samenunkräuter auf leichten bis mittleren Böden
<b>Einschränkungen und Nachteile</b>	nicht bei Dammanbau; mittlere und große Samenunkräuter und tief wurzelnde Wurzelunkräuter werden unzureichend bekämpft

## Reihenhackbürste - Unkrautregulierung zwischen den Reihen

<b>Gerätebeschreibung</b>	querliegende zapfwellenangetriebene Bürste mit rotierenden flexiblen Borsten und verschiedenen großen Pflanzenschutztunnels
<b>Arbeitsweise</b>	reißt Unkräuter aus und legt sie ab, in größeren Kulturen leichtes Anhäufeln möglich
<b>Hersteller</b>	z.B. FOBRO-Reihenhackbürste, Baertschi (CH)
<b>Preis</b>	vierreihig ca. 15.000 €
<b>Kombination mit anderen Werkzeugen</b>	in verhärteten Böden vorlaufendes Lockerungsschar anbringen
<b>Arbeitsgeschwindigkeit</b>	2-3 km/h
<b>Einstellungen</b>	im Lauf der Kulturentwicklung verschieden breite Schutztunnel einsetzen, um möglichst nah an der Reihe arbeiten zu können; die Bürste sollte nur wenig schneller rotieren als die Fahrgeschwindigkeit, da sonst zu viel Staub aufgewirbelt wird; höhere Drehzahl: keine bessere Wirkung, aber Borstenverschleiß und Verschlammungsrisiko nehmen zu
<b>Einsatzbereich</b>	alle Reihenkulturen, v.a. aufrecht wachsende Kulturen wie Zwiebel, Lauch; nicht möglich bei breit ausladenden Kulturen
<b>optimales Unkrautstadium</b>	bis zum Vierblattstadium
<b>optimale Grösse der Kulturpflanzen</b>	mit Schutztunnel ab Keimblattstadium; auch noch in späteren Stadien
<b>Boden</b>	nicht zu hart oder verkrustet mit geringem Stein- und Schollenanteil; zu feucht => Borsten verkleben, Wirkung stark eingeschränkt
<b>Neuheiten/Vorteile</b>	Arbeiten nah an der Reihe möglich, ohne Kulturpflanzen oder deren Wurzeln zu stören; Krümeleffekt auch bei ungünstigen Bodenverhältnissen
<b>Wirksamkeit und Kulturschäden</b>	gute Wirkung gegen kleine Samenunkräuter bei lockerem Boden
<b>Einschränkungen und Nachteile</b>	Verschlammungsgefahr bei zu hoher Drehzahl; Wirkung gegenüber größeren Unkräutern und tief wurzelnden Wurzelunkräutern nicht ausreichend; bei hohem Steinanteil können sich große Steine im Schutztunnel verklemmen und Schaden an der Kultur verursachen

## Reihenhackfräse - Unkrautregulierung zwischen den Reihen

<b>Gerätebeschreibung</b>	nebeneinander angeordnete Fräselemente, die mit gekröpften Fräsmessern ausgestattet sind; zapfwellengetrieben
<b>Arbeitsweise</b>	Fräsmesser schneiden ab, reißen aus, verschütten
<b>Hersteller</b>	diverse, z.B. Ruthenberg, Badalini (I)
<b>Preis</b>	vierreihig ca. 15.000 €
<b>Arbeitstiefe, - geschwindigkeit</b>	Tiefe abhängig von Unkrautgröße; 4-5 km/h
<b>Einstellungen</b>	Intensität variabel durch Drehzahl der Zapfwelle und Fahrgeschwindigkeit
<b>Einsatzbereich</b>	v.a. Reihenkulturen mit längerer Wachstumszeit
<b>optimales Unkrautstadium</b>	auch noch größeres Unkraut
<b>optimale Größe der Kulturpflanzen</b>	auch noch in späteren Stadien
<b>Boden</b>	auch für sehr harte, trockene oder steinige Böden
<b>Neuheiten/Vorteile</b>	als Notmaßnahme nach langen Regenperioden: nur so tief und intensiv wie nötig!
<b>Wirksamkeit und Kulturschäden</b>	allgemein gute Wirkung, aber tief wurzelnde Wurzelunkräuter werden nicht ausreichend bekämpft
<b>Einschränkungen und Nachteile</b>	große Unkräuter können sich um Fräswerkzeuge wickeln und zu Verstopfungen führen; v.a. auf leichteren Böden kann Bearbeitung so intensiv sein, dass Bodenaggregate sehr klein zerschlagen werden => Verschlammung, Erosion; Wurzelunkräuter können vermehrt werden

## **Trennhacke** - Unkrautregulierung zwischen den Reihen

<b>Gerätebeschreibung</b>	Kombination aus Hackschar und Drehstriegel (gezogen und angetrieben)
<b>Arbeitsweise</b>	Gänsefußschare unterschneiden Unkräuter und werfen Erde auf, rotierende Federzinken legen Unkräuter von Erde befreit ab; nur leichter Häufeleffekt
<b>Hersteller</b>	K.U.L.T.
<b>Arbeitstiefe, -geschwindigkeit</b>	ca. 3 cm, ca. 4-5 km/h
<b>Einstellungen</b>	Rotor-Drehzahl variabel
<b>Einsatzbereich</b>	alle Reihenkulturen
<b>optimales Unkrautstadium</b>	auch noch relativ großes Unkraut (bis ca. Achtblattstadium)
<b>optimale Größe der Kulturpflanzen</b>	mit Schutztunnel ab Keimblattstadium, bei aufrecht wachsenden Kulturen auch noch in späteren Stadien
<b>Boden</b>	bei allen Böden und Bedingungen! V.a. auf stark verkrustetem Boden und nach hohen Niederschlägen besser als Gänsefußhacke, da Schollen durch rotierende Zinken besser zerkleinert werden (Unkrautwurzeln werden enterdet => geringerer Wiederanwuchs)
<b>Neuheiten/Vorteile</b>	durch Enterdung der Wurzeln auch bei größeren Unkräutern geeignet; relativ gute Bodenanpassung (Parallelogramm); relativ tolerant gegenüber Steinen und Schollen (mit Hohlscheiben); bodenstrukturschonend; Ausweitung der witterungsbedingten Einsatzgrenzen durch zweistufige Arbeitsweise
<b>Wirksamkeit und Kulturschäden</b>	Kombination der Wirkung von Scharhacke und Hackbürste; bei größeren Kulturen durch rotierende Zinken früher Schäden als bei Verwendung einer Scharhacke; gute Wirkung auch bei schwer bekämpfbaren Ungräsern
<b>Einschränkungen und Nachteile</b>	zu dichter hoher Bestand in der Kulturreihe => Verstopfung der Schutztunnel möglich => Beschädigung der Kultur; nicht geeignet bei Dammanbau; unzureichend gegen tief wurzelnde Wurzelunkräuter

## Fingerhacke - Unkrautregulierung in der Reihe

<b>Gerätebeschreibung</b>	Hackelement mit 2 drehbar gelagerten Scheiben/Reihe mit flexiblen, fingerartigen Zinken (Kunststoff, Metall oder Bürste; verschiedene Größen und Härtegrade) zum Anbau an gängige Hackrahmen: Front-, Heck-, Zwischenachsanbau
<b>Arbeitsweise</b>	Herausziehen der Unkräuter, Verschütten durch seitliches Hineingreifen in die Reihe, Drehung der Sterne durch Bodenkontakt; in leichten Böden auch Anhäufeln; bei ausreichend breitem Dammrücken (12-15 cm) auch für Dammanbau geeignet
<b>Hersteller</b>	z.B. K.U.L.T., Hatzenbichler (A), Schmotzer
<b>Preis</b>	ca. 500-1.000 € pro Reihe inkl. Halterung
<b>Kombination mit anderen Werkzeugen</b>	sehr gute Wirkung in Kombination mit flachen Hackmessern zwischen den Reihen; in Kombination mit Torsionhacke/Striegel: sehr gute Wirkung auch gegen größere Unkräuter
<b>Arbeitstiefe, -geschwindigkeit</b>	2-4 cm; 3-6 km/h
<b>Einstellungen</b>	optimales Einstellen relativ schwierig; Finger auseinander/in Kontakt/überlappend je nach Kultur und Kulturstadium/Verwurzelung
<b>Einsatzbereich</b>	auch Kulturen mit rosettenartigem Wuchs; Salat, Kohl, Möhren, Zwiebeln, Porree, Rote Bete, Sellerie, Buschbohnen, Zuckermais
<b>optimales Unkrautstadium</b>	Keimblatt- bis Vierblattstadium
<b>optimale Größe der Kulturpflanzen</b>	Kulturpflanzen müssen gut verwurzelt sein (ca. ab Vierblattstadium); langes Zeitfenster durch seitlichen Eingriff
<b>Boden</b>	auf verkrusteten Böden sinkender Bekämpfungserfolg bei weichen Kunststoffausführungen; Boden sollte leicht abgetrocknet sein, da sonst die Finger verkleben können; nachteilig: steinig, schollig
<b>Neuheiten/Vorteile</b>	oberirdische Pflanzenteile werden kaum getroffen; einfache Technik (Bodenantrieb)
<b>Wirksamkeit und Kulturschäden</b>	größere Steine können sich zwischen den Fingern verklemmen und Schäden an der Kultur verursachen
<b>Einschränkungen und Nachteile</b>	relativ hoher Werkzeugverschleiß, v.a. auf steinigen oder verfestigten Böden

## Torsionshacke - Unkrautregulierung in der Reihe

<b>Gerätebeschreibung</b>	Hackelement mit 2 flexiblen Federstahlzinken/Reihe, Anbau über Zusatzverbindung an gängige Hackrahmen; immer in Kombination mit Scharhacke
<b>Arbeitsweise</b>	Bodenlockerung, Entwurzeln/Verschütten von Unkräutern bis nah an die Pflanzreihe durch vibrierende und schleifende Bewegungen
<b>Hersteller</b>	Frato Machine Import, Niederlande (Vertreiber); K.U.L.T.
<b>Preis</b>	ca. 150 € pro Reihe inkl. Halterung
<b>Kombination mit anderen Werkzeugen</b>	vorlaufende Scharhacke: mit flachen Scharen möglichst nah an der Reihe arbeiten, um Boden in Pflanzennähe zu lockern, damit Torsionshacke besser eindringen kann; in Kombination mit Fingerhacke: sehr gute Wirkung auch gegen größere Unkräuter
<b>Arbeitstiefe, -geschwindigkeit</b>	2 cm; ca. 3-6 km/h
<b>Einstellungen</b>	variabel durch Einstellung der Zinken, der Arbeitstiefe und Fahrgeschwindigkeit; je näher die Enden der Zinken zusammenstehen, desto größer Effekt auf Unkraut (und Kulturpflanzen); bei wirklich gut verwurzelten Pflanzen: Zinken überkreuzen (1-5 cm); je schneller, desto weiter werden Zinken auseinandergedrückt
<b>Einsatzbereich</b>	Salat, Kohl, Möhren, Zwiebel, Porree, Rote Bete, Sellerie, Buschbohnen, Zuckermais, Kräuter (gesät und gepflanzt); gepflanzte Kulturen empfindlicher als gesäte (so tief wie möglich pflanzen)
<b>optimales Unkrautstadium</b>	bis Zweiblattstadium
<b>optimale Größe der Kulturpflanzen</b>	gut verwurzelte Kulturen weichen aus; bis Reihenschluss
<b>Boden</b>	gute Regulierung vor allem auf leichteren Böden (6-7 mm dicke Zinken); schlecht auf festen/lehmigeren Böden (7-9 mm dicke Zinken); möglichst wenig Schollen und Steine
<b>Neuheiten/Vorteile</b>	gute Ergebnisse auch bei relativ großer Unkrautmenge; einfach; günstig
<b>Wirksamkeit und Kulturschäden</b>	optimale Wirkung bis Zweiblattstadium, bei lockerem Boden auch noch gut im Vier- bis Sechsbblattstadium; gute Kulturschonung; ungenügende Wirkung bei harten/schweren Böden
<b>Einschränkungen und Nachteile</b>	auf verkrustetem Boden nicht mehr effektiv

## **Pneumat** - Unkrautregulierung in der Reihe

<b>Gerätebeschreibung</b>	Gänsefußschare und Hochdruck-Luftdüsen; parallelogrammgeführt
<b>Arbeitsweise</b>	turbulente Luftstrahlen werden von der Seite auf die Pflanzenreihe gerichtet, Düsen in 2 cm Tiefe; Unkräuter werden rausgerissen und z.T. verschüttet
<b>Hersteller</b>	Lorenz Lütkemeyer, D
<b>Preis</b>	Umbau einer vorhandenen Hacke vierreihig ca. 9.000 €
<b>Arbeitstiefe, - geschwindigkeit</b>	2 cm (stufenlose Verstellung der Tasträder über Spindel); 1,5-6 km/h
<b>Einstellungen</b>	je nach Bodenart und -zustand Luftdruck variieren: 1,5-10 bar
<b>Einsatzbereich</b>	Reihenkulturen mit Reihenabstand von 20-75 cm, z.B. Porree, Sellerie, Zuckermais etc. (Kulturpflanzen müssen fest verwurzelt sein)
<b>optimales Unkrautstadium</b>	bis Vierblattstadium
<b>optimale Größe der Kulturpflanzen</b>	wenn genügend Vorsprung und besser verwurzelt als Unkraut (ca. 3-6 cm tief verwurzelt)
<b>Boden</b>	gut ausgeebnet mit nur geringem Steinanteil
<b>Neuheiten/Vorteile</b>	kontinuierliches Arbeiten ohne Wirkungslücken bis nah an Kulturpflanzen
<b>Wirksamkeit und Kulturschäden</b>	kaum Erfahrungen, da wenig verbreitet, aber gute Bekämpfung gegen kleine Samenunkräuter zu erwarten und nicht ausreichende Bekämpfung gegen mittlere und große Samenunkräuter und Wurzelunkräuter; schonend für Kulturpflanze
<b>Einschränkungen und Nachteile</b>	gärtnerische Säukulturen wachsen anfangs oft langsamer als Unkraut

## Kameragestützte Unkrautregulierung in der Reihe

	<b>Robocrop inrow</b>	<b>Remoweed</b>	<b>Robovator</b>	<b>IC Cultivator</b>
<b>Gerätebeschreibung</b>	mehrere Reihen erfassende Digitalvideokamera vor Werkzeugbalken lokalisiert Pflanzen => seitliche Lenkung der Hacke und individuelle Synchronisierung der Jätscheiben	Infrarotkamera-gesteuerte Hackmaschine zur Bearbeitung zwischen und in den Reihen; Führung über zwei äußere Parallelogramme	3-6reihige automatisch gelenkte Selektiv-Hackmaschine mit 1 Digitalkamera/Reihe (Erkennung über Pflanzengröße)	1,5-6 m breites automatisches Hackgerät mit Kamerasteuerung (Xenonlampen leuchten unter der Haube vor den Kameras; Positionsbestimmung anhand Farbe, Format, erwarteter Position); kombinierbar mit Garezzinken, Torsionshacke, Fingerhacke etc.
<b>Arbeitsweise</b>	rotierende sichelförmige Jätscheiben (direkt an Hydraulikmotor gekoppelt) drehen sich in Bogen um die Pflanze	spezielle Gänsefußschare arbeiten zwischen den Reihen, hydraulisch gesteuerte Hackaggregate mit je 2 nach innen schwingenden Schneidwerkzeugen in der Reihe	hydraulisch betätigte Hackschare mit Hackmessern schwenken in genau definierter Position ein/aus	Hackmesser schlagen pneumatisch zwischen die Pflanzen
<b>Hersteller</b>	Garford (GB)	Ferrari Costruzioni Meccaniche (I)	Poulsen (Dk)/K.U.L.T.	Steketee (NL), Vertrieb über Ruthenberg
<b>Preis</b>	vierreihig ca. 80.000 € netto	vierreihig ca. 60.000 € netto	vierreihig ca. 80.000 € netto	vierreihig ca. 70.000 € netto
<b>Arbeitstiefe, -geschwindigkeit</b>	1-2 cm, bis 5 km/h	12.000 Pflanzen/Stunde/Reihe	bis 4 km/h	bis 5 km/h
<b>Einsatzbereich</b>	akkurat gepflanzte Pflanzkulturen wie Salat oder Kohl; auch rote Pflanzen; Kulturpflanzen müssen mehr Blattwerk aufweisen als Unkrautpflanzen	Reihenkulturen mit einem Mindestabstand von 27 cm zwischen den Reihen	in gepflanzten Reihenkulturen bis kurz vor Reihenschluss; Kulturpflanzen müssen größer sein als Unkraut und dürfen nicht überlappen; Unkraut darf maximal 30% des Bodens bedecken	für alle grünen Reihenkulturen mit einem Reihenabstand >25 cm und einem Abstand in der Reihe >10 cm; Erweiterungsmodul für rote Pflanzen
<b>Einschränkungen und Nachteile allgemein</b>	Grenzen der Kamerasteuerung nach Mücke 2013 ("Mechanische Beikrautregulierung – Neuester Stand der Technik und deren Wirkungsweise", 7. Niedersächsisches Fachforum Ökolandbau): 1.) bei fast geschlossenen Reihen, 2.) bei geschlossenem Unkrautteppich, 3.) bei starkem Seitenwind/bei engem Reihenabstand, 4.) bei Schattenwurf am Waldrand und kleinen Kulturpflanzen, 5.) bei ungleichmäßigem Pflanzenaufgang (je nach Kamerasystem); vollautomatische Hacken lohnen sich nur bei voller Auslastung			

## Weitere Geräte

	<b>Akrobat-Hacke</b>	<b>Oktopus-Kombihacke</b>	<b>Rotosark</b>	<b>Duo-Parallelogramm</b>
<b>Gerätebeschreibung</b>	drehbar gelagerte Doppelscheibe mit 2 Reihen federnder Stahlstifte; Antrieb durch Bodenkontakt, Aufhängung an vorhandene Hackmaschinen	Kombination von Zwischenreihenstriegel, Fingerhacke in der Reihe und Scharhacke im Nachlauf zur flächigen Regulierung	in der Reihe arbeitende Hackwerkzeuge ähnlich wie Fingerhacke, aber Zinken hakenförmig gebogen => rundes Gerät ("Quirle")	je Hackelement: 2 verstellbare Hohlscheiben, 2 verstellbare Dammflankenmesser, 2 verstellbare Spezial-Winkelmesser
<b>Arbeitsweise</b>	Stahlstift-Doppelreihe kratzt durch Drehbewegung das Unkraut aus der Reihe	Striegel dreht sich über Pflanzenreihe und holt Unkraut aus der Reihe, das von vorauslaufender Fingerhacke gelockert wurde	2 Hackwerkzeuge pro Reihe drehen sich bodenangetrieben, zerkleinern den Boden und ziehen Unkräuter heraus	zwischen den Reihen
<b>Hersteller</b>	Steketee, NL (Vertreiber)	Vanhoucke, B	Oliver die Signorini Luciano Oliver (I)	K.U.L.T.
<b>Einsatzbereich</b>	Porree, Sellerie, Zuckermais	Porree, Sellerie, Zuckermais	Gemüsekulturen, Mais, Soja, Zuckerrüben etc.	diverse Kulturen mit einem Mindestreihenabstand von 25 cm; Dämme und Flachfeld
<b>Wirksamkeit und Kulturschäden</b>	für gute Bekämpfung Reihe zweimal befahren, damit Unkräuter kreuzweise entfernt werden		keine Beschädigung von Pflanzenwurzeln oder Bewässerungsschläuchen durch "runde" Form	sehr enges Arbeiten an der Reihe (auch auf dem Damm)

	<b>Optitronic-Kamerasteuerung (3D)</b>	<b>Lenkautomat mit Real Time Kinematic (RTK)</b>
<b>Gerätebeschreibung</b>	3D-Kamera (auch 2D-Kamera)	differentielles Verfahren zur präzisen Bestimmung von Positionskordinaten mit Methoden der Satellitennavigation
<b>Arbeitsweise</b>	mit 25 Bildern pro Sekunde analysiert die Kamera den Reihenverlauf und gibt die notwendigen Korrektursignale an die hydraulischen Steuerräder weiter, die dann die Lenkarbeit leisten	RTK arbeitet mit simultanen Messungen zu GPS- oder anderen GNSS-Satelliten eines Globalen Navigations satellitensystems, teilweise auch mit Zweifrequenz-Empfängern. Die präzisen Positionen werden relativ zu mobilen (Reichweite 5 km) oder stationären Referenzstationen (Reichweite 20 km) mit feststehenden Koordinaten bestimmt.
<b>Hersteller</b>	Kameratechnik samt Soft- und Hardware von Claas; eingesetzt z.B. in Schmotzer-Hacken	z.B. John Deere, Topcon/Fendt, Trimble/New Holland etc.
<b>Preis</b>	inkl. Verschieberahmen 14.000-25.000 € netto/6 m Arbeitsbreite	RTK-Referenzstation stationär 13.000 € netto
<b>Arbeitsgeschwindigkeit</b>	bis 12 km/h	
<b>Einsatzbereich</b>	bei jeder "grünen" Pflanzenart und einem Mindestreihenabstand von 25 cm und >10 cm in der Reihe (mind. 10 cm Erde erkennbar)	
<b>optimale Größe der Kulturpflanzen</b>	sogar sehr junge Pflanzen (bei Rüben ab ca. 1 cm); fällt Signal aus, z.B. bei zugewachsenem Bestand oder fehlenden Kulturpflanzen, steuern die Räder auf Geradeaus und die Maschine wird steuerbar	auch "blind" hacken möglich (im Vorauflauf)
<b>Neuheiten/Vorteile</b>	Wegfall einer Bedienperson, Entlastung des Fahrers, höhere Fahrgeschwindigkeiten	Genauigkeit +/- 2 cm; effizientere mechanische Unkrautregulierung durch exakte Reihen: höhere Fahrgeschwindigkeiten, Hacken näher an Reihen heran; unabhängig von Umwelteinflüssen
<b>Wirksamkeit und Kulturschäden</b>	gute Erkennung von Pflanzen mit kräftigen Blättern	keine Kulturschäden bei GPS-Steuerung des Schleppers und des Anbaugeräts
<b>Einschränkungen und Nachteile</b>	keine ausreichende Erkennung von Pflanzen mit vielen hellen/gelben Blättern; funktioniert nicht in abgeernteten bzw. neu austreibenden Beständen; erfahrener, technik-affiner Schlepperfahrer erforderlich; sensibel auf Umwelteinflüsse, z.B. Reflexion der Sonneneinstrahlung	