



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

Abschlussbericht

Projektangaben

Förderkennzeichen: A13/36
Laufzeit des Vorhabens: 01.11.2013-31.12.2014
Projektleitung: Dr. Heidi Heuberger, LfL IPZ 3d

Am Projekt beteiligte Institutionen

LfL IPZ 3d: Dr. Heidi Heuberger, Dr. Christine Holzapfel (Literaturlauswertung und Feldtag)
Ökoplant e.V.: Hanna Blum, Dr. Harald Schmidt (Durchführung und Auswertung der Befragungen)

Danksagung

Ganz besonderer Dank gilt den Landwirten, Beratern und Firmenexperten sowie Geräteherstellern, die an den Befragungen teilgenommen haben und damit an ihrem großen Erfahrungsschatz teilhaben ließen. Ohne diesen offenen Austausch wäre die Recherche nicht möglich gewesen.

Großer Dank gebührt auch Dr. Zoltan Gobor, LfL ILT, für die fachliche Beratung vor allem zur Gerätetechnik und die Präsentation seiner Parzellen-Präzisionssämaschine im Rahmen des Feldtages. Auch Herrn Klaus Gehring, der das Ganze „von der Unkrautseite her“ betrachtet, sei gedankt.

Ganz besonderer Dank gilt auch dem LfL-Arbeitskreis Heil- und Gewürzpflanzen im ökologischen Landbau und hier im Speziellen Dr. Klaus Wiesinger, der mit dem AK das Projekt angestoßen und so konstruktiv begleitet hat.

Gedankt sei auch Herrn Ludwig Schmidmeier mit seinem Team der Versuchsstation Baumannshof für die zuverlässige Vorbereitung und Durchführung des Feld-Workshops. Wir danken Herrn Richard Haunsperger für die engagierten Erläuterungen am Feldrand darüber, wie er die Kräuterkulturen so sauber hinbekommt. Wir danken auch den Geräteherstellern, die sich bereit erklärt haben, ihre Maschinen und Werkzeuge auf unserem Feldtag zu präsentieren: K.U.L.T. (Kress umweltschonende Landtechnik), Vaihingen, Treffler Maschinenbau, Pöttmes und Steketee B.V. Niederlande gemeinsam mit dem deutschen Vertriebspartner Ruthenberg Landtechnik, Gütersloh. Beier-Jungpflanzen und Pharnasaat danken wir für die Unterstützung des Feldtags mit kostenfreiem Pflanz- bzw. Saatgut.

Schließlich danken wir dem Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten für die finanzielle Förderung.

Inhalt

	Seite
1	Zusammenfassung.....13
2	Abstract14
3	Einführung.....15
4	Material und Methoden17
4.1	Literaturrecherche (C. Holzapfel, LfL)17
4.2	Befragung von Geräteanbietern (H. Schmidt, Ökoplant).....17
4.3	Befragung von Beratern und Experten (H. Schmidt, Ökoplant)18
4.4	Befragung von AuG-Anbauern (H. Schmidt, Ökoplant)19
4.5	Wissenstransfer20
5	Ergebnisse21
5.1	Literaturrecherche (C. Holzapfel, LfL)21
5.2	Befragung von Geräteanbietern (H. Schmidt, Ökoplant).....30
5.2.1	Häufige Fehler beim Geräteinsatz in der Praxis31
5.2.2	Wichtige Neuerungen bei Geräten zur mechanischen Unkrautregulierung32
5.2.3	Computergesteuerte Geräte zur Unkrautregulierung32
5.3	Befragung von Beratern und Experten (H. Schmidt, Ökoplant)33
5.3.1	Betreute Betriebe34
5.3.2	Struktur der betreuten Betriebe34
5.3.3	Einfluss von Unkräutern auf AuG-Kulturen36
5.3.4	Bewertung von Unkrautregulierungsmaßnahmen.....38
5.3.5	Computergesteuerte Geräte zur Unkrautregulierung44
5.3.6	Forschungs-, Entwicklungs- und Handlungsbedarf46
5.4	Befragung von AuG-Anbauern (H. Schmidt, Ökoplant)47
5.4.1	Struktur der Betriebe48
5.4.2	Boden50
5.4.3	Ackerbau allgemein.....51
5.4.4	Geräte zur direkten nichtchemischen Unkrautregulierung.....54
5.4.5	Computergesteuerte Geräte zur Unkrautregulierung58
5.4.6	Unkraut auf den Betrieben60
5.4.7	Angebaute AuG-Arten64
5.4.8	Anbau und Unkrautregulierung ausgewählter AuG-Arten66

5.4.9	Forschungs-, Entwicklungs- und Handlungsbedarf	94
5.5	Wissenstransfer (C. Holzapfel, LfL)	95
6	Diskussion und Schlussfolgerungen	101
6.1	Fachliteratur und andere Formen des Wissenstransfers (C. Holzapfel, LfL)	101
6.2	Befragungsergebnisse (H. Schmidt, Ökoplant).....	102
7	Fazit und Ausblick	113
8	Literatur	115
9	Anhang	119

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: Angaben von sechs Geräteanbietern über die Häufigkeit von Fehlern beim Einsatz von verschiedenen Geräten zur mechanischen Unkrautregulierung (1 selten, 5 häufig); Hacke 1 und 2 sind Gänsefußscharhacken, AutoInReihe 1 und 2 sind Geräte mit Kameraführung für das Hacken in der Reihe 31
- Abbildung 2: links: Bewertung der Akzeptanz von Hackgeräten mit kameragestützter Reihenführung; rechts: Bewertung verschiedener möglicher Hinderungsgründe für eine schnelle Ausbreitung (Fehlerbalken: Spannweite der Aussagen); Bewertung: 1 gering, 5 hoch 33
- Abbildung 3: links: Bewertung der Akzeptanz von mechatronischen Systemen zur Unkrautregulierung in der Reihe; rechts: Bewertung verschiedener möglicher Hinderungsgründe für eine schnelle Ausbreitung (Fehlerbalken: Spannweite der Aussagen); Bewertung: 1 gering, 5 hoch 33
- Abbildung 4: links: Anzahl insgesamt betreuter Betriebe der Fachberater (Ökobetriebe mit und ohne AuG-Anbau) und der Experten (ökologisch und konventionell wirtschaftende Betriebe mit AuG-Anbau), n=16 ; rechts: Anzahl betreuter Ökobetriebe mit AuG-Anbau, n=16..... 34
- Abbildung 5: links: Anteil AuG-Anbaufläche an der Ackerfläche der betreuten Betriebe (Bewertung: 0: keine Betriebe, 4 alle Betriebe), Median und Spannweite (Fehlerbalken), n=13; rechts: Häufigkeit von Betriebstypen mit AuG-Anbau (Bewertung: 0: keine Betriebe, 4 häufig), Median und Spannweite (Fehlerbalken), n=17 35
- Abbildung 6: Einschätzung negativer Effekte vom Unkrautbesatz auf Ertrag und/oder Qualität auf verschiedene Gruppen von AuG, Median und Spannweite (Fehlerbalken), Bewertung: 0 gering, 4 groß, n=13..... 36
- Abbildung 7: Einschätzung negativer Effekte vom Unkrautbesatz auf den Ertrag (links) und die Qualität (rechts) verschiedener AuG-Arten (Beispiele vom Befragten frei gewählt), Median und Spannweite (Fehlerbalken), Bewertung: 1 gering, 5 groß, n=10 ... 37
- Abbildung 8: Einschätzung von Wirksamkeit (links) und Bedeutung in der Praxis (rechts) von Maßnahmenbereichen zur indirekten Unkrautregulierung (vorgegeben), Median und Spannweite (Fehlerbalken), Bewertung Wirksamkeit: 0 unwirksam, 4 effektiv, Bewertung Bedeutung: erfolgreich angewendet auf wenig Betrieben: 0, auf vielen Betrieben: 4, n=19 38
- Abbildung 9: Einschätzung des durchschnittlichen Erfolgs von Maßnahmen / Geräten zur direkten Unkrautregulierung in der Praxis des AuG-Anbaus (die Kategorien Striegel, Scharhacke, Fingerhacke umfassen jeweils auch ähnlich arbeitende Geräte; KHacke idR: kamerageführte Hacke in der Reihe), Median und Spannweite (Fehlerbalken), Bewertung: 0 unwirksam, 4 effektiv, grau: vorgegebene Maßnahmen, schraffiert: offener Fragenteil, n=15..... 40
- Abbildung 10: Häufigkeit des Einsatzes verschiedener Maßnahmen / Geräte als Bestandteil der direkten Unkrautregulierungsverfahren im AuG-Anbau (die Kategorien Striegel, Scharhacke, Fingerhacke umfassen jeweils auch ähnlich arbeitende Geräte; KHacke idR: kamerageführte Hacke in der Reihe), Median und Spannweite

(Fehlerbalken), Bewertung: 1 selten, 5 häufig, grau: vorgegebene Maßnahmen, schraffiert: offener Fragenteil, n=18	42
Abbildung 11: Bewertung von verschiedenen Voraussetzungen (vorgegeben) für einen hohen Erfolg der direkten Unkrautregulierung, Median und Spannweite (Fehlerbalken), Bewertung: 1 gering, 5 hoch, n=17	43
Abbildung 12: links: Bewertung der Akzeptanz von Hackgeräten mit kameragestützter Reihenführung in der Ökolandbau-Praxis; rechts: Bewertung verschiedener möglicher Hinderungsgründe für eine schnelle Ausbreitung; Median und Spannweite (Fehlerbalken); Bewertung: 1 gering, 5 hoch; n=16	45
Abbildung 13: links: Bewertung der Akzeptanz für automatische Steuerungssysteme für Hacken in der Reihe in der Ökolandbau-Praxis; rechts: Bewertung verschiedener möglicher Hinderungsgründe für eine schnelle Ausbreitung; Median und Spannweite (Fehlerbalken); Bewertung: 1 gering, 5 hoch; n=14	46
Abbildung 14: Gründe für die Nichtbefragung von Betrieben.....	47
Abbildung 15: Anzahl befragter Betriebe je Bundesland	48
Abbildung 16: Gesamte Ackerfläche (links) und AuG-Anbaufläche (rechts) auf den befragten Betrieben	49
Abbildung 17: AuG-Anteil an der gesamten Ackerfläche auf den befragten Betrieben....	49
Abbildung 18: Im Ackerbau beschäftigte Arbeitskräfte bezogen auf die gesamte Ackerfläche (links, n=25) und im AuG-Anbau beschäftigte Arbeitskräfte bezogen auf die AuG-Anbaufläche (rechts, n=18)	50
Abbildung 19: Mittlere Bodengüte (links, n=29) und grobe Einschätzung der Bodenart und anderer Bodeneigenschaften (rechts, n=31) auf den befragten Betrieben.....	50
Abbildung 20: Mittlere Anbauanteile an Ackerkulturen (gruppiert) auf den befragten Betrieben (jeder Balken entspricht einem Betrieb)	51
Abbildung 21: Anbauanteile von feinsamigen Leguminosengemengen (links, z.B. Klee gras, n=30) und Getreide (rechts, n=28) auf den Ackerflächen der befragten Betriebe	52
Abbildung 22: Im Ackerbau verwendete Düngemittel (W: Wirtschaftsdünger / Komposte, OH: organische Handelsdünger, M: Mineraldünger (n=32)	53
Abbildung 23: Anteil der Ackerfläche, die pro Jahr gepflügt wird (links, n=31) und mittlere Pflugtiefe (rechts, n=31)	53
Abbildung 24: Häufigkeit verschiedener Werkzeuge an den Scharhacken (n=29) und Anbauform nicht zapfwellengetriebener, zwischen den Reihen arbeitenden Geräte (Zwischen: Zwischenachsenanbau, n=32)	56
Abbildung 25: links: Interesse der Betriebsleitung an Hackgeräten mit kameragestützter Reihenführung (Bewertung: 1 gering, 5 hoch; n=30); rechts: Gründe, die gegen eine Anschaffung solcher Geräte sprechen (n=29)	58
Abbildung 26: links: Interesse der Betriebsleitung an automatischen Steuerungssystemen für Hacken in der Reihe (Bewertung: 1 gering, 5 hoch; n=26); rechts: Gründe, die gegen eine Anschaffung solcher Geräte sprechen (n=29)	59

Abbildung 27: Bewertung des Unkrautdrucks auf dem Betrieb durch die Befragten (1: gering, 5: hoch, n=31)	60
Abbildung 28: Auf den Betrieben vorkommende einjährige Unkräuter, links: häufig vorkommend, rechts: besonders problematisch (n=32); nur Arten, die mindestens zweimal als häufig vorkommend genannt wurden	62
Abbildung 29: Auf den Betrieben vorkommende mehrjährige Unkräuter, links: häufig vorkommend, rechts: besonders problematisch (n=32); nur Arten, die mindestens zweimal als häufig vorkommend genannt wurden	63
Abbildung 30: Anzahl angebaute AuG-Arten (links) und Nutzungsgruppen (rechts), jeder Balken ein Betrieb (n=32)	64
Abbildung 31: Anbaufläche häufig angebaute AuG-Arten und durchschnittliche Anbauerfahrung	65
Abbildung 32: Von Betriebsleitern bewertete Unkrautempfindlichkeit besonders empfindlicher AuG-Arten (Median, 1: gering, 5: hoch) und Anzahl der Nennungen	66
Abbildung 33: AuG-Arten, zu denen detaillierte Anbau- und Unkrautregulierungsverfahren vorliegen, und Anzahl der Nennungen (68 Nennungen von 32 Betrieben)	67
Abbildung 34: Themenbereiche, zu denen von den Betrieben konkreter Handlungsbedarf genannt wurde	94
Abbildung 35: Regierungsdirektor Michael Mayer aus dem Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten begrüßt die zahlreichen Teilnehmer des Feld-Workshops am Baumannshof	97
Abbildung 36: Feldtag-Besucher diskutieren mit Geräteherstellern die Wirkung von Gerät und dessen Einstellungen auf Kultur und Unkraut	99
Abbildung A 1: Gesamt-Ökofläche mit AuG der beratenen Betriebe, n=12	122
Abbildung A 2: Einschätzung des durchschnittlichen Erfolgs von Maßnahmen / Geräten zur direkten Unkrautregulierung in der Praxis des AuG-Anbaus (die Kategorie Striegel umfasst auch ähnlich arbeitende Geräte), Median und Spannweite (Fehlerbalken), Bewertung: 0 unwirksam, 4 effektiv, grau: vorgegebene Maßnahmen, schraffiert: offener Fragenteil, n=15	127
Abbildung A 3: Verbandszugehörigkeit der Betriebe	127
Abbildung A 4: Zeitraum ökologischer Bewirtschaftung der befragten Ökobetriebe	128

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kulturen mit größter Anbaufläche ab 3 Nennungen (max. 10 Nennungen je Befragtem), N: Anzahl Nennungen, F: Summe angegebener Anbaufläche, n=14	35
Tabelle 2: Flächengröße der 32 befragten Betriebe	48
Tabelle 3: Geräte zur nicht-chemischen Unkrautregulierung, die auf den 30 befragten Betrieben im AuG-Anbau eingesetzt werden.....	55
Tabelle 4: Angaben zum Anbau und zur nicht-chemischen Unkrautregulierung von Petersilie	68
Tabelle 5: Angaben zum Anbau und zur nicht-chemischen Unkrautregulierung von Dill, Basilikum, Sellerie, Drachenkopf und Artischocke	70
Tabelle 6: Angaben zum Anbau und zur nicht-chemischen Unkrautregulierung von Pfefferminze aus Stecklingspflanzen	72
Tabelle 7: Angaben zum Anbau und zur nicht-chemischen Unkrautregulierung von Pfefferminze aus Stolonen und von Apfelminze.....	73
Tabelle 8: Angaben zum Anbau und zur nicht-chemischen Unkrautregulierung von Zitronenmelisse	76
Tabelle 9: Angaben zum Anbau und zur nicht-chemischen Unkrautregulierung von Thymian, Anisysop, Estragon und Johanniskraut	78
Tabelle 10: Angaben zum Anbau und zur nicht-chemischen Unkrautregulierung von Schnittlauch, Winterheckzwiebel und Liebstock	81
Tabelle 11: Angaben zum Anbau und zur nicht-chemischen Unkrautregulierung von Arnika und Sonnenhut.....	84
Tabelle 12: Angaben zum Anbau und zur nicht-chemischen Unkrautregulierung von Baldrian, Engelwurz, Astragalus mongholicus und Saposhnikovia divaricata.....	87
Tabelle 13: Angaben zum Anbau und zur nicht-chemischen Unkrautregulierung von Fenchel und Kümmel	89
Tabelle 14: Angaben zum Anbau und zur nicht-chemischen Unkrautregulierung von Kresse, Senf und Xanthium sibiricum.....	91
Tabelle 15: Angaben zum Anbau und zur nicht-chemischen Unkrautregulierung von Kamille und Ringelblume.....	93
Tabelle A 1: Angefragte Anbieter von Geräten zur direkten, nichtchemischen Unkrautregulierung	120
Tabelle A 2: Kulturen mit größter Anbaufläche (max. 10 Nennungen je Befragtem), N: Anzahl Nennungen, F: Summe angegebener Anbaufläche, n=14.....	123
Tabelle A 3: AuG-Arten, die besonders sensibel gegenüber Unkraut sind, n=15	124
Tabelle A 4: Problematische Unkräuter in einzelnen AuG-Arten, n=14	125

Tabelle A 5: Angebaute Arten (Blatt- / Krautnutzung) mit Anzahl Betriebe, Anbaufläche, mittlere Nutzungsdauer, Unkrautempfindlichkeit (1: gering, 5: hoch) und Erfahrung in Jahren (Ökobetriebe)	128
Tabelle A 6: Angebaute Arten mit Anzahl Betriebe, Anbaufläche, mittlere Nutzungsdauer, Unkrautempfindlichkeit (1: gering, 5: hoch) und Erfahrung in Jahren (Ökobetriebe).....	130
Tabelle A 7: Angebaute Arten mit Anzahl Betriebe, Anbaufläche, mittlere Nutzungsdauer, Unkrautempfindlichkeit (1: gering, 5: hoch) und Erfahrung in Jahren (Konventionelle Betriebe)	132
Tabelle A 8: Übersicht über die Geräte und Verfahren zur nicht-chemischen Unkrautregulierung (Zusammenstellung basierend auf Informationen von Herstellern, Beratungsunterlagen und Internet. Kein Anspruch auf Vollständigkeit und Richtigkeit.)	133

Abkürzungen

AuG	Arznei- und Gewürzpflanzen
Akh	Arbeitskraftstunden
BAH	Bundesverband der Arzneimittel-Hersteller e. V.
BBCH	Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und chemische Industrie
BfArM	Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte
BfR	Bundesinstitut für Risikobewertung
BPI	Bundesverband der Pharmazeutischen Industrie e. V.
DBU	Deutsche Bundesstiftung Umwelt
DFA	Deutscher Fachausschuss für Arznei-, Gewürz- und Aromapflanzen
DLR	Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinland
EFSA	European Food Safety Authority
FAH	Forschungsvereinigung der Arzneimittel-Hersteller e.V.
FGT	Fendt-Geräteträger
FiBL	Forschungsinstitut für biologischen Landbau
FNR	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.
GACP	Good Agricultural and Collection Practice
GPS	Global Positioning System
LfL	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
NAP	Nationale Aktionsplan zum integrierten Pflanzenschutz
RTK	Real Time Kinematic
PA	Pyrrrolizidinalkaloide

Bildautoren

W. Seemann, LfL: Seite 90 und 92

1 Zusammenfassung

Im zurückliegenden Projekt der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) und des Fördervereins Ökoplant e.V. wurde der Status-Quo der Unkrautregulierungspraxis im ökologischen Arznei- und Gewürzpflanzenanbau in Bayern ermittelt, wobei ein Fokus auf der Unkrautbekämpfung in der Reihe lag.

Eine optimierte Unkrautregulierung zugunsten eines reduzierten Handhackaufwands ist für die Wettbewerbsfähigkeit der heimischen Produzenten von besonderer Bedeutung. Die derzeitigen Diskussionen um die pyrrolizidinalkaloidhaltigen Ackerunkräuter geben einen weiteren aktuellen Anlass, die Unkrautregulierungsstrategien zu optimieren.

Mit umfangreichen Befragungen von Ökobetrieben in Bayern und Umgebung, von deutschen Anbauberatern und internationalen Geräteherstellern wurde erstmals ein umfassendes Bild der Unkrautregulierungspraxis im ökologischen Arznei- und Gewürzpflanzenanbau erstellt. Die hohe Teilnahmequote der Landwirte und der Berater an den Befragungen und das Interesse auch von konventionellen Betrieben unterstrichen die Relevanz der Thematik in der Praxis. Es wurde deutlich, wie stark die einzelbetrieblichen Bedingungen, Anbaukonzepte und Unkrautregulierungsstrategien variieren und dass ein effektives Unkrautmanagement nur durch ein Gesamtpaket an aufeinander abgestimmten und erfolgreich durchgeführten Einzelmaßnahmen möglich ist. Systembedingt liegen gerade im ökologischen Anbau langjährige Erfahrungen in der nicht-chemischen Unkrautregulierung vor. Aus den Umfrageergebnissen wurden für verschiedene Modellkulturen wie Petersilie, Pfefferminze oder Schnittlauch Praxisbeispiele dargestellt, die indirekte Maßnahmen wie Fruchtfolge oder Bodenbearbeitung bis hin zum gezielten Geräteeinsatz umfassen. Außerdem wurden Problemunkräuter sowie weiterer Forschungs- und Handlungsbedarf identifiziert. Bei den Erhebungen und vor allem bei den Betriebsbesuchen wurde auch deutlich, dass trotz aller Anstrengungen bei der Unkrautbekämpfung für viele vorhandene Geräte Kennzahlen und dokumentierte Erfahrungen zu bestimmten Kulturen fehlen. Auch bei der Sichtung der vorhandenen Literatur wurde dieser Eindruck bestätigt.

Die Ergebnisse wurden auf einem Feld-Workshop der Praxis präsentiert, wobei gleichzeitig verschiedene Hack- und Striegelgeräte im Einsatz in verschiedenen Arznei- und Gewürzpflanzenkulturen zu sehen waren.

Die Projektergebnisse erlaubten es auch, weiteren Forschungs- und Handlungsbedarf abzuleiten mit dem übergeordneten Ziel, den praktischen Arznei- und Gewürzpflanzenanbau im Bereich der nicht-chemischen Unkrautregulierung zu unterstützen.

2 Abstract

In the past project of the Bavarian State Research Center for Agriculture and the association Ökoplant e.V. the status quo concerning the weed management in organic production of medicinal and aromatic plants (MAP) in Bavaria was determined focusing especially the in-row weed regulation.

An optimized weed regulation with reduced hand hoeing efforts is of particular importance for the local producers in order to maintain their competitiveness. The current discussions concerning weeds containing pyrrolizidine alkaloids stresses the need to improve weed management strategies.

In the frame of the project a comprehensive overview of the weed management practice in organic growing of MAP was obtained by interviewing organic farmers in Bavaria and surrounding areas, German MAP consultants and international manufacturers of the equipment for weed control.

A high interview participation rate of farmers and consultants as well as the interest also of conventional farmers indicate the current relevance of the topic.

A huge variation of farm specific conditions, of growing concepts and weed regulation strategies was revealed. Further, an efficient weed management can only be realized via a complete package of individual targeted measures which have to be well coordinated and successfully carried out. Due to the growing system, especially organic growers have many years of experience in non-chemical weed regulation. Based on the survey results, weed regulation strategies have been deduced for several model cultures such as parsley, peppermint or chives including both indirect measures like crop rotation or soil preparation and direct measures like targeted use of the technical equipment.

In addition, problematic weeds as well as relevant questions for further research have been identified. The survey, especially the face-to-face interviews on farm, have shown that despite high efforts key performance indicators as well as documented and crop-specific experiences are missing for many weeding machines. A review of the literature confirmed this impression.

The survey results as well as several hoeing and tined weeders in action have been publicly presented on a field workshop.

Based on the results of the project further needs for action and research were derived with the superior objective to support the growers of MAP in the field of non-chemical weed regulation.

3 Einführung

In Deutschland wurden 2011 auf 12.239 ha 125 Arznei- und Gewürzpflanzenarten (AuG) mit einer Fläche von jeweils über 0,1 ha angebaut (PLESCHER et al. 2014, FNR 2014). In der deutschlandweiten Erhebung für die Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe (FNR 2014) wurde nicht zwischen ökologisch und konventionell bewirtschafteten Flächen differenziert. In Bayern werden auf 1.886 ha 40 verschiedene Arten angebaut, was 15,5 % der deutschen Anbaufläche dieser Sonderkulturen entspricht. Die vom Bayerischen Förderverein intern erhobenen Anbauflächen weisen einen Öko-Anteil von 8-10% aus (unveröffentlicht). RÖHRICHT et al. (2003) gab die Öko-Anbaufläche von Arznei- und Gewürzpflanzen für Deutschland mit 800 ha an.

Ein Großteil der deutschen Anbauer von ökologisch produzierten Arznei- und Gewürzpflanzen ist in Bayern ansässig. Die Präferenz für regionale und nachhaltig produzierte Rohware steigt stetig. Um die Wettbewerbsfähigkeit der bayerischen und deutschen Ökoproduktion dieser Kulturen zu steigern, bedarf es einer optimierten Unkrautregulierung, insbesondere in der Kulturpflanzenreihe, um die mitunter extrem hohen Handarbeitskosten zu minimieren. Hier kam auch der Ruf aus der Praxis, sich dieser Thematik anzunehmen und das ganze Bündel nicht-chemischer Unkrautregulierungsmaßnahmen zu optimieren. Dieses beinhaltet indirekte und direkte Maßnahmen wie beispielsweise Fruchtfolgegestaltung, Bodenbearbeitung und mechanische oder thermische Maßnahmen. Diese nicht-chemischen Verfahren gewinnen wegen der geringen Verfügbarkeit zugelassener Herbizide und der Sensibilität gegenüber Rückständen im Ernteprodukt auch im konventionellen Anbau zunehmend an Bedeutung.

Hinsichtlich des Unkrautmanagements besonders problematisch unter den Arznei- und Gewürzpflanzen sind Kulturen mit einer langsamen Jugendentwicklung, allgemein schwachwüchsige und schlecht deckende Kulturen, Direktsaaten oder flächendeckende mehrjährige Bestände. Erschwerend kommt hinzu, dass viele Landwirte oft eine ganze Reihe verschiedener Kulturarten anbauen mit teilweise sehr unterschiedlichen Anforderungen an die Unkrautregulierung, denen die Landwirte nicht immer gerecht werden können. Zudem liegen Kennzahlen für vorhandene Geräte und dokumentierte Erfahrungen für einzelne Kulturen oft noch nicht vor.

Im Juli 2013 veröffentlichte das deutsche Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) in einer Stellungnahme die Ergebnisse über das Vorkommen toxischer Pyrrolizidinalkaloide (PA) in Kräutertees (BfR 2013) und entfachte so vielfältige Diskussionen in der Branche bis hin zu den Verbrauchern. Derzeit wird von einer Kontamination des pflanzlichen Materials durch den Eintrag PA-haltiger Unkräuter wie beispielsweise Gemeines Kreuzkraut, Vergissmeinnicht oder Sonnenwende ausgegangen. Eine Optimierung der Unkrautregulierung ist notwendig, um das Risiko einer Kontamination auf ein möglichst geringes Maß zu senken.

Im Rahmen der abgeschlossenen Status-Quo-Analyse wurden Landwirte, Berater/Experten und Gerätehersteller zu Themen rund um die Unkrautregulierungspraxis intensiv befragt, wobei es Ziel war, die verschiedenen Gesamtkonzepte der Unkrautregulierung und Bestandespflege der einzelnen Betriebe zu erfassen. Die Ergebnisse wurden anschließend ausgewertet und aufbereitet und die entsprechende Fachliteratur wurde gesichtet. Dadurch ergibt sich erstmals ein umfassendes Bild der Unkrautregulierungspraxis auf ökologisch wirtschaftenden AuG-betrieben in Bayern. Es zeigt die ganze Vielfalt an prak-

tizierten betriebsspezifischen Maßnahmen und den hohen Aufwand, der von den Betrieben geleistet wird. Die vorliegende Analyse erlaubt es nun, Schwachstellen zu benennen, Handlungsempfehlungen zu geben und weiteren Forschungsbedarf zu formulieren. Die Ergebnisse der Erhebung wurden schließlich auf einem Feldtag der Praxis präsentiert, auf dem auch verschiedene Hack- und Striegelgeräte im Einsatz sowie deren Wirkung auf Kultur- und Unkrautpflanzen zu sehen waren.

4 Material und Methoden

4.1 Literaturrecherche (C. Holzapfel, LfL)

Für die Literaturrecherche wurde insbesondere in Fachzeitschriften und im Internet recherchiert, wobei der Fokus auf nicht-chemischen Unkrautregulierungsmaßnahmen und deren Wirkung bzw. Restriktionen lag. Neben Fachartikeln und Fachvorträgen wurden vor allem Doktor-, Diplom- und Masterarbeiten oder Berichte von Forschungsprojekten herangezogen. Es wurden weiterhin viele Kurzberichte und Erfahrungsnotizen z.B. im Rahmen von Veranstaltungen gesammelt. Um auch internationale Arbeiten zu berücksichtigen, erfolgte die Recherche auch mit englischen Schlagwörtern. Die in den Ergebnissen zitierte Literatur ist bei weitem nicht alles, was gefunden wurde, bildet aber das Gefundene recht gut ab.

Im Rahmen der Literaturrecherche fand auch eine Recherche zu Geräten zur mechanischen Unkrautregulierung statt. Es wurden auch Geräte erfasst, zu denen Erfahrungen in Arznei- und Gewürzpflanzen noch nicht explizit vorliegen, aber deren Einsatz prinzipiell denkbar ist und Erfahrungen, beispielsweise aus dem Gemüsebau, übertragen werden können. Die Informationen stammten in erster Linie aus Hersteller-Broschüren, Beratungsunterlagen, Internetbeiträgen, persönlichen Gesprächen mit Geräteherstellern (beispielsweise auf der Agritechnica 2013 in Hannover) oder aus Videobeiträgen, die vor allem auf Hersteller-Webseiten oder auf Youtube veröffentlicht sind (<https://www.youtube.com/>).

Sofern möglich, wurden folgende Daten für die einzelnen Geräte erfasst:

- Geräteaufbau
- Arbeitsweise
- Hersteller
- Preis
- Arbeitstiefe und -geschwindigkeit
- Einstellungsmöglichkeiten
- Kombinationsmöglichkeiten mit anderen Werkzeugen
- Einsatzbereich
- Optimales Unkrautstadium
- Optimales Kulturpflanzenstadium
- Bodenbedingungen
- Neuheiten/Vorteile
- Wirksamkeit/Kulturschäden
- Einschränkungen/Nachteile

4.2 Befragung von Geräteanbietern (H. Schmidt, Ökoplant)

Für die Befragung von Herstellern und Anbietern von Geräten zur direkten, nichtchemischen Unkrautregulierung wurden firmenspezifische Fragebögen entwickelt. Folgende Fragenbereiche waren darin enthalten (Details im Anhang):

- Gerätespezifische Angaben für jedes angebotene Gerät
 - Erstes Herstellungsjahr
 - Absatz in Deutschland

- Einsatzbereich
- Detaillierte Angaben zu ausgewählten Geräten
 - Absatz an Ökobetriebe und AuG-Betriebe
 - Voraussetzungen für einen optimalen Bekämpfungserfolg
 - Wichtige Neuerungen bzw. Weiterentwicklungen
 - Kulturartspezifische Erfahrungen
- Allgemeine Angaben
 - Erfolgreiche Gerätekombinationen
 - Akzeptanz und Chancen mechatronischer Geräte (automatische Reihenführung, automatische Systeme zum Hacken in der Reihe)
 - Innovationsbedarf im Bereich der nicht-chemischen Unkrautbekämpfung
 - Geplante Entwicklungen

Für die Befragung wurde eine Liste von 17 europäischen Firmen recherchiert, darunter acht deutsche und vier österreichische Anbieter (Tabelle A 1 im Anhang). Es wurde telefonisch oder per Email Kontakt aufgenommen und ein jeweils zuständiger Ansprechpartner erfragt. Die Fragebögen wurden Ende 2013 per Email versandt und auf Wunsch auch auf Papier per Post verschickt. Vier Wochen und sechs Wochen nach Zusendung erfolgte eine Erinnerung.

Die Angaben der ausgefüllten Fragebögen wurden in Exceltabellen strukturiert aufbereitet. Die Auswertung erfolgte mit Hilfe grafischer bzw. tabellarischer Darstellungen.

4.3 Befragung von Beratern und Experten (H. Schmidt, Ökoplant)

Für die Befragung von BeraterInnen und FirmenexpertInnen, die Betriebe mit ökologischem AuG-Anbau betreuen, wurden spezifische Fragebögen entwickelt. Folgende Fragenbereiche waren darin enthalten (Details im Anhang):

- Angaben zu den beratenen Betrieben
 - Anzahl Betriebe, Ökobetriebe, Betriebe mit AuG-Anbau
 - Flächenanteil AuG-Anbau und häufig angebaute Arten
 - Betriebstypen mit AuG-Anbau
 - Entwicklung ökologischer AuG-Anbaufläche
- Unkraut auf den Betrieben
 - Negative Unkrauteffekte und besonders sensible AuG-Arten
 - Besonders problematische Unkräuter
- Unkrautregulierung auf den Betrieben
 - Wirksamkeit und Häufigkeit indirekter Maßnahmen
 - Erfolg und Häufigkeit direkter Maßnahmen
 - Eignung von Maßnahmen zur Unkrautregulierung in der Reihe
 - Beispiele erfolgreicher Regulierungsverfahren
 - Voraussetzungen erfolgreicher Unkrautregulierung und häufige Probleme
- Allgemeine Angaben
 - Akzeptanz und Chancen mechatronischer Geräte (automatische Reihenführung, automatische Systeme zum Hacken in der Reihe)
 - Innovationsbedarf im Bereich der nicht-chemischen Unkrautbekämpfung

Für die Befragung wurde eine Liste von 17 FachberaterInnen und 16 FirmenexpertInnen recherchiert. Es wurde jeweils telefonisch Kontakt aufgenommen und der Fragebogen dann Anfang 2014 nach Wunsch per Email oder auf Papier per Post versandt. Vier Wochen und sechs Wochen nach Zusendung erfolgte eine telefonische Erinnerung.

Die Angaben der ausgefüllten Fragebögen wurden strukturiert in eine Access-Datenbank übertragen. Die Auswertung erfolgte mit Hilfe grafischer bzw. tabellarischer Darstellungen.

4.4 Befragung von AuG-Anbauern (H. Schmidt, Ökoplant)

Für die Befragung von AuG-AnbauerInnen wurde ein detaillierter Fragebogen entwickelt. Folgende Fragenbereiche waren darin enthalten (Details im Anhang):

- Angaben zum Betrieb
 - Boden
 - Fläche Acker / AuG
 - Fruchtfolge / Anbauanteile, Düngung, Bodenbearbeitung
- Angaben zum Unkraut
 - Unkrautpotential
 - Wichtige Wurzel- und einjährige Unkräuter
 - Geräte zur direkten Unkrautregulierung
- Angebaute AuG
 - Jahre Erfahrungen
 - Anbauumfang
 - Nutzungsjahre
 - Unkrautempfindlichkeit
- AuG-Beispiele
 - Boden, Vorfrucht
 - Bewirtschaftung seit Vorfrucht
 - Saatbettbereitung, Saat- oder Pflanztechnik und -termin
 - Direkte Unkrautregulierung
 - Änderungen in der Unkrautregulierung
 - Nutzung, Erntetermine
- Allgemeine Angaben
 - Detaillierte Informationen zu speziellen Verfahren
 - Kulturen / Geräte mit besonderen Problemen
 - Problemlösungsansätze
 - Interesse an mechatronischen Geräten (automatische Reihenführung, automatische Systeme zum Hacken in der Reihe)
 - Pläne im Betrieb
 - Forschungs-, Entwicklungs-, Handlungs- oder Beratungsbedarf

Für die Befragung wurde eine Liste von 55 Adressen von deutschen Betrieben mit AuG-Anbau recherchiert. Von diesen Betrieben liegen 31 in Bayern. Neben 52 Ökobetrieben wurden auch drei konventionell wirtschaftende AuG-Betriebe berücksichtigt. Nach telefo-

nischer Kontaktaufnahme erklärten sich 32 AnbauerInnen zu einer Teilnahme an der Befragung bereit. Die telefonische Bearbeitung des Fragebogens erfolgte bei 30 Betrieben im Zeitraum Januar bis Anfang März 2014. Zwei AnbauerInnen zogen eine schriftliche Befragung vor.

Die Angaben der ausgefüllten Fragebögen wurden strukturiert in eine Access-Datenbank übertragen und anonymisiert. Bei unklaren Angaben und Lücken in den Daten wurden Rückfragen per Telefon, Fax oder Email durchgeführt.

Im Lauf der Vegetationsperiode 2014 wurden 24 der 32 befragten Betriebe besucht. Vor Ort wurden Geräte zur direkten Unkrautregulierung und AuG-Bestände besichtigt sowie die Unkrautsituation und das Unkrautmanagement detailliert diskutiert. Die protokollierten Angaben wurden in die Access-Datenbank aufgenommen.

Die Auswertung erfolgte mit Hilfe grafischer bzw. tabellarischer Darstellungen.

4.5 Wissenstransfer

Die Ergebnisse der Befragungen wurden den Landwirten und Beratern auf einem Feld-Workshop vorgestellt und gemeinsam diskutiert. Der Feldtag und dessen Fachinformationen wurden im Nachgang publizistisch aufbereitet.

Darüber hinaus wurde das Projekt und erste Ergebnisse in mehreren Arbeitskreisen und auf verschiedenen Tagungen vorgestellt, unter anderem auf dem Öko-Landbau-Tag 2014 der LfL oder auf dem Bernburger Winterseminar 2015 zu Fragen der Arznei- und Gewürzpflanzenproduktion (HOLZAPFEL et al. 2014, HOLZAPFEL et al. 2015). Vorgestellt und intensiv mit der Praxis diskutiert wurden die Ergebnisse zudem auf dem Workshop Unkrautregulierung von Ökoplant e.V., Altenkirchen (24.01.2015).

5 Ergebnisse

5.1 Literaturrecherche (C. Holzapfel, LfL)

Gerätetrecherche

Als Ergebnis der Gerätetrecherche wurde eine „Übersicht über die Geräte und Verfahren zur nicht-chemischen Unkrautregulierung“ verfasst und am Feldtag am 23.09.2014 auf der LfL-Versuchsstation Baumannshof den Besuchern übergeben (siehe Tabelle A 8). Diese Geräteübersicht soll den Beratern und Landwirten die verschiedenen Alternativen der mechanischen Unkrautregulierung aufzeigen und etwas näher beleuchten sowie eine Anregung darstellen, die eigene Praxis zu hinterfragen und gegebenenfalls in einigen Bereichen zu optimieren. Für die meisten Unkrautregulierungsgeräte liegen noch keine expliziten Erfahrungen und Kennzahlen im Bereich der Arznei- und Gewürzpflanzen vor, sondern beispielsweise nur für Gemüsekulturen, wobei die Aussagen in weiten Teilen übertragbar sind. Auffallend war, dass die von den Geräteherstellern angegebenen Arbeitsgeschwindigkeiten teilweise über denen aus Praxiserfahrungsberichten lagen. Vor- und Nachteile verschiedener Hackscharformen wurden nur für die gängigsten Scharformen gefunden.

Literaturrecherche zur Unkrautregulierung

Relativ häufig werden in der Literatur allgemeine Erkenntnisse zum Thema Unkrautregulierung beschrieben. Für viele Autoren ist der Erfolg der mechanischen Unkrautbekämpfung in erster Linie von der Unkrautgröße – optimal ist in der Regel das Keimblattstadium – und somit vom Zeitpunkt des Geräteinsatzes abhängig, die Gerätewahl ist dagegen sekundär (z.B. ZILLGER et al. 2009, LICHTENHAHN et al. 2002, PRESTELE 2004). Die Unterschiede in der Wirksamkeit von Geräten sind oftmals eher gering, so dass der Preis über eine Neuanschaffung entscheiden kann oder schlicht das bereits vorhandene Gerät genutzt werden kann (GROHS 2007). Zudem ist der Erfolg bei Hackgeräten stark abhängig von der Bodenfeuchte und der Witterung am Hacktag und an den Folgetagen (z.B. LICHTENHAHN 2002, LABER 1999) und den Geräteeinstellungen (HEUBERGER und BLUM 2014).

PLAGGE (2010) berichtet von Problemen der Unkrautbekämpfung im ökologischen Gartenbau aus Praxissicht und vertritt die These, dass ein erfolgreiches Unkrautmanagement in erster Linie von den Organisationsfähigkeiten des Betriebsleiters abhängt und dass diese noch vor der Technik und den Bodengegebenheiten der wichtigste Erfolgsfaktor ist. Durch Optimierung der Betriebsorganisation kann demnach die Unkrautregulierung ebenso optimiert werden.

Innerhalb des Arznei- und Gewürzpflanzenanbaus mit seinen vielfältigen Kulturen trifft man auf Kulturen, die relativ konkurrenzstark sind, zügig die Reihen schließen und demnach dem Unkraut weniger Raum lassen, aber ebenso auf konkurrenzschwache Kulturarten mit sehr langsamer Jugendentwicklung wie z.B. *Arnika montana*. Mehrjährige Kulturen erfordern ein anderes Unkrautmanagement als einjährige Kulturen. Darüber hinaus können für verschiedene Kulturgruppen unterschiedliche Verunkrautungen toleriert werden (vgl. LICHTENHAHN et al. 2002): Blatt- bzw. Krautdrogen müssen bis zur Ernte unkrautfrei gehalten werden, in anderen Kulturen ist eine Spätverunkrautung tolerabel und richtet keinen wirtschaftlichen Schaden mehr an.

Vorrangiges Ziel der Bestandesführung ist es, günstige Wachstumsbedingungen für die Kultur zu schaffen, damit diese durch Konkurrenzkraft ihren Beitrag zur Unkrautbekämpfung

fung leisten kann (PANK und REICHARDT 2010). Dieses Ziel wird unter anderem erreicht durch die Wahl eines geeigneten Standorts, geeignete Sä- oder Pflanztechnik bei Verwendung von hochwertigem Sä- bzw. Pflanzgut, optimale Nährstoffversorgung, gegebenenfalls Beregnung oder Bekämpfung von Krankheiten oder Schädlingen. Die langjährigen Erfahrungen im ökologischen Arznei- und Gewürzpflanzenanbau zeigen, dass, anders als bei Herbizidstrategien, eine erfolgreiche nicht-chemische Unkrautregulierung nicht durch hocheffektive Einzelmaßnahmen gewährleistet werden kann. Vielmehr sind systemare Ansätze unter Einbeziehung indirekter Maßnahmen (z.B. Fruchtfolge und Vorbewirtschaftung, Optimierung der Bestandesführung) sowie Kombinationen von direkten Bekämpfungsmaßnahmen gefragt (PANK und REICHARDT 2010). Auch ZILLGER et al. (2009) weisen darauf hin, dass eine optimale Stellung in der Fruchtfolge, optimale Saatbettbereitung, eine präzise Sä- oder Pflanztechnik sowie geeignete Vorauflaufverfahren bei Säkulturen die Grundlage bilden für eine erfolgreiche mechanische Regulierung.

Die „Leitlinie zur guten Anbau- und Sammelpraxis (GACP 2006) für Ausgangsmaterial pflanzlichen Ursprungs“ der EMA (European Medicines Agency) bildet hierfür die Basisstrategie und soll dazu beitragen, eine angemessene und einheitliche Qualität der Heilpflanzen bzw. der pflanzlichen Drogen zu produzieren (EMA 2006).

Auf den GACP-Richtlinien basiert auch der Nationale Aktionsplan zum integrierten Pflanzenschutz (NAP), durch den erreicht werden soll, den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zu reduzieren. Der Deutsche Fachausschuss für Arznei-, Gewürz- und Aromapflanzen (DFA) und die Forschungsvereinigung der Arzneimittel-Hersteller e.V. (FAH) haben in diesem Zusammenhang „Leitlinien für den integrierten Pflanzenschutz im Sektor Arznei- und Gewürzpflanzen“ herausgegeben, die ebenfalls als Grundlagen dienen (DFA und FAH 2012). Auf diese wird auch in den Durchführungsgrundsätzen zur Guten fachlichen Praxis im Pflanzenschutz verwiesen (BMEL 2015). Zudem bilden sie in dem gemeinsam vom Bundesverband der Arzneimittel-Hersteller (BAH) und vom Bundesverband der Pharmazeutischen Industrie (BPI) entwickelten „Code of Practice zur Vermeidung und Verringerung von Kontaminationen pflanzlicher Arzneimittel mit Pyrrolizidinalkaloiden“ die Grundlage für die Maßnahmen im Anbau (BAH und BPI 2014).

HONEGGER et al. (2014) berichten von den Auswirkungen langjähriger biologischer Landwirtschaft unter anderem auf Ertrag und Unkrautdruck. Die untersuchten Betriebe werden dabei eingeteilt in eine Kontrollgruppe (konventionell), kürzlich umgestellte Betriebe (2-4 Jahre Biobewirtschaftung), junge Biobetriebe (10-14 Jahre) und alte Biobetriebe (16-33 Jahre). Es hat sich gezeigt, dass die Bodenbedeckung mit Unkräutern nach der Umstellung auf „Bio“ rasch zunimmt, die Dauer der Biobewirtschaftung aber keinen signifikanten Effekt auf den Unkrautdruck hat. Innerhalb der einzelnen Gruppen gibt es allerdings sehr große Unterschiede bezüglich der Unkrautbodenbedeckung und es gibt durchaus einige Biobetriebe, die das Unkraut auch langfristig gut unter Kontrolle haben. Diese Unterschiede sind den Autoren zufolge im Wesentlichen durch die Standortfaktoren sowie das Unkrautmanagement und die Unkrauttoleranz des Betriebsleiters beeinflusst.

Nach BÖHM et al. (2014) gibt es zahlreiche Managementfaktoren, welche die Bestandesetablierung und damit den Unkrautdruck beeinflussen, darunter beispielsweise die Schlagauswahl, die Stoppel- und Grundbodenbearbeitung oder die Vorbewirtschaftung der Flächen. Die N_{\min} -Menge in 0-60 cm Tiefe im Frühjahr war in den Untersuchungen ein wesentlicher Faktor für den Unkrautdeckungsgrad. Die von den Autoren untersuchten Körnerleguminosen profitieren von einer geringen N-Versorgung des Bodens, da sie Luftstickstoff nutzen können und damit den entscheidenden Vorsprung vor dem Unkraut haben.

Einen Überblick über direkte Unkrautbekämpfungsmaßnahmen in Arznei- und Gewürzpflanzenkulturen geben RÖHRICHT (2003). Mittels standardisierter Fragebögen erhob er deutschlandweit die einzelnen anbautechnischen Verfahrensschritte in ökologisch wirtschaftenden Betrieben und wertete diese kulturspezifisch aus. Die Ergebnisse zeigten die verschiedensten Intensivierungsgrade bezüglich des Unkrautmanagements und spiegelten den mit den verschiedenen Strategien (Abflammen, Striegeln, Häufeln, Mulchen) nur geringen bis befriedigenden Bekämpfungserfolg von Unkräutern in der Reihe wider und zeigten, dass auf die arbeits- und kostenintensive Handhacke nicht verzichtet werden kann. Neben der Erfassung des Ist-Standes wurden Schwachstellen analysiert und Vorschläge zur weiteren Entwicklung aufgezeigt. So sprechen die Autoren von großem Handlungsbedarf bei der Entwicklung kostengünstiger Verfahren zur Unkrautregulierung, wobei die Schwerpunkte auf die Verbesserung der Hackens (Fingerhacke), thermischer Verfahren, des Striegel- und Eggeneinsatzes sowie von Mulchverfahren gesetzt werden sollten.

Bei der Unkrautregulierung mit Scharhackgeräten wird nach PETZOLD und KOLBE (2002) für die meisten Kulturen empfohlen, bei der ersten Maschinenhacke unmittelbar nach Sichtbarwerden der Reihen mit Gänsefußscharen und Hohlschutzscheiben zu arbeiten, um die jungen Pflanzen vor dem Verschütten oder vor dem Abreißen der Wurzeln zu schützen. SEIFERT (1981) empfiehlt, ab der zweiten Hacke mit Winkelmessern und zunehmend tiefer zu arbeiten.

Spezielle Untersuchungen zur Wirkung mechanischer Verfahren wurden in den Pflanzkulturen von Melisse und Baldrian von PIETZSCH et al. (2009) im Projekt „Unkrautregulierung im Arznei- und Gewürzpflanzenanbau – Leistungsvergleich verschiedener Techniken“ durchgeführt. Ein besonderes Augenmerk der Versuche lag auf der Testung von Unkrautregulierungsverfahren zwischen den Reihen und die kombinierte Prüfung von Herbiziden im Vor- und Nachauflauf. Die Schädigungen am Kulturpflanzenbestand wurden mit Hilfe optischer Verfahren (Biomassevolumen) abgebildet, wodurch eine differenzierte Auswertung möglich war. Die Kombination eines Geräts, das in der Reihe arbeitet, und eines Geräts, das zwischen den Reihen arbeitet, hat sich als positiv erwiesen, wobei die Geräte bestmöglich aufeinander und auf die Kultur abgestimmt sein müssen. Als Beispiel für eine optimale Gerätekombination mit hohem Unkrautregulierungserfolg wurde Fingerhacke plus Reihenhackbürste angeführt, wobei es nicht ausschlaggebend ist, ob die Geräte gleichzeitig oder in zwei Überfahrten eingesetzt werden.

Derzeit werden im „Demonstrationsprojekt Arzneipflanzen“ Anstrengungen unternommen, am Beispiel Melisse und Baldrian Direktsaatverfahren zu entwickeln, um die Anbaukosten zu senken. Allerdings werden noch Verfahren zur Unkrautregulierung im Voraufbau und in den ersten Wochen nach dem Feldaufgang benötigt (MEINHOLD et al. 2013).

Fenchel und andere Körnerfrüchte

Wichtigste Maßnahmen in der Säkkultur Fenchel sind nach ZILLGER et al. (2009) bzw. GROHS (2007) das Abflammen im Voraufbau bei hohem Unkrautdruck und der erste Hackdurchgang zwischen den Reihen mit Winkelscharen möglichst bald nach Auflaufen der Kultur. Dies ist die Basis für eine erfolgreiche Regulierung innerhalb der Reihe. ZILLGER et al. (2009) verweisen darauf, dass bei optimaler Kombination von Abflammgeräten und Hackmaschinen ein Verzicht auf die Handhacke möglich ist, ein falscher Einsatz von in der Reihe arbeitenden Geräten aber zu Kulturschäden führen kann. Der größte Re-

gulierungserfolg, also die größte Verringerung der Anzahl an Unkräutern, wurde mit der Unihacke erzielt, gefolgt von der Fingerhacke, der Torsionshacke und der Gänsefußhacke, wobei die Unterschiede aber gering waren.

RUMPLER und REICHARDT (2008) empfehlen, einen Rollstriegeleinsatz in Fenchel gut abzuwägen, da trotz nachgewiesener hoher Unkrautwirkung auch in der Reihe die Bearbeitung nur geringfügig im Ertrag und kaum in der Qualität der Inhaltsstoffe honoriert wird.

RÖHRICHT et al. (2003) stellten fest, dass folgende Geräte in den befragten Betrieben beim Fenchelanbau zum Einsatz kommen: Maschinenhacken, Striegel, Eggen, Abflammgeräte, Fräsen, Bürsten und Mulchgeräte. Die verwendeten Geräte bzw. Maßnahmen haben in der Reihe einen maximal durchschnittlichen Regulierungserfolg (Abflammen 50%, Striegeln/Eggen 43%, Abschlegeln 40%), aber führen auch zu Kulturpflanzenverlusten bis 10%.

Im Kümmelanbau werden laut RÖHRICHT et al. (2003) folgende Geräte häufig eingesetzt: Maschinenhacken, Striegel, Fräsen und Bürsten, wobei die Anzahl der Arbeitsgänge sehr unterschiedlich ist. Deren Umfrageergebnisse legen nahe, dass neben der Handhacke eine thermische Bekämpfung kurz nach dem Auflauf sehr erfolgreich sein kann.

ROLFSMEYER (2007) berichtet von seinen mehrjährigen positiven Praxiserfahrungen von Fenchelanbau auf Dämmen: Die Erträge sind mindestens auf gleichem Niveau wie im Flachanbau, Problemunkräuter können effektiv und kostengünstig reguliert werden, die Bodenstruktur wird verbessert und Erosion vermindert.

FISCHER-KLÜVER (2014) schildert das Unkrautmanagement eines Bioland-Betriebs im UNESCO-Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin in Brandenburg: Fenchel wird im Frühjahr zwei- bis dreimal gehackt. Zusätzlich erfolgt vor Bestandesschluss der Einsatz einer Reihenfräse. Eine thermische Behandlung im Vorauflauf lohnt sich nicht, da das Frühjahr für eine zeitige Keimung der Unkräuter in der Regel zu trocken ist.

Baldrian

PIETZSCH et al. (2009) testeten in ihren Baldrian-Versuchen verschiedene Gerätekombinationen gegen eine Herbizidvariante und eine Handhackkontrolle. Den tendenziell größten Regulierungserfolg erzielten sie mit einer Kombination aus Bürstenhacke und Unihacke. Die Kombination von Bürstenhacke und Fingerhacke schnitt ebenfalls gut ab. Vor allem die Variante Gänsefußhacke und Unihacke verursachte Kulturpflanzenschäden und kann in ungünstigen Fällen sogar zu einer Ertragsreduktion führen. Die Autoren erkennen aber auch eine starke Standortabhängigkeit des Regulierungserfolgs.

Nach RUMPLER und REICHARDT (2008) kann ein zu später Rollstriegeleinsatz in Baldrian zu Wurzelschäden führen.

Schnittlauch

Nach den Umfrageergebnissen von RÖHRICHT et al. (2003) versprechen folgende Geräte den größten Regulierungserfolg in Schnittlauch: Abflammgerät, Egge und Fingerhacke.

Schnittlauch ist eine der wenigen Kulturen, die nach dem Auflaufen noch eine thermische Behandlung tolerieren. RÖHRICHT und KÖHLER (2006) führten Versuche zum Abflammen bei Schnittlauch durch und kamen zu dem Ergebnis, dass mit der Variante Abflammen zu den Zeitpunkten Vorauflauf und Peitschenstadium durchschnittlich die beste Wirkung und

der höchste Ertrag erzielt wurde. Der höchste Wirkungsgrad per se wurde zum Zeitpunkt des Peitschenstadiums beobachtet, da zu diesem Zeitpunkt viele Unkräuter im thermisch sensiblen Zwei- bis Vierblattstadium waren. Ein Abflammen zum Bügelstadium führte zu deutlich stärkeren Kulturschäden als zum Zeitpunkt Peitschenstadium, wobei allerdings der Schnittlauch nur oberirdisch geschädigt wurde und eine schnelle vollständige Regeneration möglich war. Die Autoren beobachteten die Tendenz, dass in sehr feuchten oder trockenen Jahren ein einmaliges Abflammen im Voraufbau zu den höchsten Erträgen führte.

Petersilie

Nach den Umfrageergebnissen von RÖHRICHT et al. (2003) führen folgende Maßnahmen in Petersilie zum größten Unkrautbekämpfungserfolg: Handhacke, Abflammen und Striegeln.

BRAUN (2011) berichtet von Erfahrungen mit der Torsionshacke in Petersilie und empfiehlt, die Petersilie als relativ empfindliche Kultur mit einer weniger scharfen Einstellung der Torsionszinken zu hacken. So bleibt zwar ein Streifen unbearbeitet, aber da die Zinken die Erdkruste zwischen den Pflanzen lockern und bewegen, werden kleinere Unkräuter im Zwei- bis Vierblattstadium häufig mit abgerissen und vertrocknen je nach Witterung zu 80-90%.

Pfefferminze

In der Pfefferminze, wegen ihres Anbauumfangs traditionell eine sehr wichtige Arznei- und Gewürzpflanze in Bayern, ist das Unkrautmanagement und somit eine wirtschaftliche Produktion insbesondere durch die mehrjährige Nutzung und die Bildung von Horsten sowie zahlreichen ober- und unterirdischen Stolonen erschwert. Zur Pfefferminze wurde nur sehr wenig Literatur gefunden, was zeigt, wie schwierig es auch für Landwirte oder Berater ist, an Informationen zu gelangen. Über Versuche zur nicht-chemischen Unkrautregulierung wird praktisch nicht berichtet. Vor allem aus den USA gibt es dagegen eine ganze Reihe von Veröffentlichungen zum Herbizideinsatz in Minze.

RÖHRICHT et al. (2003) berichten in ihrer „Analyse der ökologischen Produktionsverfahren für Heil- und Gewürzpflanzen in Deutschland“, dass in der Pfefferminze häufig drei bis fünf Maschinenhacken erfolgen, häufig ergänzt durch ein- bis dreimaliges Striegeln. Als klassische Problemunkräuter wurden von den damals befragten Betrieben vor allem die Jährige Risppe und die Distel genannt.

PLASCHY (2013) bzw. CARLEN und CARRON (2014) berichten vom Einfluss einer Kulturabdeckung während des Winters auf Ertrag und Qualität von verschiedenen Minzearten und Melisse. Eine Abdeckung mit schwarzem Bändchengewebe als Frostschutzmaßnahme unter schweizerischen Bedingungen bis ca. Mitte März führt nach mehrjährigen Beobachtungen zu deutlich höheren Kraut-/Blatterträgen (wohl zurückzuführen auf höhere Überwinterungsraten), zu geringerem Arbeitskraftstundenaufwand, zu geringerem Unkrautanteil im Erntegut und zu deutlich geringeren Kosten für die Unkrautbekämpfung. Die beiden letztgenannten Punkte sind möglicherweise zurückzuführen auf das Ergebnis einer besseren Bestandesdichte und somit eine bessere Unkrautunterdrückung. Nach mündlichen Informationen von CARLEN (2014) müsste sich eine solche Abdeckung auch für größere Anbauflächen im Hektarmaßstab rechnen.

Zitronenmelisse

PIETZSCH et al. (2009) stellten fest, dass in Zitronenmelisse Varianten mit einer Reihenhackbürste positiv und auch nachhaltig waren, d.h. dass der Effekt der Unkrautregulierung länger anhielt und auch im zweiten Standjahr zu einer geringeren Anfangsverunkrautung führte. Schlechter schnitten hier die Varianten Handhacke, Herbizid, Gänsefußhacke + Fingerhacke sowie Gänsefußhacke + Unihacke ab. Der Regulierungserfolg mit verschiedenen Geräten ist den Autoren zufolge allerdings vor allem durch den Standort beeinflusst. Zudem erkannten sie, dass sich mechanische Unkrautregulierungsmaßnahmen insbesondere in jungen Beständen negativ auf die Kulturpflanzenentwicklung auswirkten. So lag der per Kamera ermittelte Deckungsgrad der Zitronenmelisse im Pflanzjahr bei der Handhackvariante bei ca. 33% (per Zählrahmen ermittelt bei ca. 45%), in den mechanischen Regulierungsvarianten zwischen 23 und 30% (Zählrahmen: 34-40%). Am schlechtesten schnitt diesbezüglich jedoch die Herbizidvariante ab, bei der der Deckungsgrad bei ca. 22,5% lag (Zählrahmen: ca. 26%). Das mittels dreidimensionaler Abbildungen ermittelte Bestandesvolumen verhielt sich ähnlich: auch hier schnitt die Handhackvariante am signifikant besten ab, die Herbizidvariante am signifikant schlechtesten. Diese Effekte wurden zum Erntezeitpunkt und in den Erträgen noch tendenziell beobachtet.

Für Zitronenmelisse liegen auch bereits Erfahrungen mit einer kamerageführten Hackmaschine vor (PFEIFFER 2014). Ein aus Stecklingen vermehrter Bestand wurde von der 2D-Kamera sehr schlecht, ein aus Samen vermehrter Bestand dagegen sehr gut erkannt, so dass die Unkrautregulierung mit der Fingerhacke hier ausgezeichnet funktionierte. In abgeernteten bzw. neu austreibenden Melissebeständen funktioniert die Reihenerkennung nicht, da zu wenig grüne Blattmasse vorhanden ist. In neu austreibenden Beständen im Frühjahr muss die Reihenführung allerdings nicht ganz so exakt sein, so dass in diesem Fall auf Handsteuerung umgestellt werden kann.

Ringelblume

TRUNK (2000) beschreibt die Möglichkeiten der mechanischen Unkrautregulierung im Arznei- und Gewürzpflanzenanbau am Beispiel der Ringelblume und führt unter anderem Versuche durch mit Sternhacke, Teleskophacke mit Gänsefußscharen und Bügelhacke. Alle Hackgeräte hatten eine befriedigende bis gute Wirkung, wobei aber durchaus Unterschiede im Regulierungserfolg einzelner Problemunkräuter auftraten. Die Ackergänsedistel beispielsweise wurde mit Stern- und Teleskophacke gut bis sehr gut, mit der Bügelhacke nur unzureichend bekämpft (einjährige Ergebnisse).

Dill

BOCK (2001) befasste sich mit den Möglichkeiten des integrierten Pflanzenschutzes bei Dill und beschrieb unter anderem physikalische Maßnahmen und Kulturmaßnahmen. Demnach müssen anbautechnische Maßnahmen immer auf einen gleichmäßigen Feldaufgang und eine zügige Jugendentwicklung ausgerichtet sein, um das kultureigene Unkrautunterdrückungspotential auszuschöpfen. Nach STRUNZ et al. (1992) haben Tetra- und Mammutsorten einen verzögerten Reihenschluss im Vergleich zu diploiden Sorten, so dass sich das Unkraut stärker entwickeln kann. Es sei allerdings zu bedenken, dass sich zum Zweiblattstadium der Unkräuter auch der Dill etwa noch im Zweiblattstadium befindet, was einen zeitigen Geräteinsatz erschwert. Für den Einsatz thermischer Verfahren gibt BOCK (2001) zu bedenken, dass Dill bei warmer Witterung relativ schnell auflaufen

kann (6-7 Tage) und damit nur ein sehr kurzer Behandlungszeitraum zur Verfügung steht. Vor der Ernte ist eine Handhacke unerlässlich, wobei der Autorin zufolge 100-300 Akh/ha angesetzt werden müssen.

Weitere Kulturen

Schließlich wurde dazu übergegangen, Informationen zu Gemüsekulturen oder beispielsweise Soja zu suchen, da hier deutlich mehr Literatur vorliegt. Die Erfahrungen können teilweise sicher auf die Arznei- und Gewürzpflanzenkulturen übertragen werden.

Zu einigen Gemüsekulturen gibt es positive Abflammerfahrungen im Nachauflauf, beispielsweise beim Anbau von Lauch (TOTAL 2003) oder der Winterheckenzwiebel (ERNST 2006). Beim Lauch waren die Kulturschäden aufgrund des Schichtenaufbaus der Stängel nur minimal und auch mehrmaliges Abflammen führte lediglich zu einigen Tagen Wachstumsrückstand. Nach den Versuchen von ERNST (2006) ist der optimale Abflammentermin der Winterheckenzwiebel, wenn das Bügelstadium gerade erreicht wurde, bei späteren Terminen sinken die Erträge durch die Schädigung der Kultur. Für den Regulierungserfolg ist es wichtig, dass an der Pflanze Temperaturen von ca. 60°C ankommen, der Bestand soll nicht abgebrannt werden.

MANSBERG et al. (2004) führten umfangreiche Versuche durch zum Geräteeinsatz in verschiedenen Gemüsekulturen auf verschiedenen ökologisch wirtschaftenden Praxis- und Versuchsbetrieben. Ihnen zufolge stellen bei der Sätzwiebel das Abflammen im Vorauflauf sowie der erste Handjätgang im Reihbereich die wichtigsten Maßnahmen dar. Zum Hacken zwischen den Reihen können Flachhäufler bei lockerem schütffähigem Boden ab einer Kulturpflanzenhöhe von 10-12 cm eingesetzt werden bzw. bei gröber strukturierter Erde ab 15 cm. Falls weitere Maschineneinsätze erforderlich sind, eignet sich beispielsweise die Fingerhacke besser als ein Striegel.

Die Autoren testeten außerdem Geräte in Möhren, Porree, Knollensellerie und Roten Rüben.

Sie empfehlen der Praxis, den Porree und Sellerie zu pflanzen und der Kultur dadurch den entscheidenden Entwicklungsvorsprung vor dem Unkraut zu geben. Ca. 2-3 Wochen nach der Pflanzung sollte die erste maschinelle Hacke in der Reihe stattfinden, wobei sich Häufeln mit Flachhäuflern empfiehlt bzw. Striegeln, wenn der Lauch in Furchen gepflanzt wurde. Zur zweiten Hacke in der Reihe eignen sich Fingerhacke, Striegel oder eine Kombination aus beiden, Rotorstriegel, Reihenstriegel oder Torsionshacke, wobei unter günstigen Bedingungen alle Geräte einen Regulierungserfolg zwischen 80 und 98% (Lauch) bzw. 70 und 95% (Sellerie) aufweisen und – zumindest bei Lauch – teilweise ganz auf Handarbeit verzichtet werden kann. Bei Sellerie sollte bei hohem Unkrautdruck ein abschließender Flachhäufelgang erfolgen.

Bei Roten Rüben bleibt der erste Jätgang im Reihbereich nach der Hacke zwischen den Reihen Handarbeit, ab einer Kulturpflanzenhöhe von 10 cm werden Flachhäufler erfolgreich eingesetzt.

Im ökologischen Möhrenanbau bleibt zumindest der erste Jätgang im Reihbereich ebenfalls Handarbeit. Sehr positiv wirken sich Unkrautkuren vor der Möhrensaat, vorgeschaltete Gründüngungen oder Abflammen im Vorauflauf aus, da diese Maßnahmen den Unkrautdruck deutlich reduzieren. Zur Bearbeitung zwischen den Reihen eignen sich insbesondere Flachhäufler ab 10-12 bzw. 15 cm Kulturpflanzenhöhe (siehe oben, Sätzwiebel).

PETZOLD und KOLBE (2002) testeten den Einsatz verschiedener boden- und zapfwellenangetriebener Hackgeräte in Möhren, Buschbohnen, Zucker-/Futtermühen, Spinat, Mais und Porree. Sie kamen zu dem Schluss, dass sich in Möhren zur Unkrautregulierung zwischen den Reihen die Tellerhackbürste besser eignet als Bügelhacke oder Scharhacke, dass sich die Geräte bei optimaler Einstellung im Regulierungserfolg und der Kulturpflanzenschädigung in der Reihe aber nicht deutlich unterscheiden. Jedoch waren die Kulturschäden beim Einsatz von Tellerhackbürste und Bügelhacke zur ersten Maschinenhacke deutlich höher als beim Einsatz der mit Hohlschutzscheiben ausgestatteten Scharhacke.

Vergleichsweise sehr viel Information liegt zur Unkrautregulierung im Sojaanbau vor.

MÜCKE (2012) berichtete von Unkrautregulierungsversuchen in Soja und empfiehlt dabei einen Anbau als Hackfrucht. Weiter empfiehlt er Blindstriegeln oder Abflammen im Voraufbau und einen sehr vorsichtigen Striegeleinsatz, gegebenenfalls mit dem Treffler-Präzisionszinkenstriegel, ab dem Entwicklungsstadium BBCH 10. Ab BBCH 11 verträgt die Kultur das Striegeln sehr gut, allerdings nur bis BBCH 12-13 (Laubblatt am 2. bzw. 3. Nodium entfaltet), da die Pflanzen sonst S-förmig weiterwachsen, was die Standfestigkeit verringert und die Ernte erschwert. Zusätzlich zur Scharhacke sollten nach Möglichkeit Werkzeuge eingesetzt werden, die in der Reihe arbeiten, beispielsweise eine Sternrollhacke, Fingerhacke oder Torsionshacke. Basis für eine erfolgreiche Kultur ist selbstverständlich die Auswahl eines passenden Standorts, einer geeigneten Sorte und Vorfrucht, eine rechtzeitige Unkrautregulierung und Beobachtung der Wetterentwicklung.

ZILLGER et al. (2009) berichten, dass bei einer erfolgreichen Voraufbaumaßnahme (Abflammen oder Sternhacke) und Bearbeitung zwischen den Reihen mit Häufelwirkung (z.B. Frontgrubber) zu einem pflanzenverträglichen Termin ein Verzicht auf in der Reihe arbeitende Geräte möglich ist. Eine rechtzeitige Unkrautregulierung ist beim Sojaanbau dadurch erschwert, dass die Sojapflanzen zum optimalen Unkrautstadium besonders bruchempfindlich sind.

Es wird von den Erfahrungen eines Landwirts berichtet, der die Sojapflanzen nach dem Aufbau bei einer Pflanzengröße von ca. 3 cm mit ca. 3 cm Erde verschüttet und anschließend bis zu einer Kulturpflanzengröße von 10 cm mehrmals mit dem Treffler-Striegel striegelt. Letzter Arbeitsgang ist schließlich eine Maschinenhacke zum Anhäufeln der Kultur (ANONYM 2014).

Automatisierung

In den letzten Jahren gab es insbesondere im Bereich der Automatisierung der Unkrautregulierung interessante Entwicklungen. Zu nennen sind hier beispielsweise Reihenführungssysteme mittels Sensorkamera oder Real Time Kinematic (RTK) sowie kameragestützte Unkrautregulierungssysteme. Da die technischen Details bereits in der Geräteübersicht beschrieben sind (siehe Tabelle A 8), werden hier nur einige Praxiserfahrungen ergänzt.

WANKE (2006) gibt einen Überblick über das Steuern mit Kameras und empfiehlt für den ersten Hackdurchgang kurz nach Aufbauen der Kultur die Aussaat einer schnellkeimenden Markiersaat, z.B. Senf, als Hilfsreihe zwischen zwei Kulturreihen.

Bei Verwendung einer GPS-Steuerung ist auch bereits ein „Blind-Hacken“ vor dem Aufbau denkbar (SCHWARZ und HEGE 2014).

PFEIFFER (2014) beschreibt seine Praxiserfahrungen mit einer kamerageführten Hacktechnik auf Basis eines kleinformatigen Hackrahmens für die Unkrautregulierung im Arznei- und Gewürzpflanzenanbau. Es handelt sich dabei um eine vierreihige Hackmaschine der Maschinenfabrik Schmotzer GmbH mit einer Arbeitsbreite von 1,5 m und 2D-Kamerasteuerung. Sehr gut und bereits frühzeitig funktioniert die Technik in gesäter Kapuzinerkresse, Artischocke und Kamille. Bei gepflanzten Kulturen funktioniert die Kameraerkennung unterschiedlich gut: Pflanzen mit kräftigen Blättern werden gut erkannt, Pflanzen mit vielen hellen oder gelben Blättern oder Kopfstecklinge werden schlecht erkannt. Ebenso wenig funktioniert die Technik in abgeernteten Melisse- oder Pfefferminzbeständen oder in neu austreibenden Beständen im Frühjahr.

RUEGG et al. erarbeiteten im Jahr 2011 die hilfreiche und neutrale Flugschrift „Satellitengesteuerte Lenksysteme im Feldgemüsebau“ als Einstiegs- und Orientierungshilfe.

SCHWARZ und HEGE (2014) beschreiben, dass mit jedem Zentimeter Abstand zur Kulturpflanzenreihe eine unbearbeitete Fläche entsteht, die ca. 10 Akh/ha an zusätzlichem Handjäteaufwand bedeuten. Sie führen außerdem an, dass aufgrund der geforderten Präzision die Fahrgeschwindigkeit bei manueller Steuerung oft unter der für das jeweilige Hackgerät optimalen Fahrgeschwindigkeit liegt. In Versuchen auf dem Versuchsbetrieb Queckbrunnerhof des DLR Rhein-Pfalz kamen sie zu dem Ergebnis, dass die Beikrautregulierung im Freilandgemüsebau mittels GPS-Steuerung sowohl der Maschinen als auch der Geräte schneller (bis 9 km/h), kostengünstiger (Kosteneinsparung in Spinat: 70 €/ha, in Speisewiebeln: 170 €/ha) und präziser (mit RTK-Korrektur +/-2,5 cm) durchgeführt werden kann.

Derzeit werden im Projekt „Beikrautregulierung in Ökobetrieben mit Gemüsekulturen unter besonderer Betrachtung von moderner RTK-Steuerungs-, Ultraschall- und Kameratechnik inkl. Arbeitswirtschaft und Kosten“ der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau die Erkenntnisse moderner Steuerungstechniken in Gemüsebaubetrieben umgesetzt (SANDER und KREB 2014). Die Recherche ergab, dass vollautomatische Hackgeräte zur Regulierung in der Reihe wie beispielsweise der Robovator (Poulsen/K.U.L.T.) aktuell auf vielen verschiedenen Feldtagen z.B. der Gemüsebaupraxis, Messen o.ä. vorgestellt werden und dort offenbar auch einen guten Eindruck hinterlassen. Praxiserfahrungen von Landwirten oder Versuche mit diesen Geräten wurden dagegen noch nicht gefunden.

Unkrautbiologie

VÖLKEL (2012) referierte im Rahmen des Ökoplant-Seminars 2012 über das Thema „Problemunkräuter im Ackerbau, gibt es die überhaupt?“. Für Distel, Franzosenkraut, verschiedene Hirsearten, Ampfer und einige andere Unkrautarten stellte er dabei Biologie und nicht-chemische Bekämpfungsmöglichkeiten vor.

Darüber hinaus gibt es noch eine Reihe weiterer Publikationen, die sich dem Thema Unkrautbiologie und Regulierungsmaßnahmen widmen, hier ein Auszug davon:

Der Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen veröffentlichte das Merkblatt „Der Ackerkratzdistel intelligent und ökologische zu Leibe rücken (ANONYM 2012) und berichtet dort unter anderem von einer innovativen Drahtseilmethode nach Turiel, bei der Dämme mit einem quer gespannten Drahtseil an der Grenze zwischen Ober- und Unterboden unter-schnitten und so die Disteltriebe abgeschnitten werden.

Die Staatliche Lehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Weinbau und Gartenbau, Neustadt/Wstr. veröffentlichte ein Merkblatt zu Portulak und dessen schwierigen Bekämpfung (in abgeflamten Beständen treibt Portulak oft wieder aus; mechanisch bekämpfte Pflanzen wachsen nach Bewässerung oft wieder an) (SCHLAGHECKEN 2003). Da Portulak während der Keimung empfindlich auf hohe Salz- und Ammoniumgehalte im Boden reagiert, kann man möglicherweise durch eine Düngung auf das fertige Pflanzbeet eine Keimstörung bewirken. Ansonsten empfiehlt es sich, eine Erstbesiedelung zu vermeiden und ein Aussamen unbedingt zu verhindern.

TOTAL (2010) berichtet von der Sumpfkresse und der eher schwierigen direkten Bekämpfung im Ökoanbau. Bei heißer Witterung erzielt man gute Regulierungsergebnisse mit Scheibeneggen. Auf rotierende Werkzeuge (Fräsen) sollte verzichtet werden, da durch die Zerstückelung der Wurzeln immer neue Pflanzen entstehen.

Der Schweizer Strickhof gab einen hilfreichen Maßnahmenkatalog zur nicht-chemischen Bekämpfung wichtiger Unkräuter heraus, der unter anderem Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Saattermin und Gerätewirkung umfasst. So gilt beispielsweise der Anbau von Faserhanf als Radikalkur gegen die Ackerkratzdistel, Hackfrüchte dagegen führen oft zu einer Distelvermehrung, da der normale Hacktermin die Ausläuferbildung fördert (ANONYM 2012-2014).

Nach TOTAL (2003) sind durch Abflammen – in seiner Studie mittels Infrarotstrahlung – Franzosenkraut, Vogelmiere, Amaranth und andere eher weiche, krautige Arten sehr gut zu bekämpfen. Schwer zu bekämpfen sind dagegen Gräser wie Hirse, Arten mit eher verholztem Stängel oder ältere Unkräuter.

Wissenstransfer

Wie bereits angedeutet, werden neben den klassischen Formen des Wissenstransfers – in erster Linie über entsprechende Fachliteratur – gerade auch im Bereich der mechanischen Unkrautregulierung oftmals andere praxisnahe Formen der Wissensvermittlung gewählt. Hierunter fallen beispielsweise Feldtage, Fachseminare oder auch Filmaufnahmen. Hervorzuheben wäre hier ein Feldtag zum Thema „Mechanische Unkrautregulierung im Gemüsebau“ des Forschungsinstituts für biologischen Landbau (FiBL) in der Schweiz, der 2012 abgehalten wurde und zu dem auch ein Film veröffentlicht wurde (FiBL 2012, anzusehen auf <http://www.youtube.com/watch?v=KGMONCsGYr4>).

5.2 Befragung von Geräteanbietern (H. Schmidt, Ökoplant)

Von den 17 Firmen, zu denen im Rahmen der Befragung Kontakt aufgenommen wurde, kamen auch nach mehrmaligem Nachfragen und Erinnern nur drei komplett ausgefüllte Fragebögen zurück. Drei weitere Firmen übermittelten fragmentarisch bearbeitete Fragebögen, mit z.T. nur wenigen beantworteten Fragen. Im Folgenden werden deshalb nur einzelne ausgewählte Fragenbereiche vorgestellt. Eine detaillierte Auswertung ist aufgrund des geringen Rücklaufs nicht sinnvoll.

Nur einer der sechs Anbieter wies Erfahrungen mit dem Einsatz von Geräten in AuGs auf und auch dieser nur mit einer Kultur – Scharhacke in Majoran.

5.2.1 Häufige Fehler beim Geräteeinsatz in der Praxis

In Abbildung 1 sind die Angaben zusammengestellt, die von den sechs Anbietern zur Häufigkeit von Fehlern bei der Anwendung von verschiedenen Geräten zur mechanischen Unkrautregulierung gemacht wurden.

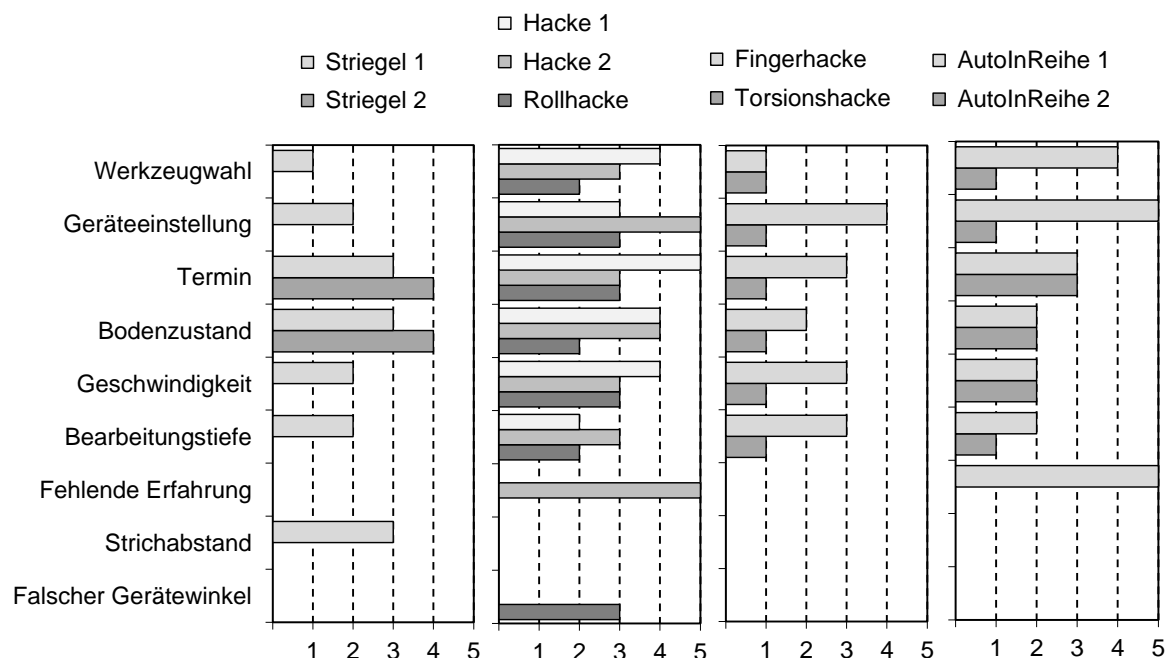


Abbildung 1: Angaben von sechs Geräteanbietern über die Häufigkeit von Fehlern beim Einsatz von verschiedenen Geräten zur mechanischen Unkrautregulierung (1 selten, 5 häufig); Hacke 1 und 2 sind Gänsefußscharhacken, AutoInReihe 1 und 2 sind Geräte mit Kameraführung für das Hacken in der Reihe

Striegel

Beim Striegel wurden als häufigste Ursachen für Fehler bei der Unkrautregulierung die Bereiche Einsatztermin und Bodenzustand genannt (Abbildung 1).

Im Einzelnen wurde darauf hingewiesen, dass eine Unkrautregulierung mit dem Striegel vor allem im Voraufbau und zu einem möglichst frühen Termin im Bestand – sobald es die Kulturpflanze erlaubt – erfolgreich ist und der Einsatz in der Praxis häufig zu spät erfolgt. Als Voraussetzung nannten die Anbieter jedoch auch einen weder zu nassen noch zu trockenen Bodenzustand. Bei den Geräteeinstellungen fielen den Anbietern vor allem ungünstige Oberlenkereinstellungen und falsche Zinkenstellungen auf. Ein Anbieter ist der Meinung, dass oft zu schnell gefahren wird. Er geht davon aus, dass langsamere Geschwindigkeiten und dafür schärfere Einstellungen oft zu einem größeren Erfolg führen.

Hacken

Bei der Beurteilung von Fehlerquellen im Einsatz von maschinellen Hacken war kein Schwerpunkt in einem bestimmten Bereich zu erkennen (Abbildung 1). Allerdings lag die Einschätzung der Fehlerhäufigkeit in allen genannten Bereichen relativ hoch.

Es wurde zusätzlich angemerkt, dass die große Auswahl an unterschiedlichen Werkzeugen für Maschinenhacken zu wenig genutzt wird und Geräteeinstellungen zu selten korrigiert werden. Es wurden ein möglichst früher Ersteinsatztermin und häufige Durchfahrten empfohlen. Der Bodenzustand ist in der Praxis nach Aussage der Anbieter beim Einsatz häufig zu feucht oder zu trocken. Die Arbeitsgeschwindigkeit muss kulturangepasst gewählt und die Häufelwirkung der Schare berücksichtigt werden. Bei der Rollhacke beeinflusst der Winkel der Rollsterne zur Fahrtrichtung deutlich den Bearbeitungseffekt.

Geräte zur Unkrautregulierung in der Reihe

Während bei der Fingerhacke und einer kamerageführten Hacke die Geräteeinstellungen als wichtigste Fehlerquelle angegeben wurden, lagen bei der Torsionshacke und dem anderen kamerageführten Gerät die Angaben zur Fehlerhäufigkeit auf niedrigem Niveau (Abbildung 1).

5.2.2 Wichtige Neuerungen bei Geräten zur mechanischen Unkrautregulierung

Folgende wichtige Neuerungen wurden für einzelne Gerätegruppen genannt:

- Striegel: genauere Einstellungsmöglichkeiten, hydraulische Zinkenverstellung, hydraulische Zinkendruckverstellung, Einsatz einer Kombination von Zug- und Druckfedern für einen besseren, fließenden Übergang bei der Einstellung
- Hacke: Verfeinerung der Kameraführung und RTK-Steuerung, benutzerfreundliche multilingualer Computer für die automatische Reihenführung, Dammstriegel und Kammstriegel für Dammkulturen
- Fingerhacke: verschiedene Gummimischungen für unterschiedliche Härtestufen, weitere Fingersterndurchmesser
- Torsionshacke: Halterung mit verstellbarem Neigungswinkel
- Kamerageführte Geräte zur Unkrautregulierung in der Reihe: höhere Arbeitsgeschwindigkeiten, automatische Anpassung des Öldrucks an Bodenzustand und Arbeitsgeschwindigkeit bei einem hydraulischen System, automatische Einstellung des optischen Systems an herrschende Lichtverhältnisse

5.2.3 Computergesteuerte Geräte zur Unkrautregulierung

Schon seit mehreren Jahren werden Hackgeräte mit kameragestützter Reihenführung angeboten. Mechatronische Systeme zur Unkrautregulierung in der Reihe sind hingegen noch wenig verbreitet.

Die befragten Anbieter schätzten die Akzeptanz von Maschinenhacken mit kameragesteuerter Reihenführung sowohl im ökologischen als auch im konventionellen Landbau hoch ein (Abbildung 2). Als wichtigsten Hinderungsgrund einer schnellen Ausbreitung wurde der Preis solcher Geräte genannt. Allerdings variierten die Aussagen stark. Einzelne Anbieter wiesen auf die bereits starke Verbreitung in der Praxis hin und vertraten die Ansicht, dass dies zu einer Ausweitung des mechanischen Hackens in der Praxis führt.

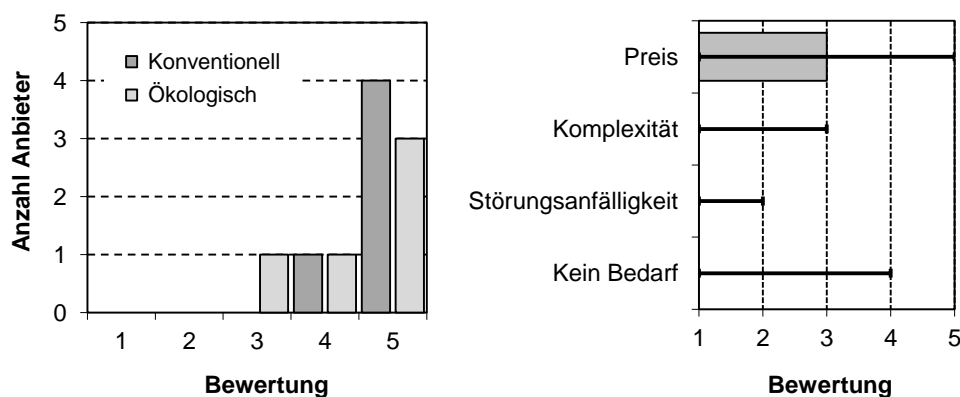


Abbildung 2: links: Bewertung der Akzeptanz von Hackgeräten mit kameragestützter Reihenführung; rechts: Bewertung verschiedener möglicher Hinderungsgründe für eine schnelle Ausbreitung (Fehlerbalken: Spannweite der Aussagen); Bewertung: 1 gering, 5 hoch

Im Vergleich zur kameragesteuerten Reihenführung bewerteten die befragten Anbieter die Akzeptanz von mechatronischen Systemen zur Unkrautregulierung in der Reihe sehr unterschiedlich (Abbildung 3). Als wichtigsten Hinderungsgrund einer schnellen Ausbreitung wurde im Mittel auch hier der Preis dieser Geräte genannt. Die Punkte Komplexität, Störungsanfälligkeit und Kein Bedarf wurden hier höher eingeschätzt als bei Geräten zur kameragesteuerten Reihenführung.

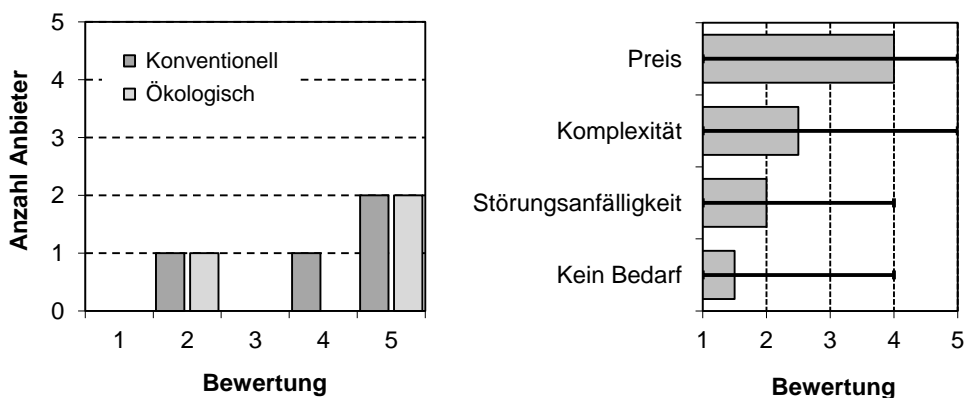


Abbildung 3: links: Bewertung der Akzeptanz von mechatronischen Systemen zur Unkrautregulierung in der Reihe; rechts: Bewertung verschiedener möglicher Hinderungsgründe für eine schnelle Ausbreitung (Fehlerbalken: Spannweite der Aussagen); Bewertung: 1 gering, 5 hoch

5.3 Befragung von Beratern und Experten (H. Schmidt, Ökoplant)

Von den 17 angeschriebenen Ökolandbau-Fachberatern, die auch AuG-Betriebe beraten, beteiligten sich Neun an der Befragung. Bei den 16 AuG-Firmenexperten, die unter anderem ökologisch wirtschaftende Betriebe betreuen, betrug der Rücklauf zehn ausgefüllte Fragebögen. Insgesamt antworteten 58% der Befragten. Von kaum einem Fachberater bzw. Experten wurde der Fragebogen komplett beantwortet. Als Gründe hierfür wurden

u. a. fehlende Erfahrungen zu einzelnen Themen, keine Herausgabe sensibler Daten und Zeitmangel beim Ausfüllen des umfangreichen Fragebogens genannt. In den Abbildungen und Tabellen ist die Anzahl der jeweils beteiligten Befragten vermerkt (n).

5.3.1 Betreute Betriebe

Für die Einschätzung der den Antworten zugrunde liegenden Erfahrung der Befragten ist ein Überblick über den Umfang der betreuten Betriebe sinnvoll. Während von mehr als der Hälfte der Befragten insgesamt jeweils mehr als 50 Betriebe betreut werden, liegt die Anzahl an Betrieben mit ökologischem AuG-Anbau bei der Mehrzahl der Befragten nur maximal bei zehn (Abbildung 4). Die Beratung zum ökologischen AuG-Anbau ist somit nur bei wenigen Fachberatern und Experten ein wesentlicher Bereich der Tätigkeit. Diese Einschätzung wird auch durch die jeweils ökologisch bewirtschaftete AuG-Fläche der betreuten Betriebe bestätigt. Nur bei drei Befragten lag diese über 50 ha und nur bei weiteren fünf zwischen 10 und 50 ha (Abbildung A1 im Anhang).

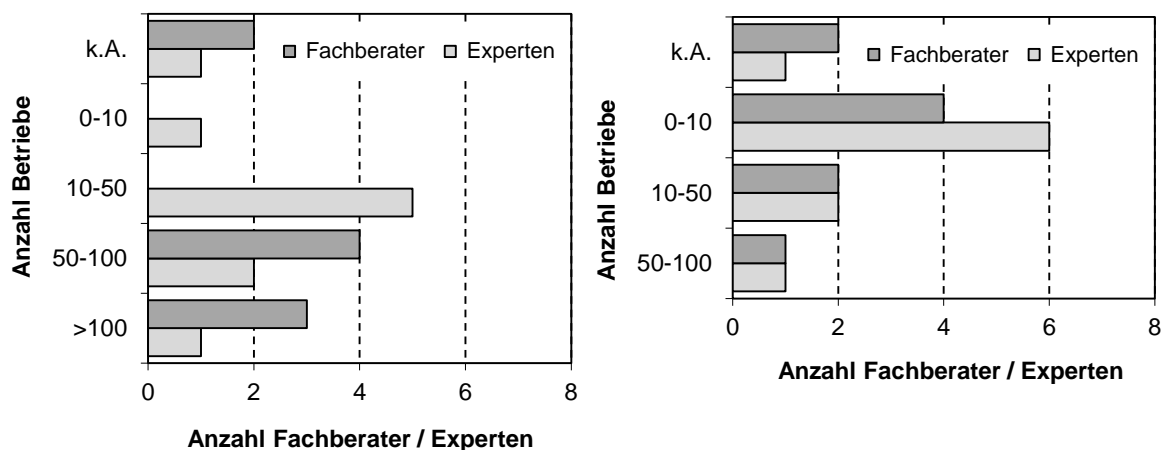


Abbildung 4: links: Anzahl insgesamt betreuter Betriebe der Fachberater (Ökobetriebe mit und ohne AuG-Anbau) und der Experten (ökologisch und konventionell wirtschaftende Betriebe mit AuG-Anbau), n=16 ; rechts: Anzahl betreuter Ökobetriebe mit AuG-Anbau, n=16

5.3.2 Struktur der betreuten Betriebe

Die Angaben der befragten Berater und Experten über den Anteil von AuG an der gesamten Ackerfläche der betreuten Betriebe variierte in einem weiten Bereich (Abbildung 5). Am häufigsten wurden Betriebe mit einem AuG-Anteil von 5 bis 15% genannt.

Auch die Gewichtung der Betriebstypen mit AuG-Anbau wiesen zwischen den Befragten große Differenzen auf (Abbildung 5). Die mit Abstand meisten der von den befragten Beratern und Experten betreuten Betriebe sind Ackerbaubetriebe.

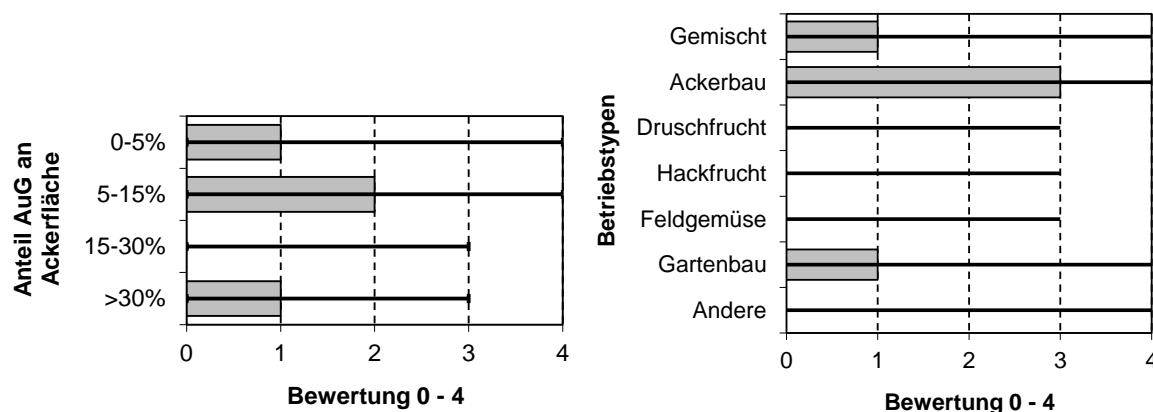


Abbildung 5: links: Anteil AuG-Anbaufläche an der Ackerfläche der betreuten Betriebe (Bewertung: 0: keine Betriebe, 4 alle Betriebe), Median und Spannweite (Fehlerbalken), $n=13$; rechts: Häufigkeit von Betriebstypen mit AuG-Anbau (Bewertung: 0: keine Betriebe, 4 häufig), Median und Spannweite (Fehlerbalken), $n=17$

Nach den AuG-Kulturen mit den höchsten Anbauflächen gefragt, antworteten 14 Berater bzw. Experten. Im Mittel wurden je Befragten sechs AuG-Arten (3 bis 10) und insgesamt 37 verschiedene Arten genannt (Tabelle A 2 im Anhang). Am häufigsten wurden Petersilie, Dill und die Gruppe der Minzen genannt (Tabelle 1). Da von den Befragten z.T. auch konventionell bzw. im Ausland angebaute AuG-Arten bei der Beantwortung mit einbezogen wurden, ist eine Differenzierung der Häufigkeit und der Anbaufläche ökologisch angebauter Arten nicht möglich.

Der Anbau von AuG auf Dämmen spielt in der Praxis nach Aussage der Befragten keine große Rolle. Mit einem wesentlichen Anteil wurden nur die Wurzelfrüchte bewertet. Bei einer Bewertungsskala von 0 bis 4 erreichte der Median auch hier nur 1, bei einer Streuung von 0 bis 4.

Tabelle 1: Kulturen mit größter Anbaufläche ab 3 Nennungen (max. 10 Nennungen je Befragtem), N: Anzahl Nennungen, F: Summe angegebener Anbaufläche, $n=14$

Art	N	F	Art	N	F	Art	N	F
Petersilie	6	458	Schnittlauch	4	109	Basilikum	3	75
Dill	6	135	Kerbel	4	60	Kamille	3	59
Minzen	6	26	Koriander	4	47	Baldrian	3	26
Fenchel	5	75	Oregano	3	255	Zitronenmelisse	3	3
Kümmel	5	68	Thymian	3	166			

5.3.3 Einfluss von Unkräutern auf AuG-Kulturen

Ein wichtiges Thema der Befragung war die Einschätzung der Berater und Experten zum Einfluss von Unkräutern auf die angebauten AuG. Als besonders unkrautempfindlich wurden AuG-Kulturen zur Blatt- bzw. Krautnutzung bewertet (Abbildung 6). Sowohl Arten zur Wurzel- als auch zur Körnernutzung wurden deutlich unempfindlicher eingeschätzt.

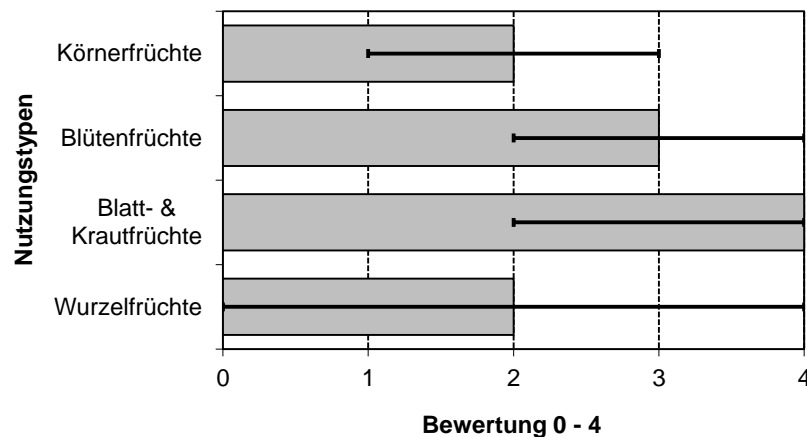


Abbildung 6: Einschätzung negativer Effekte vom Unkrautbesatz auf Ertrag und/oder Qualität auf verschiedene Gruppen von AuG, Median und Spannweite (Fehlerbalken), Bewertung: 0 gering, 4 groß, n=13

Nach der Empfindlichkeit einzelner AuG-Arten gegenüber Unkraut hinsichtlich Ertrag und Qualität befragt antworteten 15 der Berater bzw. Experten. Es wurden dabei 1 bis 9, im Mittel drei Arten genannt (Tabelle A 3 im Anhang). In Bezug auf den Ertrag wurden u.a Dill, Schnittlauch und Petersilie häufig genannt und als empfindlich bewertet (Abbildung 7). Bei der Qualität wiesen Zitronenmelisse und Petersilie die höchste Bewertung bei großer Anzahl an Nennungen auf. Insgesamt wurde die Qualitätsproblematik deutlich höher bewertet als durch Unkraut verursachte Ertragseinbußen.

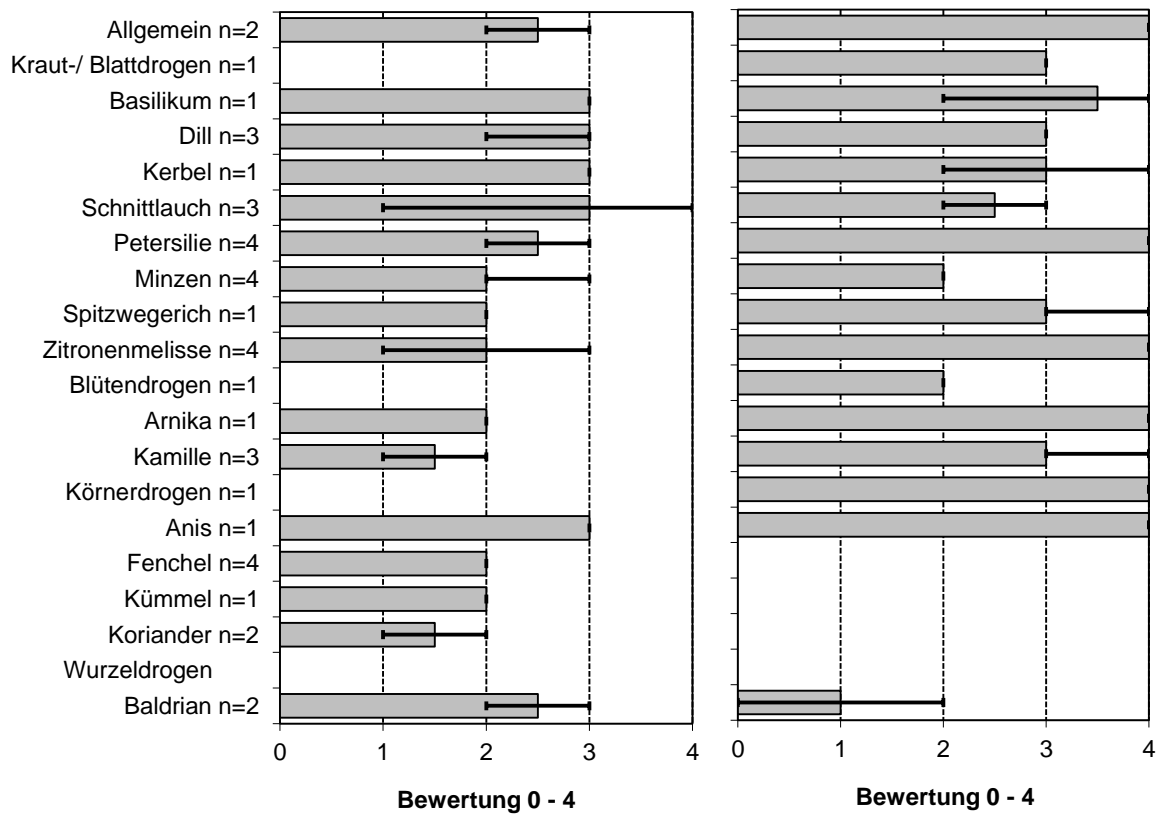


Abbildung 7: Einschätzung negativer Effekte vom Unkrautbesatz auf den Ertrag (links) und die Qualität (rechts) verschiedener AuG-Arten (Beispiele vom Befragten frei gewählt), Median und Spannweite (Fehlerbalken), Bewertung: 1 gering, 5 groß, $n=10$

Zusätzlich zur Beantwortung der vorgegebenen Fragen wurde eine Reihe von Kommentaren abgegeben. Folgende Punkte waren häufig mit einer hohen Sensibilität gegenüber Unkraut verknüpft:

- Direkt gesäte Kulturen
- Viele Kulturen besonders in der Phase der Bestandesetablierung
- Arten mit einer langsamen Jugendentwicklung
- Niedrig bleibende Kulturen
- Problematik steigt je länger die Kulturen stehen, v.a. auch bei mehrjähriger Nutzung, der Aufwand Kulturen sauber zu halten steigt
- Besonders konkurrenzschwache Minze-Arten (z.B. Orangenminze) und andere horst- oder ausläuferbildende Arten
- Wildpflanzen, die gerade in Kultur genommen werden
- Auf falschem Boden angebaute Kulturen

In Tabelle A 4 im Anhang sind die von den Befragten genannten besonders sensiblen Kombinationen von AuG-Art und Unkrautart aufgeführt. Dabei wurden folgende Unkräuter häufig erwähnt:

- Quecke
- Ackerkratzdistel

- Einjähriges Rispengras
- Franzosenkraut
- Kreuzkräuter
- Nachtschatten
- Vogelmiere
- Weißer Gänsefuß
- Stechapfel

5.3.4 Bewertung von Unkrautregulierungsmaßnahmen

Indirekte Maßnahmen

Im Ökolandbau sind indirekte Maßnahmen zur Reduzierung des Unkrautdrucks ein wesentlicher Bestandteil der Unkrautregulierungsstrategie. Die Einschätzung der Wirksamkeit und der Bedeutung in der Praxis von verschiedenen Bereichen der indirekten Maßnahmen durch die Befragten streute in einem weiten Bereich (Abbildung 8). Der Vergleich der Bewertungsmediane zeigt wenig Differenzierung. Bis auf den Zwischenfruchtanbau werden alle Maßnahmenbereiche als wichtig für die Reduzierung des Unkrautdrucks eingeschätzt. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass Maßnahmen im Bereich Fruchtfolge, Stoppelbearbeitung und Grundbodenbearbeitung zwar als wirksam eingeschätzt werden, ihre Bedeutung in der Praxis jedoch geringer bewertet wird.

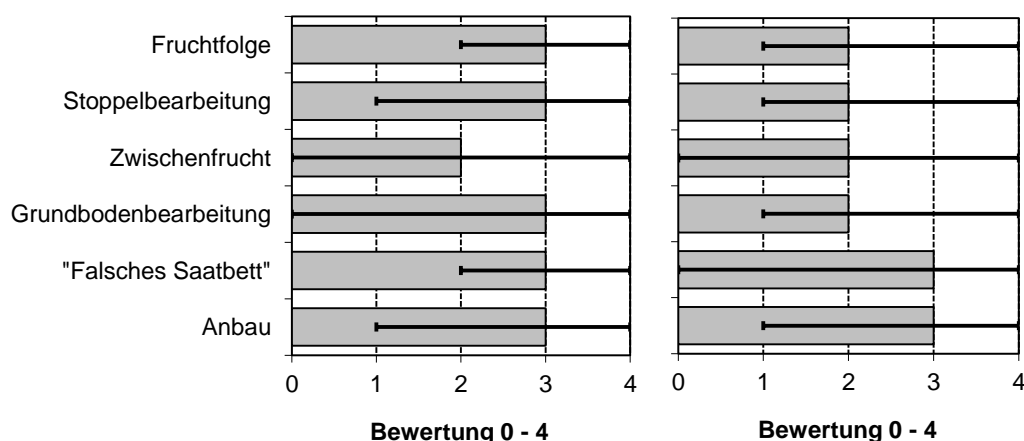


Abbildung 8: Einschätzung von Wirksamkeit (links) und Bedeutung in der Praxis (rechts) von Maßnahmenbereichen zur indirekten Unkrautregulierung (vorgegeben), Median und Spannweite (Fehlerbalken), Bewertung Wirksamkeit: 0 unwirksam, 4 effektiv, Bewertung Bedeutung: erfolgreich angewendet auf wenig Betrieben: 0, auf vielen Betrieben: 4, n=19

Neben der numerischen Bewertung haben die Befragten eine Reihe von Kommentaren zu den einzelnen Maßnahmenbereichen indirekter Unkrautregulierung gemacht:

- Fruchtfolge
 - Klee gras – häufig genannte Maßnahme zur indirekten Unkrautregulierung; zweijähriges Luzernegras besonders erfolgreich; Wirksamkeit nur bei erfolgreicher, lückenloser Etablierung
 - Getreide – positiv als Maßnahme gegen Gemüse-Unkräuter

- Hackfrucht – hoher Anteil unterschiedlich bewertet, von positiv bis negativ
- Stoppelbearbeitung
 - Unkrautkur – häufig genannte Maßnahme zur Unkrautregulierung
 - Zeitpunkt – sofort nach der Ernte der Hauptkultur, gute Wirkung nach Getreide
 - Unkräuter – vor allem wirksam gegen perennierende Unkräuter
- Zwischenfruchtanbau
 - Voraussetzungen – gute Unkrautunterdrückung bei schnellem Aufwuchs und dichtem Bestand; gute Wirkung und wichtig nach Getreide; abhängig von vorkommenden Wurzelunkräutern
 - Artenwahl – wenn Vorfrucht dikotyl, dann monokotyle Zwischenfrucht und umgekehrt; z.B. Buchweizen, Felderbsen oder Grünroggen
- Grundbodenbearbeitung
 - Voraussetzungen – abhängig vom Boden und vom Gerät; richtiger Zeitpunkt
 - Pflug – konsequent pflügen; flaches Pflügen bzw. Schälen; Pflug und Grubber; Pflugfurche vor spät gesäten oder gepflanzten Kulturen (Ende Mai) wirkt gut gegen Ackerkratzdistel und Quecken; bei Säukulturen Winterpflugfurche
- Saatbett (z.B. „falsches Saatbett“ zur Unkrautreduktion...)
 - Voraussetzung – Zeitpunkt und Gerätewahl sind wichtig
 - Zeitpunkt – im Herbstsaatverfahren sehr gut; bei Frühjahrssaat evtl. zu hoher Wasserverlust (bei häufiger Bearbeitung), evtl. Beregnung sinnvoll
 - Bedeutung – für Drillkulturen sehr hoch, bei Pflanzkulturen etwas geringer.
- Anbaumaßnahmen (z.B. Saatverfahren, Pflanztechnik...)
 - Bedeutung – sehr wichtig / lässt sich nicht pauschal bewerten
 - Wichtige Maßnahmen – Präzision bei allen Maßnahmen; Saatzeitpunkt; Pflanz- und Saatverfahren; hohe Bestandesdichte, kann auch problematisch sein (z.B. *Mycosphaerella* bei Fenchel); Bewässerung; Deckfrüchte (z.B. bei Kümmel)

Direkte Maßnahmen

Eine Reihe von Fragen behandelt die direkte Unkrautregulierung im AuG-Anbau. In Abbildung 9 sind die Einschätzungen zur Wirksamkeit verschiedener direkter Regulierungsmaßnahmen bei Drillsaaten sowie bei Einzelkornsaaten und Pflanzungen zusammengefasst. Die Kategorien Striegel, Scharhacke und Fingerhacke umfassen jeweils auch ähnlich arbeitende Geräte wie z.B. Netzegge, Rollhacke und Torsionshacke. Die Ergebnisse zu flächigen Kulturen sind im Anhang aufgeführt (Abbildung A 2). Bei Drillsaaten wurde die Wirkung zwischen den Reihen bei Scharhacke und Handhacke am höchsten eingeschätzt. Dem Striegel wurde dabei nur eine relativ geringe Effektivität zugebilligt. Auch in der Reihe wurde der Handhacke die größte Wirksamkeit zugewiesen, während die Befragten Scharhacke und Striegel mit einem geringen Effekt bewerteten. Die Einschätzung der unkrautregulierenden Wirkung der Fingerhacke war nur in der Reihe relativ hoch. Sowohl zwischen als auch in der Reihe wurden Vorauflauf- und thermische Maßnahmen häufig mit einem guten Effekt bewertet.

In der Kategorie Einzelkornsaaten und Pflanzungen war die Bewertung der vorgegebenen Unkrautregulierungsmaßnahmen sehr ähnlich. Wirksamer eingeschätzt wurden hier jedoch Vorauflaufmaßnahmen und der Striegeleinsatz.

Neben der Bewertung der vorgegebenen Bereiche haben einige Berater und Experten weitere Beispiele effektiver Unkrautregulierungsmaßnahmen genannt, darunter Folienmulch, Mulchen zwischen den Reihen, Markiersaat und Dammkultur.

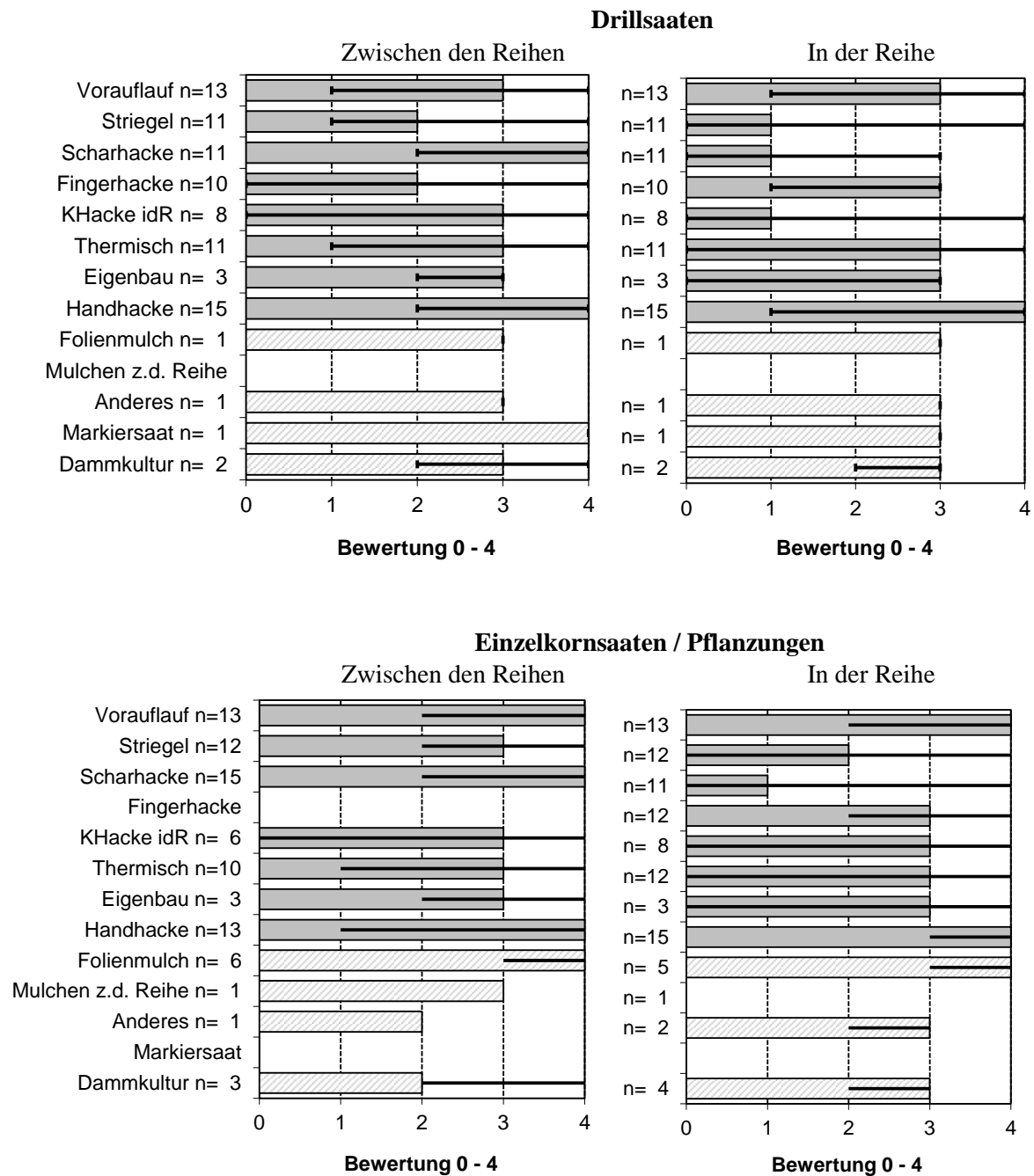


Abbildung 9: Einschätzung des durchschnittlichen Erfolgs von Maßnahmen / Geräten zur direkten Unkrautregulierung in der Praxis des AuG-Anbaus (die Kategorien Striegel, Scharhacke, Fingerhacke umfassen jeweils auch ähnlich arbeitende Geräte; KHacke idR: kamerageführte Hacke in der Reihe), Median und Spannweite (Fehlerbalken), Bewertung: 0 unwirksam, 4 effektiv, grau: vorgegebene Maßnahmen, schraffiert: offener Fragenteil, n=15

Von den Befragten wurden zu den einzelnen direkten Regulierungsmaßnahmen bzw. Geräten eine Vielzahl von Anmerkungen gemacht, diese sind im Folgenden zusammengefasst aufgeführt:

- Vorauflaufmaßnahmen
 - Saatbettvorbereitung bereits im Herbst
 - Falsches Saatbett, Fräse
 - Striegel, in Abhängigkeit von der Saattiefe bei vorsichtigem Einsatz guter Erfolg
 - Abflammen
 - Hackgerät, nur wenn Reihen markiert sind
- Thermische Verfahren
 - Im Vorauflauf sehr gut, bei Säkulturen erfolgsentscheidend
 - Einsatz in der Reihe stark abhängig von der Toleranz der Kultur und der Unkrautgröße; Erfolg stark abhängig von der Bestandesetablierung
 - Guter Erfolg z.B. bei Umbelliferae, Möhren und Zwiebeln, bei Sonnenhut zwischen mäßig und gut; bei Schnittlauch und Strauchkulturen auch im Nachauflauf
- Striegel und ähnliche Geräte
 - Gut, wenn die Kultur gut verwurzelt und das Unkraut noch klein ist
 - Nur bei geeigneten Kulturen, z.B. Pfefferminze
- Scharhacke und ähnliche Geräte
 - Für Drillsaaten nach Austrieb und Pflanzkulturen
 - Scharhacke, guter Erfolg
 - Möglichst nahe an die Reihe arbeiten
 - Sternhacke, nur bei weiten Reihen möglich, dann gut Wirkung, wirkt häufelnd
 - Hackbürste, gute Unkrautwirkung gut aber Verschlämmung fördernd
 - In der Reihe nur wirksam durch Verschütten, z.B. mit anhäufeln und abstriegeln
- Fingerhacke; Torsionshacke und ähnliche Geräte
 - Teure Geräte
 - Nur in Hackkulturen, z.B. in mehrjährigem Schnittlauch
 - Fingerhacke bei fest verwurzelt Kulturen und kleinem Unkraut
 - Einsatzmöglichkeit abhängig von Bodenart, Art und Qualität der Jungpflanzen
 - Erfolgreich z.B. in mehrjährigem Schnittlauch
 - Erfolgreicher Einsatz der Torsionshacke z.B. in Buschbohnen und Pflanzgemüse.
- Kamerageführte Hacke in der Reihe
 - Technik ist noch nicht praxisüblich, bisher keine Erfahrungen
 - Je nach Fahrgeschwindigkeit, Bodenart und Arbeitstiefe Abstand zur Kulturpflanze in der Reihe 2-4 cm.
- Handhacke
 - Sollte nur in der Reihe nach der Maschinenhacke angewendet werden
 - Immer am besten
 - Sehr preisbestimmend
 - Jätobile
- Eigenbau oder Modifikationen
 - Oft hoher, teils sehr effektiver Eigeneinsatz der Anbaubetriebe
- Weitere genannte Maßnahmen zur direkten Unkrautregulierung
 - Markiersaat

- Mulchfolie
- Mulchen zwischen den Reihen
- Dammkultur

Die Aussagen zur Häufigkeit des Einsatzes der verschiedenen Geräte und Maßnahmen in der Praxis streute stark (Abbildung 10). Während im Mittel Schar- und Handhacke mit einer hohen Häufigkeit bewertet wurden, lagen die Angaben zu thermischen Verfahren und zum Striegel auf niedrigem Niveau.

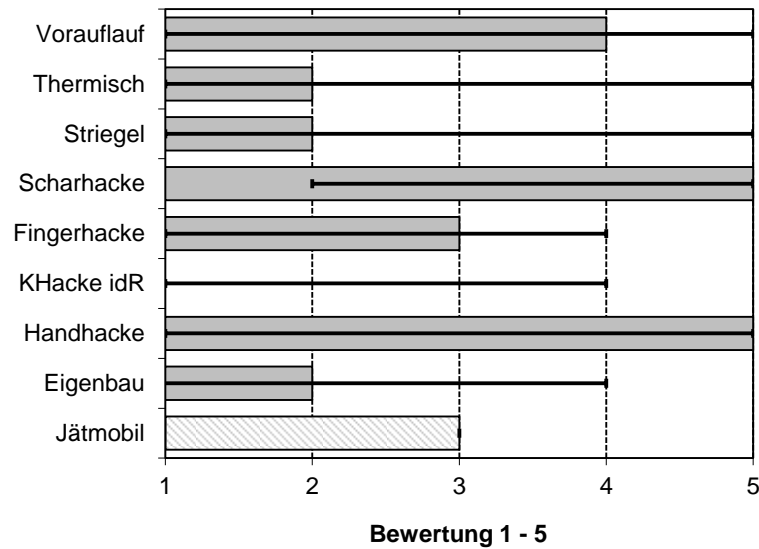


Abbildung 10: Häufigkeit des Einsatzes verschiedener Maßnahmen / Geräte als Bestandteil der direkten Unkrautregulierungsverfahren im AuG-Anbau (die Kategorien Striegel, Scharhacke, Fingerhacke umfassen jeweils auch ähnlich arbeitende Geräte; KHacke idR: kamerageführte Hacke in der Reihe), Median und Spannweite (Fehlerbalken), Bewertung: 1 selten, 5 häufig, grau: vorgegebene Maßnahmen, schraffiert: offener Fragenteil, n=18

Für die erfolgreiche Anwendung von Geräten zur direkten Unkrautregulierung sind einige Voraussetzungen von Bedeutung. Von den befragten Beratern und Experten wurden alle vorgegebenen Bereiche als wichtig bewertet (Abbildung 11). Einen besonders großen Einfluss ergaben die Punkte Einsatztermin, Bodenzustand und Geräteeinstellung.

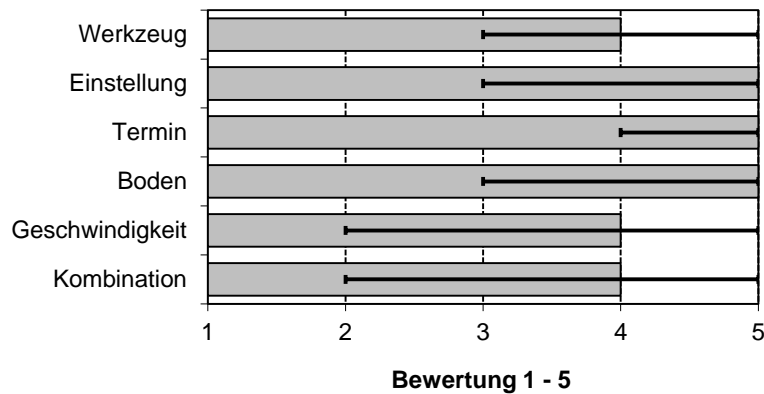


Abbildung 11: Bewertung von verschiedenen Voraussetzungen (vorgegeben) für einen hohen Erfolg der direkten Unkrautregulierung, Median und Spannweite (Fehlerbalken), Bewertung: 1 gering, 5 hoch, n=17

Nach Bereichen gefragt, in denen bei direkten Unkrautregulierungsmaßnahmen im AuG-Anbau häufig Probleme auftreten, antworteten 15 Berater bzw. Experten. Bei dieser offenen Frage wurden eine Reihe von Angaben gemacht, die im Folgenden zusammengefasst aufgeführt sind:

- Einsatzzeitpunkt (mit Bodenfeuchte, Unkraut- und Kulturstadium und Witterung, n=11)
 - Optimaler Zeitpunkt (Wachstumsstadium) kann aufgrund Witterung, Bodenzustand, Schlagkraft oder Arbeitsspitzen nicht eingehalten werden
 - Problem kann mit Versäumen des Abflammentermins beginnen und mit Aussamen des Unkrautes enden
 - Überrasgender Faktor
 - Gute Betriebsorganisation Voraussetzung für saubere Bestände
- Technik (n=4)
 - Scharhacke stopft bei sehr großem Unkrautdruck leicht
 - Steine verklemmen sich in den Werkzeugen bei Scharhacke und Rollhacke
 - Abflammgeräte haben nach Nieselregen, bei Nebel oder bei großen Kluten einen schlechten Wirkungsgrad
 - Fingerhacke: zu weiche Finger: nur Wirkung bei kleinen Unkräutern; zu harte Finger: Verletzung an Kulturen; bei großen Unkräutern kaum bis keine Wirkung.
- Weitere Problembereiche
 - Qualität der Durchführung (n=4)
 - Wachstumsstadien von Kulturpflanze, in denen eine mechanische Unkrautregulierung nicht möglich ist
 - Keine ausreichende Wirkung gegen Wurzelunkräuter
 - Gefahr der Bodenverdichtung

Nach Beispielen für besonders erfolgreiche Unkrautregulierungsverfahren im AuG-Anbau gefragt antworteten elf Berater bzw. Experten. Insgesamt wurden 19 Verfahren beschrieben bzw. Kommentare abgegeben. Ausgewählte Verfahren sind im Weiteren aufgeführt:

- Schnittlauch
 - Saatbettbereitung, Beregnung, Striegel vor Saat, mehrmals Scharhacke (Gänsefußschar) während der Vegetation und im Winter bei leichtem Frost
 - Unkrautkur, Pflanzen, flach häufeln, Striegel, flach häufeln
 - Kombination von Scharhacke mit Fingerhacke an einem Rahmen, anschließend Striegel
- Petersilie
 - Falsches Saatbett ("Abbrennen" mit Basta, ab sofort auch konventionell nicht mehr möglich!), ca. 2-3 x Scharhacke vor Reihenschluss
 - Saatbettbereitung, Beregnung, Striegel vor Saat
- Dill
 - Abflammen, Aussaat, Hacken (Gänsefußschar), Handhacke, flach häufeln
- Küchenkräuter
 - Abflammen, mehrmals Maschinenhacke, 1-2 x Handhacke
- Spitzwegerich, Löwenzahn
 - Gänsefußscharhacke, später mit Fingerhacke, 1-2 x Handhacke
- Blattfrüchte
 - Fruchtfolge (Halm / Blatt), Fingerhacke (3 x), Handhacke (3 x), Zwischenreihenpflege (3 x)
- Arnika
 - Gänsefußscharhacke und später Fingerhacke
- Körnerdrogen
 - Gänsefußscharhacke alternierend mit Striegel und einzelnen Durchgängen mit Handhacke
- Ginkgo (Strauchreihen) auf sandigem Boden
 - Abwechselnd Anhäufeln und Abhäufeln, ggf. dazwischen mit Abflammen in der Reihe

5.3.5 Computergesteuerte Geräte zur Unkrautregulierung

Die befragten Berater und Experten schätzten die Akzeptanz von Maschinenhacken mit kameragesteuerter Reihenführung sehr unterschiedlich ein, es überwogen die positiven Stimmen (Abbildung 12). Als wichtigsten Hinderungsgrund einer schnellen Ausbreitung wurde der hohe Preis dieser Geräte genannt, gefolgt von der Komplexität und Störungsanfälligkeit solcher Technik. Einzelne Befragte sahen zusätzlich das Kosten-Nutzen-Verhältnis und den oft kleinflächigen Anbau von AuG-Kulturen als bedeutende Hinderungsgründe.

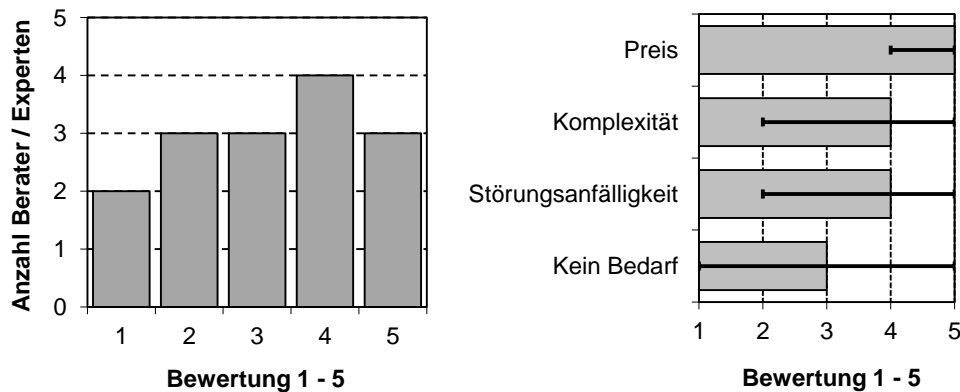


Abbildung 12: links: Bewertung der Akzeptanz von Hackgeräten mit kameragestützter Reihenführung in der Ökolandbau-Praxis; rechts: Bewertung verschiedener möglicher Hinderungsgründe für eine schnelle Ausbreitung; Median und Spannweite (Fehlerbalken); Bewertung: 1 gering, 5 hoch; $n=16$

In einer offenen Frage nach den Chancen in der Praxis einer automatischen Reihenführung gaben 16 Berater bzw. Experten Kommentare ab, die im Folgenden zusammengefasst sind:

- Allgemein
 - Bei unseren Anbauern keine Chancen
 - Noch keine Erfahrungen mit dieser Technik
 - Positive Erfahrungen aus der Praxis: höhere Schlagkraft, weniger Personalbedarf, exaktere Arbeitsqualität und angenehmeres Arbeiten
 - Der Bedarf wird wachsen, da im AuG-Anbau auch für konventionelle Betriebe weniger Pestizide zugelassen werden
- Voraussetzungen für gute Chancen
 - Niedrigerer Anschaffungspreis
 - Breite Saatverfahren / Pflanzmaschinen (4-6 m oder mehr), bei schmalen Saatbreiten kaum Chancen aufgrund des schlechten Kosten-Nutzen-Verhältnisses
 - Große Betriebe mit wenigen Kulturen, für kleine vielseitige Betriebe viel zu teuer
 - Überbetrieblicher Einsatz – aufgrund der Kosten sinnvoll, aber aufgrund großer Entfernungen und der Notwendigkeit einer genau terminierten Bearbeitung problematisch
 - GPS-gestützte Reihenführung – gute Chancen bei Anbauern, die über GPS-Systeme verfügen, wenn Zusatz für Reihenführung verfügbar und nicht zu teuer

Im Vergleich zur kameragesteuerten Reihenführung bewerteten die befragten Berater und Experten die Akzeptanz von automatischen Systemen zur Unkrautregulierung in der Reihe deutlich schlechter (Abbildung 13). Als wichtigsten Hinderungsgrund einer schnellen Ausbreitung wurde im Mittel auch hier vorrangig der Preis dieser Geräte genannt, gefolgt von den Punkten Komplexität und Störungsanfälligkeit.

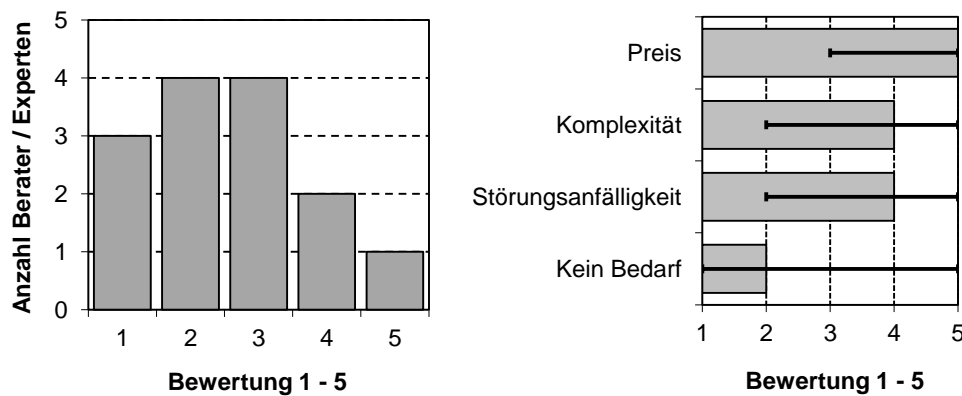


Abbildung 13: links: Bewertung der Akzeptanz für automatische Steuerungssysteme für Hacken in der Reihe in der Ökolandbau-Praxis; rechts: Bewertung verschiedener möglicher Hinderungsgründe für eine schnelle Ausbreitung; Median und Spannweite (Fehlerbalken); Bewertung: 1 gering, 5 hoch; $n=14$

Die Einschätzung der Chancen für automatische Geräte zur Unkrautregulierung in der Reihe wurde unterschiedlich bewertet. Die Aussagen reichten von „gute Chancen“ bis „noch geringe Chancen“.

- Voraussetzungen für gute Chancen
 - Jüngere Landwirte und Gärtner
 - Große Betriebe mit wenigen Kulturen
 - Standard für einzelne Kulturen
 - Gute Arbeitsqualität bei niedrigeren Anschaffungspreisen
 - Große Arbeitskräfteeinsparung und Schlagkraft
 - Evtl. überbetriebliche Nutzung

5.3.6 Forschungs-, Entwicklungs- und Handlungsbedarf

Ein wesentlicher Beweggrund für die Status-Quo-Erhebung zur Unkrautproblematik im ökologischen AuG-Anbau war die Ableitung von Themenbereichen, durch deren Bearbeitung die Praxis unterstützt werden kann. Am Ende des Fragebogens wurden deshalb die Berater und Experten nach Bereichen der direkten nicht-chemischen Unkrautbekämpfung befragt, in denen Forschungs-, Entwicklungs- oder Handlungsbedarf gesehen wird. Es gaben zwölf Befragte Kommentare ab, die im Folgenden zusammengefasst sind:

- Allgemein
 - Sichere und rentable Systeme, die ohne Herbizideinsatz funktionieren, auch für konventionelle Betriebe
 - Neue Möglichkeiten der Unkrautregulierung in der Reihe
 - Maßnahmen zur Steigerung des Mechanisierungsgrades und zum Minimieren der Handarbeit
- Technikentwicklung
 - Weiterentwicklung / Optimierung der derzeit verfügbaren Geräte (z.B. Abflammtechnik, Fingerhacke, Torsionshacke)
 - Weiterentwicklung von Geräteträgern bzw. Neuaufgabe vom Fendt GT

- Entwicklung bezahlbarer Technik, die keinen Spezialmechaniker erfordert
- Kostengünstige und gut funktionierende Kamera- / Fotosysteme für automatische Unkrautregulierungstechnik
- Robotertechnik für Jätarbeit
- Technik ist oft ausreichend vorhanden, v.a. für Bekämpfung zwischen den Reihen
- Maßnahmenprüfung
 - Unabhängige Wirkungsprüfung von Geräten zur mechanischen Unkrautregulierung
 - Bestimmung optimaler Zeitpunkte, je Kultur und Gerät
 - Prüfung von Kombinationen verschiedener Regulierungstechniken
- Organisation
 - Analyse von Einzelbetrieben: z.B. festes / variierendes Hackteam, Handhackturnus der Felder – festgelegt oder anders organisiert, maschinelle Ausstattung, maximale Hektarleistung der Unkrautregulierung, Umgang mit schwierigen Witterungsverhältnissen und Arbeitsspitzen
- Regulierung spezielle Unkräuter
 - Wurzelunkräuter
 - Hederich
 - Toxische Unkräuter, kulturspezifisch

5.4 Befragung von AuG-Anbauern (H. Schmidt, Ökoplant)

Von den 55 angefragten Betrieben nahmen 23 Betriebe nicht an der Befragung teil. Die Gründe hierfür sind in Abbildung 14 aufgeführt. Nur bei zwei Betrieben wurde ausdrücklich die Unkrautregulierung als ein so wesentlicher Konkurrenzvorteil angesehen, dass auf eine Weitergabe von Informationen verzichtet wurde.

Das Telefoninterview nach Vorgabe des Fragebogens bei 29 AuG-Anbauern reichte von 45 Minuten bis zu zwei Stunden, 15 Minuten, im Mittel lag sie bei einer Stunde, 20 Minuten. Drei Betriebe zogen es vor, die Fragen schriftlich zu beantworten. Zusätzlich wurden weitere Informationen bei Besuchen auf 23 der 32 Betrieben gesammelt.

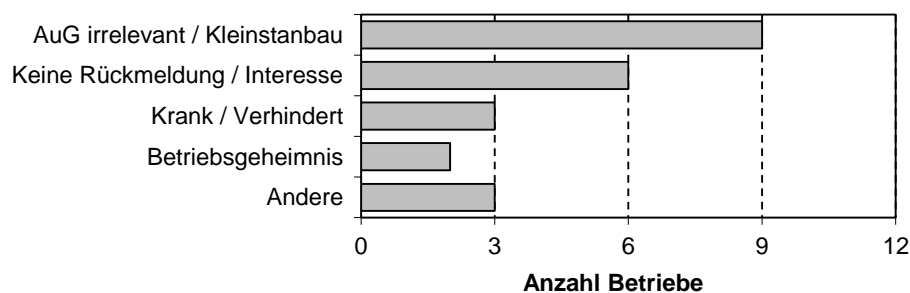


Abbildung 14: Gründe für die Nichtbefragung von Betrieben

Bei der Auswahl der Betriebe war es ein wichtiges Ziel, möglichst viele bayerische Betriebe zu befragen. Mit 18 Betrieben liegen mehr als die Hälfte der beteiligten Betriebe in Bayern, sieben weitere in Hessen und weitere sieben in anderen Bundesländern (Abbildung 15).

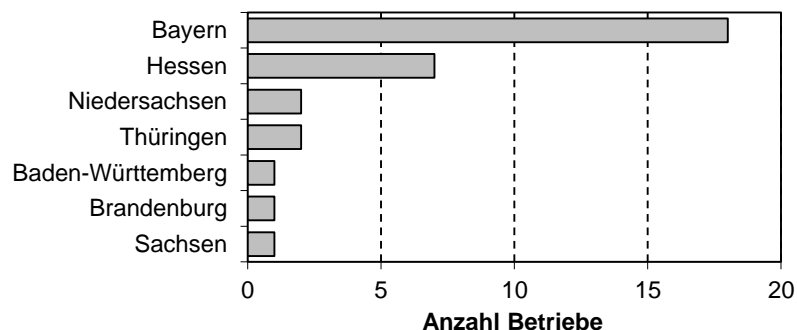


Abbildung 15: Anzahl befragter Betriebe je Bundesland

5.4.1 Struktur der Betriebe

Von den 29 befragten, ökologisch wirtschaftenden Betrieben gehören 23 unterschiedlichen Verbänden an (Abbildung A 3 im Anhang). Im Mittel arbeiten die Betriebe seit 20 Jahren ökologisch (1-33 Jahre), nur fünf Betriebe weisen weniger als fünf Jahre Erfahrung im Ökolandbau auf (Abbildung A 4 im Anhang). Die Betriebsgröße variiert bei den Ökobetrieben in einem weiten Bereich von 0,5 bis 1100 ha und die jeweils angebaute Fläche an AuG reicht von 0,2 bis 70 ha (Tabelle 1). Bei zwei der drei befragten konventionellen Betriebe handelt es sich um Großbetriebe mit jeweils weit über 1000 ha Ackerfläche. Die Summe der AuG-Anbaufläche übertraf deshalb die der 29 Ökobetriebe deutlich. Abbildung 16 gibt einen Überblick über die Verteilung von Betriebsgröße und AuG-Anbaufläche.

Tabelle 2: Flächengröße der 32 befragten Betriebe

	Summe [ha]	Minimum [ha]	Maximum [ha]	Mittel [ha]	Anzahl Betriebe
Ackerfläche öko.	2913	0,5	1100	100	29
Ackerfläche konv.	5545	60	3600	1848	3
AuG Fläche öko	439	0,2	70	15	29
AuG Fläche konv.	1198	28	700	400	3

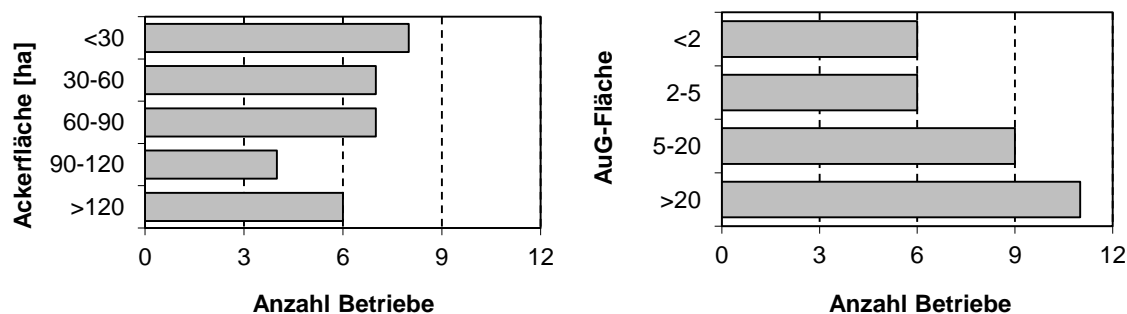


Abbildung 16: Gesamte Ackerfläche (links) und AuG-Anbaufläche (rechts) auf den befragten Betrieben

Für die Einschätzung der den Antworten zugrunde liegenden Erfahrungen der Befragten ist ein Überblick über die Bedeutung des AuG-Anbaus in den einzelnen Betrieben sinnvoll. 26 der 32 Betriebe bewirtschaften mehr als 2 ha AuG-Fläche. Für 23 Betriebe liegt der Anteil an AuG-Flächen damit über 15% und bei 13 Betrieben sogar über 30% der gesamten Ackerfläche (Abbildung 17). Da auch 28 der 32 Betriebe schon mehr als fünf und 25 mehr als zehn Jahre Erfahrungen im AuG-Anbau haben, kann in den meisten Fällen von einem fundierten Erfahrungsschatz hinsichtlich der Unkrautregulierung ausgegangen werden (Tabelle A 5 bis Tabelle A 7 im Anhang).

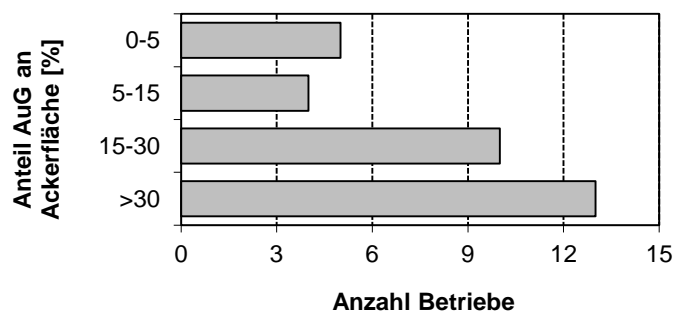


Abbildung 17: AuG-Anteil an der gesamten Ackerfläche auf den befragten Betrieben

Der Arbeitskräftebesatz wurde nicht von allen Betrieben angegeben. Im Mittel von 25 Ökobetrieben wurden pro ha Ackerfläche 0,09 AK/ha (0,006-0,26 AK/ha) genannt (Abbildung 18). Die große Streuung ist wohl vor allem auf die sehr unterschiedliche Betriebsgröße und Bewirtschaftungsintensität sowie das stark variiere Kulturartenspektrum zurückzuführen.

Auch die Arbeitskräfte je ha AuG-Anbau schwanken in einem weiten Bereich (0,02-0,8 AK/ha), im Mittel liegen sie bei 0,27 AK/ha. Es fällt auf, dass alle Betriebe mit einem Arbeitskräfteeinsatz über 0,2 AK/ha AuG eine AuG-Anbaufläche von weniger als 3 ha aufweisen. Die konventionellen Betriebe wurden an dieser Stelle nicht berücksichtigt.

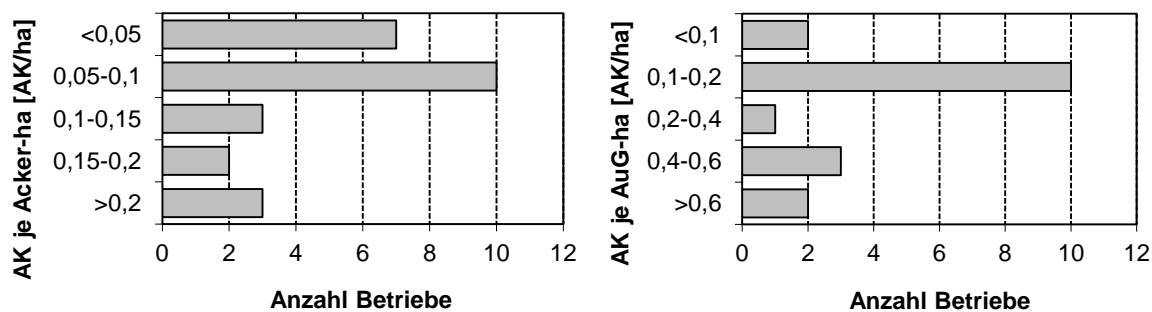


Abbildung 18: Im Ackerbau beschäftigte Arbeitskräfte bezogen auf die gesamte Ackerfläche (links, n=25) und im AuG-Anbau beschäftigte Arbeitskräfte bezogen auf die AuG-Anbaufläche (rechts, n=18)

5.4.2 Boden

Die Bodenbedingungen sind eine wesentliche Voraussetzung für den AuG-Anbau im Allgemeinen und die nichtchemische Unkrautregulierung im Besonderen. Die Mehrzahl der Betriebe wirtschaften auf Betrieben mit mittlerer bis geringer Bodengüte (Abbildung 19). Auf jeweils fünf Betrieben werden der Anbau und die Unkrautregulierung durch stark wechselnde bzw. steinige Bodenbedingungen erschwert.

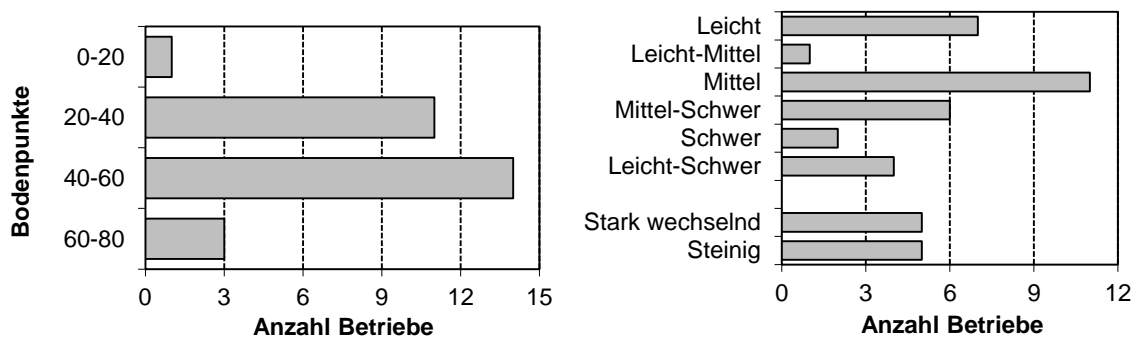


Abbildung 19: Mittlere Bodengüte (links, n=29) und grobe Einschätzung der Bodenart und anderer Bodeneigenschaften (rechts, n=31) auf den befragten Betrieben

5.4.3 Ackerbau allgemein

Angebaute Kulturarten

Die Fruchtfolge bzw. die Anbauanteile der verschiedenen angebaute Kulturarten haben einen wesentlichen Einfluss auf den Unkrautdruck der Ackerflächen. In Abbildung 20 sind für jeden Betrieb die Anteile der angebaute Kulturarten in Gruppen zusammengefasst dargestellt. Die Anbausysteme variieren in einem weiten Bereich von Betrieben mit hohem AuG- und Hackfruchtanteil bis zu Betrieben mit fast reinem Druschfruchtanbau.

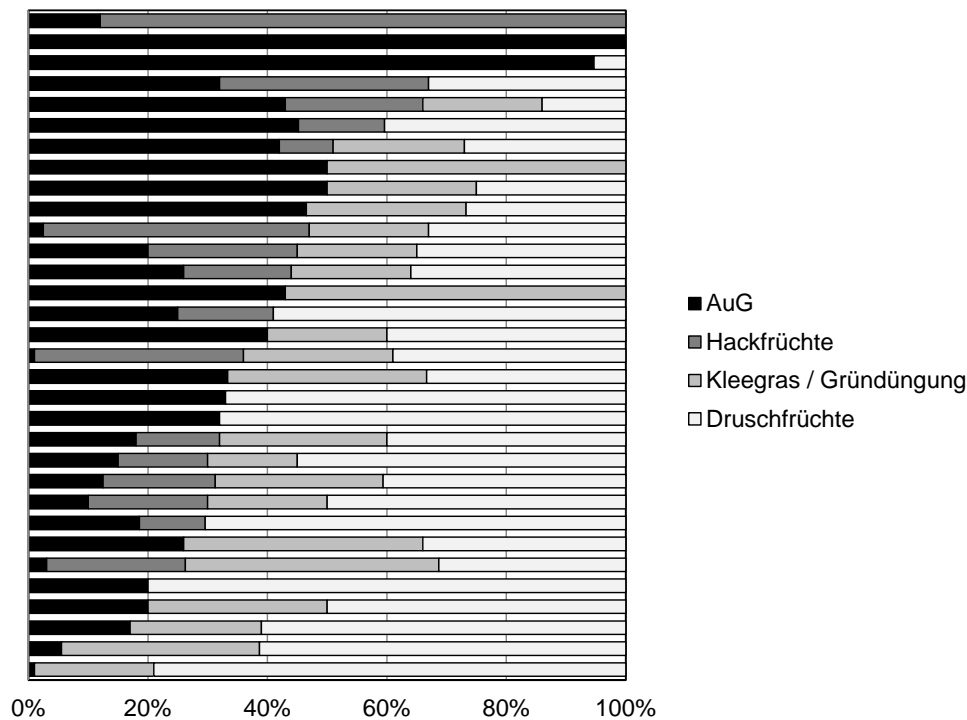


Abbildung 20: Mittlere Anbauanteile an Ackerkulturen (gruppiert) auf den befragten Betrieben (jeder Balken entspricht einem Betrieb)

Der Klee grasanbau – bzw. der Anbau anderer mehrschnittiger Gemenge mit feinsamigen Leguminosen – hat im Ökolandbau eine besondere Bedeutung für die indirekte Unkrautregulierung. Bei einem Viertel der befragten Betriebe liegt der Anteil mit maximal 10% deutlich unter den für ökologische Ackerfruchtfolgen empfohlenen Werten (Abbildung 21). Ein weiteres Viertel liegt mit 10 bis 20% auch auf einem niedrigen Niveau.

Als Ausgleichsfrucht gegenüber dem AuG-Anbau spielt auch der Getreideanteil im Anbau eine Rolle bei der indirekten Regulierung von Unkräutern. Auch hier variieren die Betriebe in einem weiten Bereich (Abbildung 21).

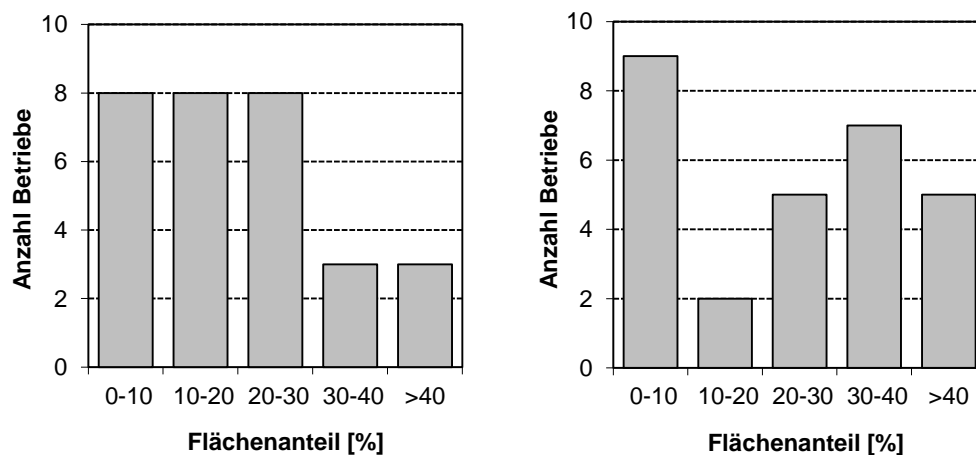


Abbildung 21: Anbauanteile von feinsamigen Leguminosengemengen (links, z.B. Klee gras, $n=30$) und Getreide (rechts, $n=28$) auf den Ackerflächen der befragten Betriebe

Bei den Betriebsbesuchen zeigte sich, dass nicht nur der Anbauanteil an Klee gras stark variierte, sondern auch die Art der Etablierung und die resultierende Qualität des Bestandes. Auf einigen Betrieben bildeten Rot- bzw. Weißklee gras gemenge mit häufiger Schnittnutzung dichte Bestände mit einem hohen Potential an Unkrautunterdrückung. Andere Betriebe wiesen sehr lichte Bestände, z.T. im Beetanbau und mit großem Reihenabstand, mit einer geringen Konkurrenzskraft auf. Die meisten Betriebe bauen über- oder mehrjähriges Klee- bzw. Luzernegrass an, auf einigen Betrieben werden jedoch nur Sommerklee gras gemenge kultiviert. Für eine effektive Unterdrückung von Samenunkräutern und Ackerkratzdistel haben sich mindestens überjährige Gemenge mit einer hohen Schnittfrequenz und einer Beerntung des Schnittgutes bewährt.

Düngung

Die Nährstoffversorgung durch die Düngung spielt sowohl für die Ernährung und Entwicklung der Kulturpflanzen als auch der Unkräuter eine wichtige Rolle. Wirtschaftsdünger und importierte organische Dünger wie Kompost, Grünguthäcksel oder Gärreste können bei unzureichender Hygiene zudem zur Einschleppung bzw. Verbreitung von Unkräutern beitragen. Auf 20 der 32 Betriebe werden solche Dünger eingesetzt (Abbildung 22). Zwölf Betriebe verwenden organische Handelsdünger und sieben setzen mineralische Dünger (z.B. Kalium-, Magnesium- oder Phosphordünger) ein. Auf fünf Betrieben wird nicht gedüngt.

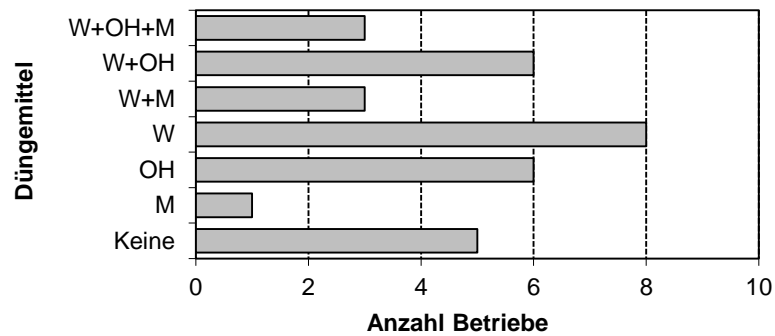


Abbildung 22: Im Ackerbau verwendete Düngemittel (W: Wirtschaftsdünger / Komposte, OH: organische Handelsdünger, M: Mineraldünger (n=32))

Bodenbearbeitung

Die Grundbodenbearbeitung ist im Ökolandbau ein wichtiges Werkzeug zur indirekten Bekämpfung von Unkräutern. Im Allgemeinen wird davon ausgegangen, dass häufiges und tiefes Pflügen im Vergleich zu extensiver Bodenbearbeitung den Unkrautdruck reduziert. Auf den meisten befragten Betrieben wird bei jedem Kulturwechsel gepflügt. Unter Berücksichtigung der mehrjährigen Kulturen entspricht das einem Anteil gepflügter Ackerfläche von 60 bis 100% pro Jahr (Abbildung 23). Nur auf einem Betrieb wird im Mittel häufiger als einmal pro Jahr gepflügt. Ein konventioneller Betrieb wirtschaftet längerfristig pfluglos und zwei Ökobetriebe sind in der Umstellung auf eine pfluglose Bodenbearbeitung.

Bei ca. zwei Dritteln der befragten Betriebe liegt die Pflugtiefe zwischen 20 und 30 cm, nur vier Betriebe weisen maximale Bearbeitungstiefen unter 15 cm auf.

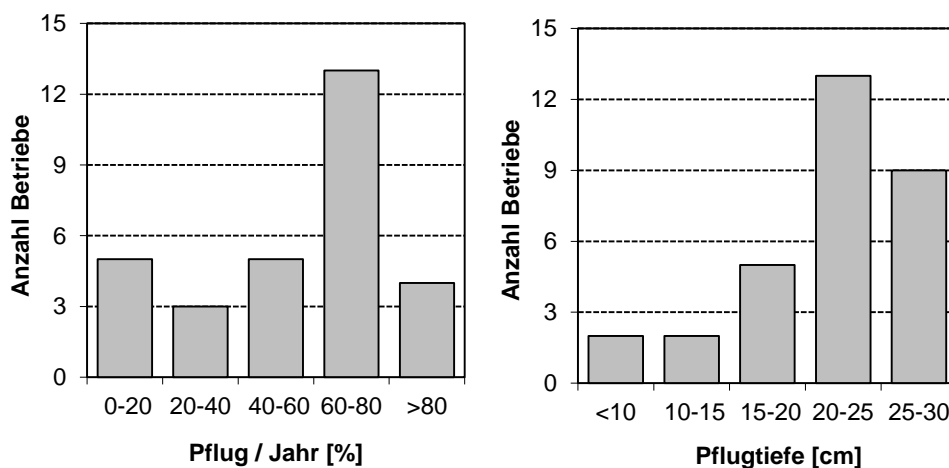


Abbildung 23: Anteil der Ackerfläche, die pro Jahr gepflügt wird (links, n=31) und mittlere Pflugtiefe (rechts, n=31)

Die Durchführung von Bodenbearbeitungsmaßnahmen nach der Ernte der Vorfrucht – die Stoppelbearbeitung – hat einen deutlichen Effekt auf den Unkrautdruck im Folgejahr. Sie wird auf den meisten Betrieben sehr flexibel gehandhabt. Im Mittel werden bei 24 der befragten Betriebe zwei Arbeitsgänge durchgeführt (0-4 Arbeitsgänge). Auf den meisten Betrieben werden hierfür verschiedene Grubber, oft mit Flügelscharen, verwendet. Zwei Betriebe setzen Kurzscheibeneggen und ein Betrieb einen Schälplflug ein.

Vor der Saat oder dem Pflanzen kann durch mehrere Arbeitsgänge zur Saatbettbereitung mit jeweils mehrtägigen Bearbeitungspausen der Unkrautdruck in der folgenden Kultur deutlich reduziert werden. Voraussetzung ist, dass zwischen den Bearbeitungsgängen Unkrautsamen auflaufen können, d.h. es muss ausreichend Zeit vorhanden sein und es müssen für die Keimung günstige Witterungsbedingungen herrschen. Die Möglichkeit zur Anwendung dieser „Falsches Saatbett“ genannten Methode hängt stark von den Standortbedingungen und den angebauten Arten ab. So ist z.B. auf einem trockenen Standort die Limitierung der Wasserversorgung im Frühjahr ein Hinderungsgrund für eine mehrmalige Saatbettbereitung. Auch Arten mit einem möglichst frühen Saat- oder Pflanztermin sind für ein „Falsches Saatbett“ nicht geeignet. Auf 23 der 32 befragten Betriebe wird diese Methode bei einzelnen Kulturen angewendet. Je nach Art erfolgen ein bis vier zusätzliche Arbeitsgänge zur Saatbettbereitung.

Beregnung

Die Möglichkeit einer Beregnung oder Bewässerung kann die Entwicklung der Bestände und damit auch deren Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern verbessern. Das Beregnungsmanagement kann jedoch auch Unkrautarten fördern. Von 30 befragten Betrieben haben 13 keine Möglichkeit, Bestände zu bewässern, acht Betriebe können alle und neun Betriebe einen Teil ihrer Flächen beregnen.

5.4.4 Geräte zur direkten nichtchemischen Unkrautregulierung

Die Ausstattung mit Geräten zur direkten Unkrautregulierung variierte je nach angebauten Kulturarten und Unkrautregulierungsstrategie zwischen den Betrieben in einem weiten Bereich (Tabelle 3). Von den 32 befragten Betrieben sind 13 mit Abflammgeräten ausgestattet. Geräte zur flächigen Unkrautregulierung, vorrangig der Striegel, sind auf 29 Betrieben vertreten. Am häufigsten ist die Scharhacke vorhanden, nur drei Betriebe wirtschaften ohne dieses Gerät. Bei der Gruppe der zwischen den Reihen arbeitenden Geräte kommen weiterhin die Rollhacke und der Reihengrubber häufiger vor. In der Gruppe der zapfwellengetriebenen Geräte ist die Reihenfräse am häufigsten vertreten. Neun Betriebe verwenden eine Fingerhacke zur Unkrautbekämpfung in der Kulturreihe.

Tabelle 3: Geräte zur nicht-chemischen Unkrautregulierung, die auf den 30 befragten Betrieben im AuG-Anbau eingesetzt werden

Gerät	Anzahl Geräte	Anzahl Betriebe	Alter		
			Minimum	Maximum	Mittel
Thermisch	15	13			
Abflamngerät	15	13	0	25	13
Flächig	46	29			
Striegel	37	29	0	22	10
Netzegge	3	2	12	20	15
Federzinkenegge	2	2			
Ackeregge	2	2			
Bandrechen	1	1	20	20	20
Unihacke	1	1	4	4	4
Zwischen Reihen	81	30			
Scharhacke	58	29	1	50	19
Rollhacke	8	8	8	14	11
Reihengrubber	7	6	12	25	19
Hackbürste	4	3	15	15	15
Radhacke	3	3			
Scharhacke mit Kameraführung	1	1	3	3	3
Damm	7	5			
Häufelgerät	6	5	30	30	30
Scheibenmaschine	1	1	20	20	20
Zapfwelle	17	14			
Reihenfräse	11	8	3	20	12
Dammfräse	3	3	12	12	12
Fräse	2	1	30	30	30
Rüttelegge	1	1	12	12	12
Jäthilfen	2	2			
Jätflieger	1	1	0	0	0
Liegeraupe	1	1	18	18	18
In Reihe	10	10			
Fingerhacke	9	9	0	12	5
Torsionshacke	1	1	1	1	1

Bei dem am häufigsten vorkommenden Gerät Scharhacke wurde nach den eingesetzten Werkzeugen gefragt. In den meisten Fällen sind die Hacken mit Gänsefußscharen bestückt, auf einigen Betrieben sind auch Winkelmesser im Einsatz (Abbildung 24). Andere Schare, wie z.B. Pendel- oder Meißelschare, sind nur auf einzelnen Betrieben in Gebrauch. Zum Schutz der Kulturreihe sind viele Geräte mit Hohlschutzscheiben, Schutzblechen oder Tunneln ausgestattet.

Bei einigen Geräten zur Unkrautregulierung zwischen den Reihen sind verschiedene Anbauformen am Schlepper möglich. Die Befragung zeigt, dass auf vielen Betrieben mehrere Möglichkeiten genutzt werden (Abbildung 24). Eine klare Präferenz ist nicht zu erkennen.

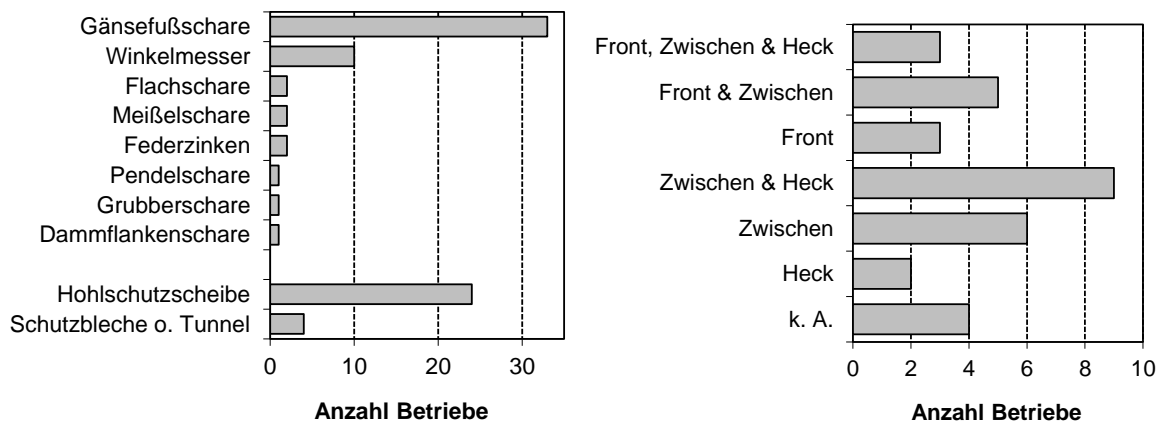


Abbildung 24: Häufigkeit verschiedener Werkzeuge an den Scharhacken (n=29) und Anbauform nicht zapfwellengetriebener, zwischen den Reihen arbeitender Geräte (Zwischen: Zwischenachsanaubau, n=32)

Von den befragten AuG-Anbauern wurden während der Befragung und bei den Betriebsbesuchen eine Reihe Anmerkungen zu Unkrautregulierungsgeräten gemacht. Zusammen mit Beobachtungen bei den Betriebsbesuchen sind diese in den folgenden Punkten zusammengefasst:

- Abflamngerät
 - Ausstattung – von sehr neuen, voll isolierten Geräten bis hin zu Geräten mit selbstgebauten Windschutzkästen oder nur Brennern am Geräterahmen vorhanden
 - Dämme – Erfahrungen haben gezeigt: auch auf Dämmen flächiges Abflamngerät besser als Reihengerät
 - Probleme – Wirkung hängt sehr vom richtigen Einsatztermin ab, große geliehene Gastanks sind teuer und ein zeitnahe Befüllen nicht immer möglich
- Striegel
 - Treffler – empfindlich aber gut, für Einsatz in empfindlichen Kulturen
 - Einsatz – vor allem bei den mehrjährigen Kulturen wichtig, auch gegenläufig verwendbar, direkt im Heck beim Hacken oder extra
 - Probleme – schwere Böden, Zinken weichen z.B. im Schnittlauch der Reihe aus
- Scharhacke
 - Wartungsstrategie – große Spannbreite: Ersatz von Parallelogrammen und Scharen der Scharhacke schon bei geringen Abnutzungserscheinungen bis zu hoher Toleranz gegenüber Verschleiß
 - Schärfen von Scharen – ca. auf der Hälfte der besuchten Betriebe regelmäßig (wichtig für Schneiden größerer Unkräuter und von Disteln), andere halten Schärfen nicht für wichtig oder meinen, dass die Schare durch den Steinbesatz geschärft werden
 - Materialqualität der Schare – sehr unterschiedlich hinsichtlich Abnutzung, Biege- und Bruchfestigkeit

- Gänsefußchartypen – mit stumpfem Winkel für mehr Erdbewegung / Anhäufeln, mit spitzem Winkel für wenig Erdbewegung und geringen Abstand zur Kultur, breite Schare oder große Scharüberlappung, um kein Durchschlängeln von größeren Unkräutern zu verhindern
- Winkelmesser – positiv: dicht an die Reihe fahrbar und wirksam, gute Erfahrungen bei Kräutern mit scharfen Messern; Voraussetzungen: Fläche muss sauber sein (kein Stroh, alte Biomasse, Steine), da sonst stopfanfällig
- Pendelschare – leichtes Pendeln des Schars hebt Unkräuter vom Boden ab (gute Erfahrungen bei Petersilie), Problem: bei eng stehenden Pendelscharen können sich Kluten oder Steine verklemmen und die Reihe abschieben
- Spurlockerer – vier schräge Eggenzinken, drehen sich vertikal durch Bodenantrieb und verhindern Stopfen bei viel Unkraut in der Fahrspur
- Hohlschutzscheiben – Steine können stören
- Duohacke (Kress) – Tiefenführung durch die zwei Rollen besser gewährleistet, Arbeitserfolg der kleinen Scheiben sehr gut
- Reihengrubber
 - Einsatz – tiefe Lockerung zwischen den Reihen oder nur in den Spuren, z.B. zwischen den Reihen von Dauerkulturen nach Abernte, einige Geräte mit Möglichkeit zur Zwischenfruchtsaat
- Sternrollhacke
 - Anhäufeln – leichtes Häufeln bis zum Erzeugen von Dämmen
- Fingerhacke
 - Positiv – viele gute Erfahrungen, sowohl einzeln als auch in Kombination mit Scharhacke
 - Probleme – bei manchen Geräteträgern zu enger Zwischenachsabstand für Kombination mit Scharhacke, bei Sandboden z.T. nicht ausreichend schwach einstellbar, schwierig am Seitenhang (trifft auch bei der Unihacke zu)
- Reihenfräse
 - Problem – lässt häufig in der Mitte der Aggregate einen Streifen unbearbeitet
 - Lösungen – Gänsefußschare an Fräse anbringen, vorher mit der Scharhacke arbeiten oder Scharhacke im Zwischenachsenanbau und Fräse im Heck
- Umbau / Eigenbau
 - Gänsefußschare – Anschweißen von Flacheisen für einen stärkeren Häufeleffekt
 - Rollhacke – Anbringung von Stützrädern für ein exakteres Arbeiten
 - Bandrechen – radikaler Querstriegel, um quer zur Reihenrichtung Dämme abzutragen, für stabile, mehrjährige Kulturen, evtl. mit Kunststoffaufsätzen schonender
 - Kulturegge – für ein Arbeiten zwischen den Reihen umgebaut
- Geräteträger
 - Fendt-Geräteträger (FGT) – häufig werden alte FGT verwendet, z.T. für jedes Hackgerät einer, neuere FGT mit Kabine mit Sicht auf ganze Hacke im Zwischenachsenanbau aber ungünstiger Blickwinkel, FGT schwer zu bekommen
 - Mazotti-Geräteträger – positive Erfahrungen: flexibel, Länge verstellbar, übersichtlich aber teuer
 - Anbauposition – einige positive Bewertungen vom Heckanbau mit Steermann (auch weil Kontrollblicke auf alle Schare möglich sind)

5.4.5 Computergesteuerte Geräte zur Unkrautregulierung

Automatische Reihenführung

Das Interesse der Befragten an Maschinenhacken mit kameragesteuerter Reihenführung war sehr unterschiedlich (Abbildung 25). Als wichtigsten Hinderungsgrund einer schnellen Ausbreitung wurde der hohe Preis dieser Geräte genannt, gefolgt von „Kein Bedarf“. Die vorgegebenen Gründe Komplexität und Störungsanfälligkeit spielten keine große Rolle.

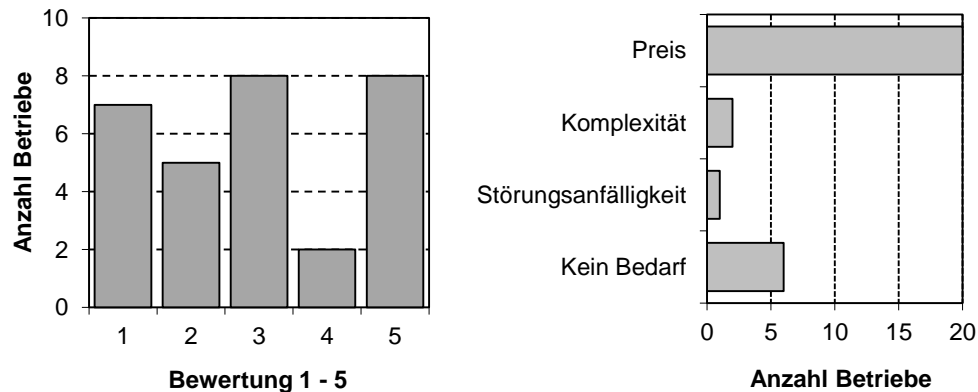


Abbildung 25: links: Interesse der Betriebsleitung an Hackgeräten mit kameragestützter Reihenführung (Bewertung: 1 gering, 5 hoch; $n=30$); rechts: Gründe, die gegen eine Anschaffung solcher Geräte sprechen ($n=29$)

Im Rahmen der Frage zur automatischen Reihenführung wurden eine Reihe von Kommentaren abgegeben, die im Folgenden zusammengefasst sind:

- Kein Bedarf
 - Bisheriges System funktioniert und ist ausreichend für ein genaues Fahren ohne Stress
 - Manuelle Heckfeinsteuerung und Zwischenachsanhau funktionieren gut
 - Kameragesteuertes Hacken bisher nicht besser als derzeitige manuelle Steuerung
 - Durchführung maschineller Unkrautregulierung durch Betriebsleiter führt auch zu gutem Überblick über Bestände
- Positiv
 - Auf einem Betrieb vorhanden und mit positiver Erfahrung im Einsatz, v.a. mit Zwei-Linsen-System aufgrund der größeren Genauigkeit
 - Ansatz trotz der Einschränkungen lohnend
 - Für AuG-Anbau interessant, z.B. mit Rillenführung
- Probleme
 - Das Funktionieren der Kameraführung wird angezweifelt, z.B. bei Feinsämereien, Kulturen in nicht exakten Reihen (z.B. Pfefferminze), bei hohem Unkrautdruck
 - Optische Verfahren zu unflexibel, zu viele Fehler und zu schwer auf verschiedene Kulturen einstellbar
 - Bei einzelnen Kulturen (z.B. Fenchel) Kamera-Erkennung schwierig, besser erscheint Anzeichenrille mit manueller oder Kamerasteuerung

- Noch nicht ausgreift: Ausgleich der Hangneigung und Kurvenfahrten
- Möglichkeit des dicht an der Reihe arbeiten kann aufgrund des Bodenzustands oft nicht genutzt werden
- Systeme mit Führungsrille funktionieren nicht bei Striegeleinsatz
- Elektronik nicht selbst reparierbar
- Investition nicht rentabel, v.a. bei kleinen Betrieben und vielen verschiedenen kleinflächigen Kulturen
- GPS
 - Auf einzelnen Betrieben für Reihenanlage bzw. Pferdearbeit geplant
 - Für Hacken erst interessant wenn genau genug, bisher (2 cm) zu ungenau
 - Möglichkeit schon vor dem Auflaufen zu hacken
 - GPS-gesteuertes Pflanzen mit der Möglichkeit quer zu hacken interessant
 - Umrüstung für mehrere Schlepper teuer
- Voraussetzungen
 - Eigene passende Sämaschine
 - Lohnend bei Systemen ab 6 m Arbeitsbreite
 - Etwas für die nächste Generation
 - Deutliche Reduzierung der Störanfälligkeit
 - Überbetrieblicher Einsatz

Automatische Systeme zur Unkrautregulierung in der Reihe

Im Vergleich zur kameragesteuerten Reihenführung bewerteten die Befragten ihr Interesse an automatischen Systemen zur Unkrautregulierung in der Reihe deutlich schlechter (Abbildung 26). Als wichtigsten Hinderungsgrund einer schnellen Ausbreitung wurde im Mittel auch hier vorrangig der Preis dieser Geräte genannt, gefolgt von dem Punkt „Kein Bedarf“.

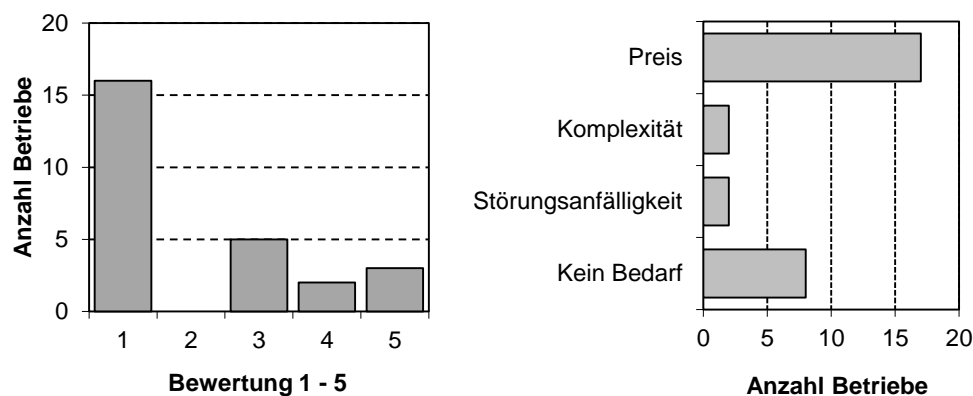


Abbildung 26: links: Interesse der Betriebsleitung an automatischen Steuerungssystemen für Hacken in der Reihe (Bewertung: 1 gering, 5 hoch; $n=26$); rechts: Gründe, die gegen eine Anschaffung solcher Geräte sprechen ($n=29$)

Im Rahmen der Frage zu automatischen Geräten zur Unkrautregulierung in der Reihe wurden eine Reihe von Kommentaren abgegeben, die im Folgenden zusammengefasst sind:

- Einschätzung
 - Bisher ist eigenes System schneller
 - Bisher wenig damit beschäftigt, aber offen für diese neue Technik
- Probleme
 - Kulturen, in denen ein Einsatz möglich ist, sind die einfachen Kulturen (Pflanzkulturen)
 - Funktionieren wird angezweifelt
 - Spezifische Probleme bei Säukulturen werden nicht gelöst
 - Elektronik nicht selbst reparierbar
 - Bekannte Geräte für größere Unkräuter nicht stabil genug
 - Bei mehrjährigen Kulturen (z.B. Pfefferminze, Melisse), inhomogenen Beständen und engem Pflanzenabstand schwierige Pflanzenerkennung
 - Hanglage
 - Hohes Entwicklungspotential, aber oft noch nicht gut umgesetzt
 - Nicht rentabel bei kleinen Betrieben bzw. vielen verschiedenen kleinflächigen Kulturen
 - Technik zu empfindlich für überbetrieblichen Einsatz
- Pflanzen mit GPS und Kreuz und Quer hacken besseres System

5.4.6 Unkraut auf den Betrieben

Die subjektive Bewertung des Unkrautdrucks auf den Betrieben durch die Befragten ergab in vielen Fällen eine hohe Einschätzung (Abbildung 27). In keinem Fall wurde der Unkrautdruck als gering bewertet.

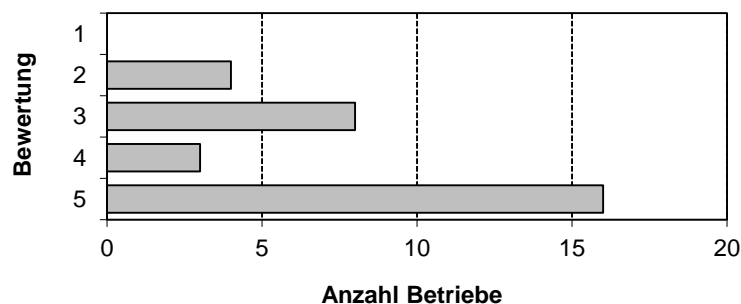


Abbildung 27: Bewertung des Unkrautdrucks auf dem Betrieb durch die Befragten (1: gering, 5: hoch, $n=31$)

Die Kommentare zum Unkrautdruck sind unter den folgenden Punkten zusammengefasst:

- Einschätzung
 - Stark wechselnd zwischen einzelnen Schlägen
 - Steigt auf Betrieb an
- Boden- und andere Standortbedingungen
 - Schwere Böden: durch schwierige Managementvoraussetzungen oft hoher Besatz / geringer Druck, da schlechte Keimbedingungen auf schweren Böden
 - Leichte Böden: riesiges Unkrautpotential, viel mehr als auf Lößböden
 - Bei hoher Nährstoffverfügbarkeit hoher Unkrautdruck
 - Auf sommertrockenen Lagen weniger Unkraut als auf sommerfeuchten
 - Von Wegen und Hecken Eintrag von Unkrautsamen
- Bewirtschaftung
 - Hoher Unkrautdruck aufgrund langjährigem AuG-Anbau, langjährigem Vermehrungsanbau, mehrjährigen AuG-Kulturen, intensivem Hackkultur-Anbau
 - Geringer Unkrautdruck bei intensivem Hackkulturanbau, wenn das Ziel erreicht wurde, kein Unkraut aussamen zu lassen und bei intensiver Regulierung
 - Durch den Anbau mehrjähriger Kulturen ändert sich die Unkrautzusammensetzung
 - Bei Gewinnung ätherischer Öle ist der Unkrautdruck weniger problematisch

Bei der Frage nach häufig vorkommenden einjährigen Unkräutern wurde eine Vielzahl von Arten genannt. In Abbildung 28 sind mehrmals aufgeführte Arten und die Einschätzung der Problematik abgebildet. Die am häufigsten genannten Unkräuter sind Weißer Gänsefuß, Vogelmiere, Franzosenkraut, Kamille, Jährige Risppe, Ackerfuchsschwanz und Hirsearten.

Einmal genannt bzw. bei den Betriebsbesuchen identifiziert wurden: Ackerhellerkraut, Ackerhohlzahn, Ackerschmalwand, Ackervergissmeinnicht, Ampfer-, Vogel- und Windenknöterich, Beinwell, Hirtentäschel, Huflattich, Hundspetersilie, Klatschmohn, Kornblume, Lattich, Nachtschatten, Storchschnabel, Taubnessel, Weidenröschen sowie feinsamige und andere Wicken.

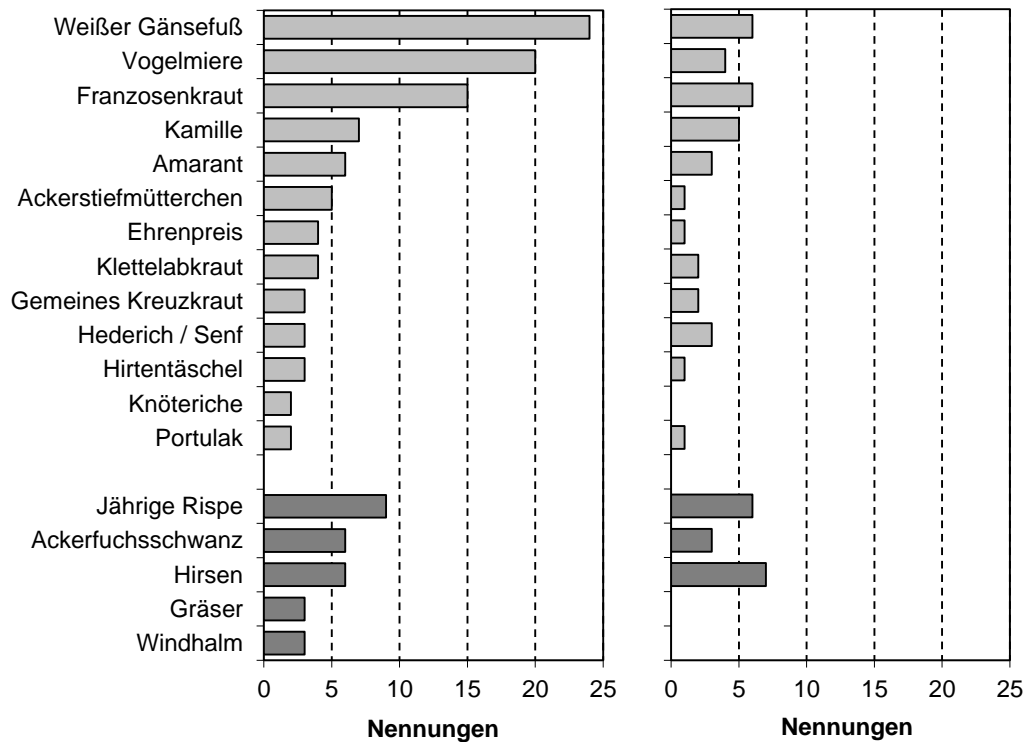


Abbildung 28: Auf den Betrieben vorkommende einjährige Unkräuter, links: häufig vorkommend, rechts: besonders problematisch (n=32); nur Arten, die mindestens zweimal als häufig vorkommend genannt wurden

Bei der Frage nach häufig vorkommenden einjährigen Unkräutern wurde eine Reihe von Kommentaren abgegeben, die im Folgenden zusammengefasst dargestellt sind:

- Neu auftretende Unkräuter
 - Afrikanische Hirse wurde eingeschleppt, ist sehr widerstandsfähig
 - Auf einem Schlag wurde Beinwell über Mist eingeschleppt
 - Braunhirse durch Anbau und auch nach sechs Jahren noch vorhanden
 - Franzosenkraut, neu seit fünf Jahren
 - Portulak, problematisch, da Auftreten erst bei warmem Wetter und durch Maschinenhacke nicht bekämpfbar – wächst wieder an, d.h. hoher Handarbeitseinsatz
- Zunehmende Unkrautarten
 - Hirsearten
 - Vogelmiere
 - Amaranth
- Bedingungen
 - Kamille – bei nassem Frühjahr, bei Verschlammungen, bei Kamilleanbau oder durch Umstellung auf pfluglose Bewirtschaftung
 - Franzosenkraut – durch früheren Zwiebelanbau, auf sandigen Flächen
 - Jährige Rispe – problematisch in mehrjährigen Kulturen
 - Vogelmiere in überwinterten Kulturen, z.B. Sonnenhut
 - Klettenlabkraut – mehr seit flacher Bearbeitung
 - Wicken – weniger seit flacher Bearbeitung
 - Weidenröschen – in Lücken von mehrjährigen Kulturen

- Einzelne Arten
 - Ackerfuchsschwanz – eingeschleppt, Wasserkonkurrenz problematisch
 - Ackerstiefmütterchen – problematisch, wenn hoch
 - Amaranth – bis hin zum Grund für Rückumstellung des befallenen Schlags
 - Hundskamille – wüchsiger als echte Kamille
 - Jährige Rispe wächst schnell wieder an
 - Vogelmiere – Probleme zu Kulturanfang und bei warmen Wintern (fängt im Herbst an und wächst über Winter weiter)

Neben den annuellen Unkrautarten wurde auch nach perennierenden bzw. Wurzelunkräutern gefragt. Sowohl bei der Häufigkeit als auch bei der Bewertung der Problematik lagen Ackerkratzdistel, Quecke und Ampfer an vorderster Stelle (Abbildung 29). Löwenzahn, Waldsumpfkresse und Gänsedistel wurden auch noch mehrmals genannt. Nur einmalig erwähnt wurden: Ackerwinde, Gräser, Kriechender Hahnenfuß, Meerrettich, Österreichische Sumpfkresse, Rutenhirse und Schachtelhalm.

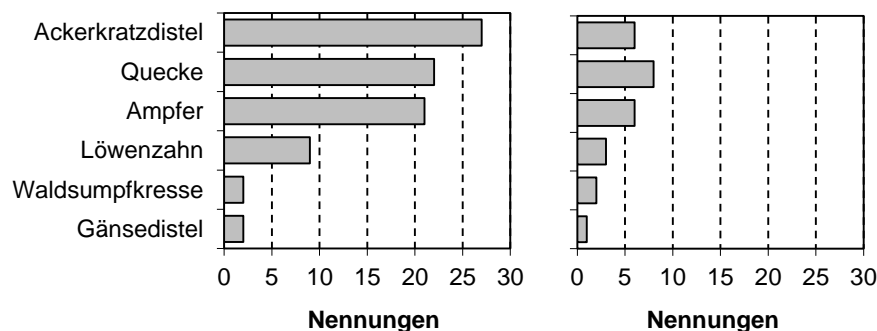


Abbildung 29: Auf den Betrieben vorkommende mehrjährige Unkräuter, links: häufig vorkommend, rechts: besonders problematisch (n=32); nur Arten, die mindestens zweimal als häufig vorkommend genannt wurden

Zu einzelnen mehrjährigen Unkrautarten wurden folgende Kommentare gemacht:

- Ampfer
 - Nimmt zu (evtl. vom Kooperationsbetrieb mit Mist importiert)
 - Durch regelmäßige aufmerksame Bekämpfung (Stechen) kein Problem
- Distel
 - Z.T. Auftreten bei Verdichtungen
 - Im Griff durch: mehrjährigen Luzerneanbau, intensives Pflügen, Schälfrucht und dichte Buchweizen-Zwischenfrucht
- Löwenzahn
 - Am schwierigsten
 - Vermehrung auch durch Luzerneanbau
 - V.a. in mehrjährigen Kulturen in der Reihe, z.B. ab dem 2.-3. Jahr in Melissehorsten
- Quecke
 - Auf sandigen Flächen, auf neuen Flächen, vom Rand einwandernd
 - V.a. in Dauerkulturen, vermehrt sich in mehrjährigen AuG-Kulturen

- Regulierung durch Schälfrucht / Flügelschargrubber und häufiges Eggen oder
- Durch häufiges Grubbern im Frühjahr, folgendes tiefes Pflügen und Zwischenfruchtsaat
- Andere Arten
 - Kohldistel, vom Feldrand einwandernd
 - Luzerne, Abtöten bei Umbruch problematisch
 - Waldsumpfkresse, problematisch durch Übertragung bei Stolonenvermehrung
 - Österreichische Waldkresse, wandert ein
 - Rutenhirse in Melissehorsten

5.4.7 Angebaute AuG-Arten

Die Anzahl angebaute AuG-Arten variiert zwischen den befragten Betrieben in einem weiten Bereich (Abbildung 30). Ca. auf einem Drittel der Betriebe werden weniger als fünf verschiedene Arten kultiviert. Die Hälfte der Betriebe hat zwischen fünf und zehn Arten im Programm und nur auf sechs Betrieben werden fünfzehn oder mehr verschiedene AuG-Arten angebaut.

Bei den Nutzungskategorien überwiegen deutlich Kulturen mit Kraut- bzw. Blattnutzung, die auf fast allen Betrieben vorkommen (Abbildung 30). Auf den meisten Betrieben werden jedoch zusätzlich auch noch Kulturen mit Blüten-, Wurzel- oder Kornnutzung angebaut. Nur drei Befragte gaben an, ausschließlich AuG zur Körnernutzung anzubauen.

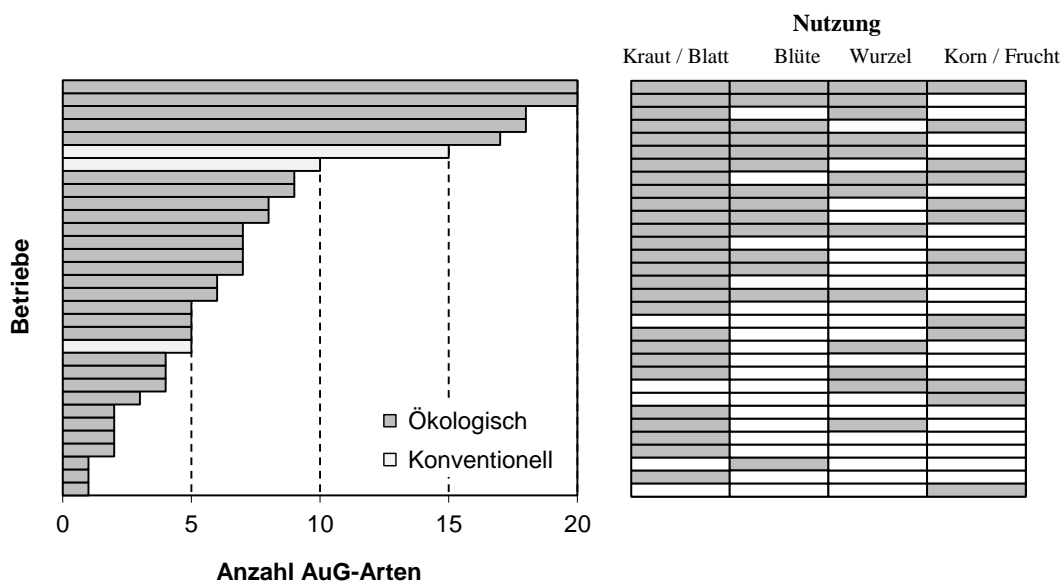


Abbildung 30: Anzahl angebaute AuG-Arten (links) und Nutzungsgruppen (rechts), jeder Balken ein Betrieb (n=32)

In Abbildung 31 wird ein Überblick über die Häufigkeit und die Flächensumme der bedeutendsten AuG-Arten auf den Betrieben, die an der Status-Quo-Erhebung beteiligt waren, gegeben. Die vollständige Liste ist im Anhang (Tabelle A 5 bis Tabelle A 7) zu finden. Die am häufigsten vorkommenden Kulturen sind Sonnenhutarten, Minzen, Zitronenmelisse und Petersilie. Den größten Flächenanteil hat Kamille, gefolgt von Sonnenhut und Fenchel.

Betrachtet man den mittleren Erfahrungszeitraum mit den achtzehn bedeutendsten AuG-Arten, zeigt sich, dass mit vielen Arten durchschnittlich mehr als zehn Jahre Anbau- und damit auch Unkrautregulierungserfahrungen gesammelt werden konnten (Abbildung 31). Nur bei wenigen Kulturen wie Kresse und Schlüsselblume, lagen die Zeiten unter fünf Jahren. Detaillierte Angaben zu allen vorgekommenen Kulturen finden sich im Anhang (Tabelle A 5 bis Tabelle A 7).

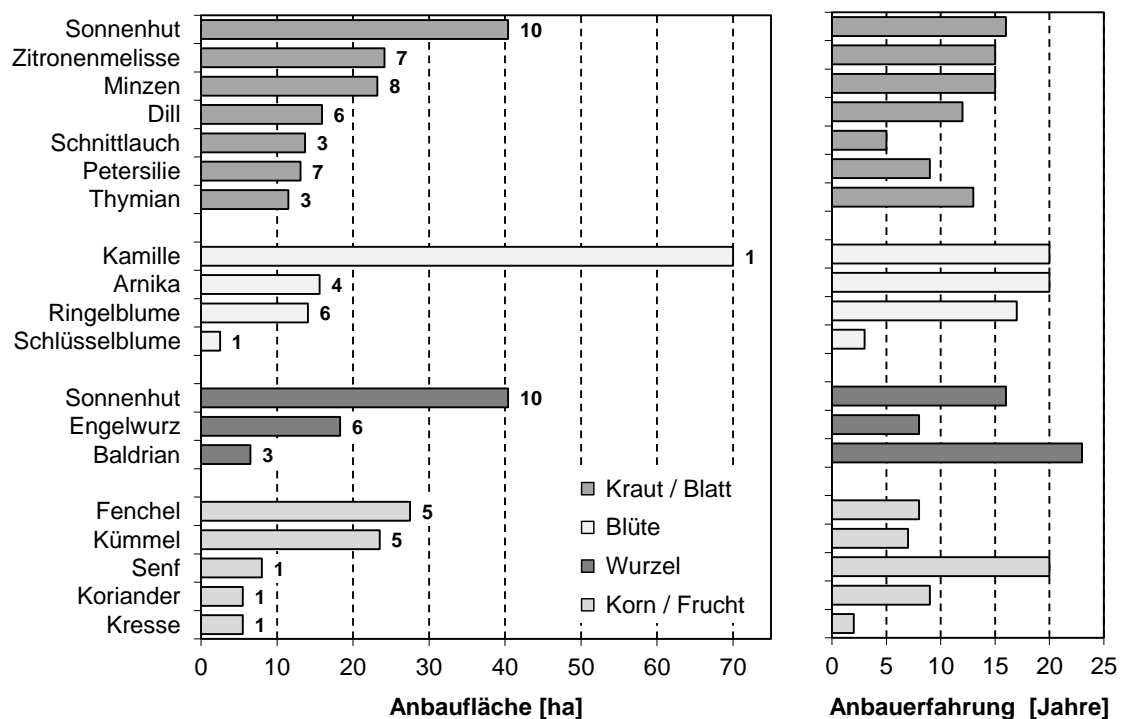


Abbildung 31: Anbaufläche häufig angebauter AuG-Arten und durchschnittliche Anbauerfahrung

Zu allen genannten AuG-Arten wurde die Bewertung der Unkrautempfindlichkeit abgefragt. Dabei wurde nicht zwischen Bereichen wie Konkurrenzkraft oder Qualitätseinfluss unterschieden. In Abbildung 32 ist die Bewertung für die empfindlichsten Arten aufgeführt, die Ergebnisse zu allen genannten Arten sind im Anhang dargestellt (Tabelle A 5 bis Tabelle A 7). Bei den empfindlichsten AuG wurde von den einjährigen Arten Petersilie und Blattsellerie und von den mehrjährigen Pfefferminze, Arnika, Thymian und Estragon am häufigsten genannt.

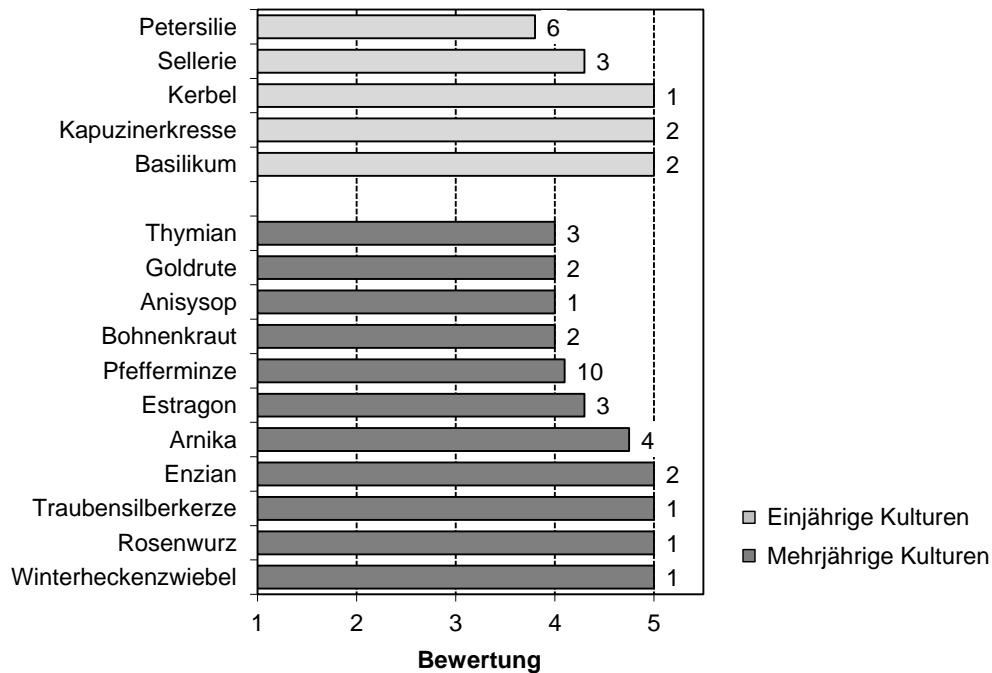


Abbildung 32: Von Betriebsleitern bewertete Unkrautempfindlichkeit besonders empfindlicher AuG-Arten (Median, 1: gering, 5: hoch) und Anzahl der Nennungen

5.4.8 Anbau und Unkrautregulierung ausgewählter AuG-Arten

Von jedem der 32 Betriebe wurden zu ein bis drei AuG-Arten ausführliche Angaben zum Anbau und zur nicht-chemischen Unkrautregulierung abgefragt. Besonders häufig wurden dabei die Arten Pfefferminze, Petersilie, Zitronenmelisse und Kümmel behandelt (Abbildung 33). Bei vielen Arten liegen nur Einzelbeschreibungen vor. Insgesamt sind 29 Kulturen detailliert besprochen worden.

In den folgenden Abschnitten sind wesentliche Informationen zum Anbau und zur nicht-chemischen Unkrautregulierung tabellarisch aufgeführt. Die chemischen Pflanzenschutzmaßnahmen der drei konventionellen Betriebe sind dabei nicht enthalten. Zusätzlich wurden weitergehende Kommentare zu einzelnen Unkrautregulierungsmaßnahmen oder zum Anbau zusammengefasst und strukturiert. Bei allen beschriebenen Verfahren handelt es sich um die Beschreibung von Beispielen. Die Verfahren können aufgrund unterschiedlicher Bedingungen auf den jeweiligen Betrieben im Einzelfall stark von den beschriebenen Verfahren abweichen. Eine Verallgemeinerung oder direkte Übertragung auf andere Betriebe ist aufgrund der spezifischen Standort- und Betriebsbedingungen der Beispiele nicht sinnvoll. Im Rahmen des Projekts konnte keine Bewertung der verschiedenen Verfahren erfolgen, da weder eine Erfassung des Unkrautzustandes noch die Ermittlung von Ertrag und Qualität des Ernteprodukts möglich waren.

Die aufgeführten Beispiele können jedoch die Vielfalt an Unkrautregulierungsstrategien in der Praxis aufzeigen und sowohl als Anhaltspunkt für die Entwicklung von Anbauverfahren oder Optimierungsschritten, als auch für die Ableitung von Handlungs- bzw. Forschungsbedarf dienen.

Der Handarbeitsaufwand wird in den Tabellen meist in Anzahl von Handhackdurchgängen aufgeführt. Der jeweilige Zeit- bzw. Arbeitskraftaufwand je Hackdurchgang konnte

im Rahmen des Projekts nicht ermittelt werden, hierfür wären aufwändige Studien auf den Betrieben notwendig. Die Anzahl an Handhackdurchgängen kann somit nicht zur Bewertung des Erfolgs der mechanischen oder thermischen Maßnahmen herangezogen werden.

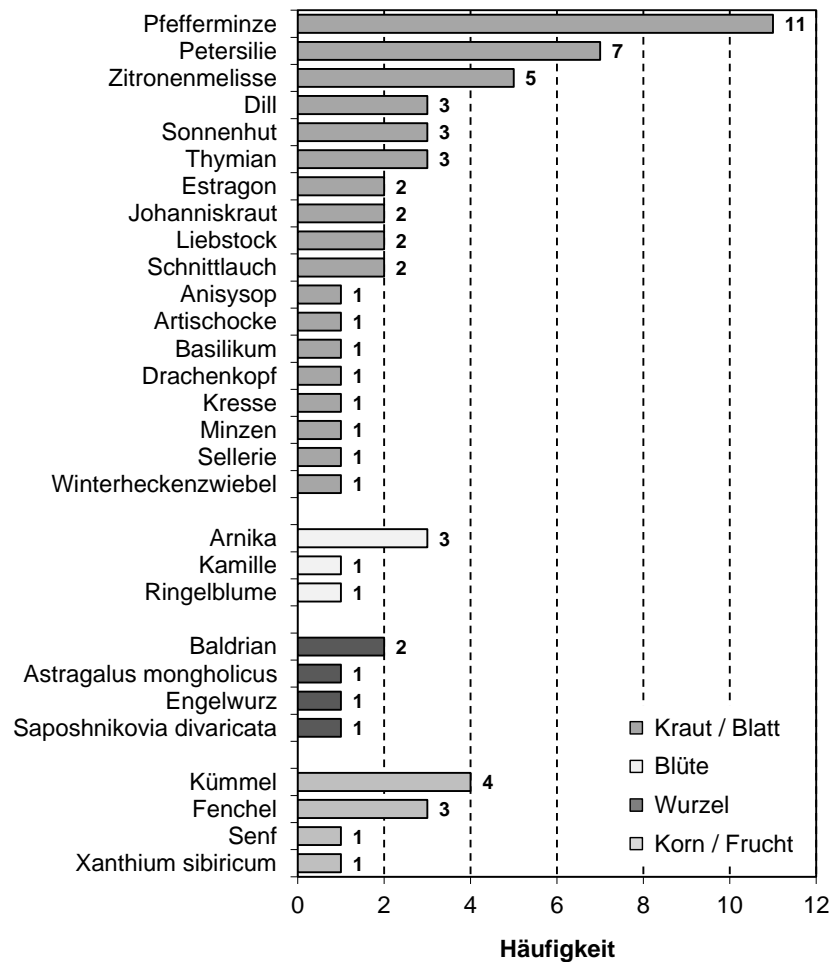


Abbildung 33: AuG-Arten, zu denen detaillierte Anbau- und Unkrautregulierungsverfahren vorliegen, und Anzahl der Nennungen (68 Nennungen von 32 Betrieben)

Petersilie

In Tabelle 4 sind Informationen zum Anbau von Petersilie von sieben Ökobetrieben zusammengestellt. Die Bewertung der Unkrautproblematik der Kultur durch die Betriebsleitung reicht von wenig bis sehr problematisch. Die Intensität der mechanischen Unkrautregulierung variiert von zwölf bis zwanzig Arbeitsgängen pro Jahr. Auf fünf der sieben Betriebe wird ein Abflammgerät eingesetzt, auf allen Betrieben sind Striegel und Maschinenhacke im Einsatz.

Tabelle 4: Angaben zum Anbau und zur nicht-chemischen Unkrautregulierung von Petersilie

Betrieb	17	21	30	10	16	26	24
Öko / Konv	Ö	Ö	Ö	Ö	Ö	Ö	Ö
Unkrautbewertung¹	5	k.A.	5	5	1	4	3
Böden				mittel	gut		
Vorfrucht	KA, KG		Getreide	Getr. m US	KG		Luzerne
Stoppelbearbeitung		3,5	1	1		1	2
Stoppelb.-tiefe		10	15	15		13	15
Pflugtermin	Herbst	Herbst	Herbst	Herbst	Herbst	Frühjahr	Herbst
Falsches Saatbett	1	1	0,3		1		1,5
Pflanztermin	15.-20.04.	ab M03	A04-M04	M03	20.-25.04	M03-E03	E03-A04
Reihenabstand	33	25	50	25	33	28	36
Beregnung mögl.	nein	Ja	ja	ja	ja	ja	ja
Ernten	4,5	4,5	4	3,5	4	4	4
Direkte Regulierung							
Abflamngerät	1	1	1	1	1		
Striegel	9	4	4	3	6	3	3
Maschinenhacke	5	8	6	6	2,5	5	5
Handhacke²	2	4	1	4	1	2	1
Ziehen / schnelle Hacke	3	3	4		2	3	3
Mulcher				3			

Abkürzungen: Ö: ökologisch, K: konventionell, k.A.: keine Angaben, Getr.: Getreide, KG: Klee gras, KA: Kartoffeln, US: Untersaat, M: Mitte, E: Ende

¹: 1 wenig problematisch, 5 sehr problematisch

²: Handhacke, Jäten oder Unkrautziehen

Zu den eingesetzten Geräten zur direkten Unkrautregulierung bei Petersilie wurden eine Reihe von Kommentaren abgegeben, die im Folgenden zusammengefasst dargestellt sind:

- **Abflamngerät**
 - Vor Auflaufen, selten zweimal wenn notwendig (kaltes Wetter)
 - 14 Tage nach Saat
- **Striegel**
 - Nach jedem Schnitt
 - Nach jedem Schnitt 2 x gegenläufig (auch Wegreißen von stehen gebliebenen Petersilienstielen und Blättern)
 - Striegel nach Schnitt, wenn Boden trocken genug
- **Maschinenhacke**
 - Bis 1. Schnitt zwei- bis fünfmal, z.T. mit Schutzscheiben
 - Nach 1. Schnitt einmal mit Striegel im Heck pro Zwischenerntezeit
 - Zwei Wochen nach Schnitt und Striegel, in die Reihe häufeln
 - Nach 1. Schnitt maximal noch einmal
 - Mit Duo-Hacke zufrieden

- Handhacke
 - Vier bis fünf Wochen nach der Saat
 - Ein- bis viermal Jäten / Hacken bis zum ersten Schnitt
 - Pro Jahr viermal, vor allem am Anfang schwierig, später schnelle Deckung
 - Nach dem 1. Schnitt selten
 - Ziehen / Durchgehen / schnelle Handhacke vor jedem Schnitt
- Mulcher
 - Nach jedem Schnitt abmulchen bis auf den Boden, z.B. mit Schlegelmulcher oder Zwiebelentschlotter

Weitere Kommentare zum Petersilienanbau:

- Reihenabstand von 50 cm wäre besser als 33 cm, da beim Hacken Erde in die Nachbarreihe geworfen wird
- Nur Echter Mehltau macht Probleme
- Mit verfügbarem Öko-Saatgut (Sorten / Herkünfte) gibt es größere Mehлтаuprobleme
- Einsatz der mehltaresistenten Sorte 'Felicia'
- Bei erstem Auftreten von Mehltau muss sofort geerntet werden
- Petersilie wegen häufigem *Septoria*-Befall und nachfolgendem Umbruch nicht mehr im Anbau

Dill, Basilikum, Sellerie, Drachenkopf und Artischocke

In Tabelle 5 sind Informationen zum Anbau der einjährigen Säkulturen Dill, Basilikum, Sellerie, Drachenkopf und Artischocke von sechs Ökobetrieben und einem konventionellen Betrieb zusammengestellt. Die Arten werden hinsichtlich des Unkrauts von der Betriebsleitung als mittel bis sehr problematisch eingeschätzt. Die Intensität der mechanischen Unkrautregulierung ist bei der Artischocke mit acht Arbeitsgängen pro Jahr am höchsten und liegt bei der Kultur Dill mit ihrer relativ kurzen Vegetationszeit bei zwei bis drei Arbeitsgängen. Ein Abflammgerät wird nur bei einem Dill-Beispiel und bei Sellerie eingesetzt. Während in allen Kulturen die Maschinenhacke angewendet wird, ist der Striegel nur im Sellerie im Einsatz.

Tabelle 5: Angaben zum Anbau und zur nicht-chemischen Unkrautregulierung von Dill, Basilikum, Sellerie, Drachenkopf und Artischocke

Betrieb	11	24	30	13	16	25	2
Öko / Konv	Ö	Ö	Ö	Ö	Ö	Ö	K
Kultur	Dill	Dill	Dill	Basilikum	Sellerie	Drachenk.	Artischo.
Unkrautbewertung ¹	4	3	k.A.	5	4	3	3
Böden	egal			beste		egal	egal
Vorfrucht	Dinkel	LU, KA, Dill	Getreide	Klee	KG	KG, Getr.	WW
Stoppelbearbeitung	2	2	1	2		2	1,5
Stoppelb.-tiefe	15	15	15	10		15	10
Pflugtermin	Herbst	Herbst	Herbst	Herbst	Herbst	Herbst	
Falsches Saatbett	k.A.	1,5	0,3	2	1	1	
Saattermin	k.A.	E03-A04	A04-M04	M05	20.-25.04	M04-M04	M04-A05
Reihenabstand	33	36	50	35	33	35	50
Beregnung mögl.	zum Teil	ja	ja	nein	ja	nein	ja
Ernten	1	2	2	3	3	1	4
Direkte Regulierung							
Abflamngerät			1		1		
Striegel					4		
Maschinenhacke	3,5	3,5	4	5	2,5	5	7
Reihenfräse							1
Handhacke ²	300 Akh/ha	3,5	250 Akh/ha	5	1	2	1
Ziehen / schnelle Hacke				3		1	

Abkürzungen: Ö: ökologisch, K: konventionell, k.A.: keine Angaben, Getr.: Getreide, WW: Winterweizen, KG: Klee-gras, LU: Luzerne, KA: Kartoffeln, A: Anfang, M: Mitte, E: Ende

¹: 1 wenig problematisch, 5 sehr problematisch

²: Handhacke, Jäten oder Unkrautziehen

Zu den eingesetzten Geräten zur direkten Unkrautregulierung bei den Kulturen Dill, Basilikum, Sellerie, Drachenkopf und Artischocke wurden eine Reihe von Kommentaren abgegeben, die im Folgenden zusammengefasst dargestellt sind:

- Abflamngerät
 - Dill: vor Auflaufen, selten zweimal (wenn notwendig, z.B. bei kaltem Wetter)
 - Sellerie: drei Wochen nach Saat
- Striegel
 - Sellerie: nach jedem Schnitt zweimal Hackstriegel, scharf, gegenläufig
- Maschinenhacke
 - Dill: sobald Reihe sichtbar
 - Dill: Duo-Hacke
 - Basilikum: zweimal vor dem ersten Schnitt
 - Sellerie: zwei- bis dreimal vor dem ersten Schnitt (ohne Striegel)
 - Drachenkopf: Einsatz auch, um Verdunstung zu minimieren

-
- Artischocke: vor erstem Schnitt kamerageführt und mit Fingerhacke, nach erstem Schnitt nach Bedarf mit Fingerhacke aber ohne Kameraführung
 - Reihenfräse
Artischocke: kann Maschinenhacke ersetzen

Weitere Kommentare zum Anbau von Sellerie

- Öko-Sellerie-Saatgut oft mit *Septoria* belastet, konventionelles gesünder

Minzen

In Tabelle 6 sind Informationen zum Anbau von Pfefferminze aus Stecklingspflanzen und in Tabelle 7 von Pfefferminzen aus Stolonen und zum Anbau von Apfelminze von sieben Ökobetrieben und drei konventionellen Betrieben zusammengestellt. Hinsichtlich des Unkrauts werden die Minzen von der Betriebsleitung meist als sehr problematisch eingeschätzt. Die Intensität der mechanischen Unkrautregulierung reicht sowohl im ersten Jahr als auch in den Folgejahren von vier bis vierzehn Arbeitsgängen pro Jahr. Eine Maschinenhacke oder ein Reihengrubber werden auf allen Betrieben eingesetzt. Striegel kommen auf acht und Reihenfräsen auf vier der zehn Beispielbetriebe zum Einsatz.

Tabelle 6: Angaben zum Anbau und zur nicht-chemischen Unkrautregulierung von Pfefferminze aus Stecklingspflanzen

Betrieb	9	18	2	5	25
Öko. / Konv.	Ö	Ö	K	Ö	Ö
Unkrautbewertung¹	5	3	5	1	5
Böden		leicht - mittel	sandig - lehmig	schwer	
Vorfrucht	KG	KG / Luzerne	Artischo. / WW	Getreide	Getreide / KG
Stoppelbearbeitung			1,5		2
Stoppelb.-tiefe			10		15
Pflugtermin	Frühjahr	Herbst	Herbst	Herbst	Herbst
Falsches Saatbett	2	0	0	3,5	3
Pflanztermin	05	E05-A06	06-07	M06	M04-E04
Reihenabstand	50	75	75	75	75
Beregnung mögl.	Fass	ja	ja	ja	Fass
Ernten 1. Jahr	2	0	0	1	2
Ernten ab 2. Jahr	3	2	2,5	2,5	3
Direkte Regulierung					
1. Jahr					
Schleppe					
Striegel				3	2
Uni-Hacke					
Maschinenhacke	5	4	3	10	6
Hackbürste					1
Reihenfräse			3	1	
Häufelschare					
Reihengrubber					
Fingerhacke		2			
Handhacke²	430 Akh/ha	1	2	2	5
Ab 2. Jahr					
Schleppe					
Striegel		2	3	5	4
Unihacke					
Maschinenhacke	4	1		6	8
Reihenfräse		4	8	3,5	
Reihengrubber					
Fingerhacke		1			
Handhacke²	720 Akh/ha	1	6	3	4,5

Abkürzungen: Ö: ökologisch, K: konventionell, KG: Klee gras, WW: Winterweizen, E: Ende, M: Mitte

¹: 1 wenig problematisch, 5 sehr problematisch

²: Handhacke, Jäten oder Unkrautziehen

Tabelle 7: Angaben zum Anbau und zur nicht-chemischen Unkrautregulierung von Pfefferminze aus Stolonen und von Apfelminze

Betrieb	10	13	31	32	Apfelminze
Öko. / Konv.	Ö	Ö	K	K	Ö
Unkrautbewertung ¹	3	5	5	5	4
Böden	leicht	gut	alle	sL	sl
Vorfrucht	Getreide & US	Klee	Getreide / Gras	Getreide	nicht Luzerne
Stoppelbearbeitung	2	2	3	2	1,5
Stoppelb.-tiefe	15	10	20	15	10
Pflugtermin	Herbst	Herbst	kein Pflug	Herbst	Herbst
Falsches Saatbett		1,5			
Pflanztermin	10	Herbst	20.09.-E10	10-11	Herbst
Reihenabstand	50	75	62,5	62,5	62,5
Beregnung mögl.	ja	nein	selten	nein	k.A.
Ernten 1. Jahr	2	3	2	2	2
Ernten ab 2. Jahr	2	3	2	2	3
Direkte Regulierung					
1. Jahr					
Schleppe	1			1	
Striegel	3		3	2	2
Uni-Hacke				2	
Maschinenhacke	4	5	4		5
Hackbürste					
Reihenfräse					
Häufelschare			2		
Reihengrubber		1		8	1
Fingerhacke					
Handhacke ²	4	3	4	k.A.	5
Ab 2. Jahr					
Schleppe	1			1	
Striegel	2		3	2	3
Unihacke				2	
Maschinenhacke	4	5			5
Reihenfräse					2
Reihengrubber		1		5	1
Fingerhacke					
Handhacke ²	4	3	4	k.A.	5

Abkürzungen: Ö: ökologisch, K: konventionell, k.A.: keine Angaben, US: Untersaat, E: Ende

¹: 1 wenig problematisch, 5 sehr problematisch

²: Handhacke, Jäten oder Unkrautziehen

Zu den eingesetzten Geräten zur direkten Unkrautregulierung bei den Minzen wurden eine Reihe von Kommentaren abgegeben, die im Folgenden zusammengefasst dargestellt sind:

- Striegel
 - Erster Arbeitsgang nach Anwurzeln
 - Vor Austrieb blind striegeln
 - Im Frühjahr und nach jedem Schnitt
 - Nach Maschinenhacke (meist extra Arbeitsgang, selten im selben Durchgang)
 - Kombination von Häufeln und Striegeln
 - Striegel kann Pfefferminztriebe reduzieren, aber eher mit positiven Auswirkungen
 - Alternative zum Striegel: Uni-Hacke flächig
- Uni-Hacke
 - Flächig
 - Nach Austrieb flächig
 - Nach 1. Schnitt flächig
- Schleppe
 - Vor Austrieb mit Kastenschleppe oder Egge Dämme teilweise abschleppen
 - Nach dem Winter so früh wie möglich Wiesenschleppe
- Maschinenhacke
 - Zweimal im Frühjahr
 - Sobald die Reihen sichtbar sind
 - Sobald Unkraut sichtbar und Boden befahrbar, mit Scheiben
 - Sobald wie möglich & einmal / zweimal nach jedem Schnitt
 - Möglichst einmal pro Woche bis zehn Tage
 - Im Herbst oft zu feucht zum Hacken
- Reihengrubber
 - Nach Austrieb und 1. und 2. Schnitt Feingrubberzinken zwischen den Reihen
 - Nach 2. Schnitt Grubberzinken mit gekürzten Flügelscharen zwischen den Reihen
 - Im Herbst Dämme aufhäufeln mit Grubberscharen
- Hackbürste
 - Mit 10 cm Tunnel; alternativ extensives Striegeln oder Sternhacke (leichtes Zuhäufeln von Unkraut in der Reihe)
- Reihenfräse
 - Im Herbst nach Pflanzen
 - Im Frühjahr und einmal nach jedem Schnitt
 - Zweimal vor 1. Schnitt (geschlossenes Pfefferminzeband von 20 cm Breite)
 - Pro Schnitt mindestens drei Durchgänge
 - Je häufiger die Fräse eingesetzt wird, umso mehr Unkraut läuft auf, Hacke besser
- Fingerhacke
 - Fingerhacke wenn fest verwurzelt
 - In Kombination mit Maschinenhacke ab 2. Durchgang
- Handhacke
 - Im Frühjahr und nach jedem Schnitt
 - Sobald Reihen sichtbar (beim 1. Mal nur sichtbares Unkraut weg hacken)
 - Erste Arbeit im Frühjahr: Löwenzahn ziehen.
 - Zwei- bis dreimal Handhacke vor dem 1. Schnitt

- Nach 1. Schnitt mindestens einmal Handhacke und einmal Ziehen vor Ernte
- Nach Striegel
- Schuffel: unterschneidet, geht bei lockerem Boden und bei kleinen Pflanzen
- Ziehen vor jedem Schnitt oder Stechen von z.B. Löwenzahn, Disteln & Gräsern

Weitere Kommentare zum Minzeanbau:

- Zu Zeiten meines Urgroßvaters war Pfefferminze noch eine einjährige Kultur, es wurden jeden Herbst die Stolonen auf ein anderes Feld umgelegt, dies diente hauptsächlich der Unkrautregulierung
- Stolonenproduktion: 1 ha Pfefferminzbestand ergibt Pflanzmaterial für 2 ha / 4-5 ha
- Jährliches Umliegen: Roden mit Beetroder, per Hand aufladen, am nächsten Tag pflanzen (empfindlich gegen Austrocknen); aufwändige Methode: 5-6 Personen benötigen eine Woche/ha
- Stolonenvermehrung hat zur Selektion falscher Minzen und zum Übertragen von Wurzelunkräutern geführt
- Anhäufeln vor Winter gegen Winterunkräuter einmal probiert: nicht gelungen
- Nach Ernte: Schneidwerk oder Schlegeln, nach Schlegeln noch mal Schneidwerk (Vorteil des Schlegelns: weniger Stängel)
- Durch eingedrückte Spuren stehen Reihen etwas höher: z.T. quer Striegeln um entstehende Dämme abzuflachen
- Im 2. Jahr geschlossener Bestand; im 3. Jahr schwierig durch Ausläufer und Lücken, Hirse und Löwenzahn werden problematisch; im 4. Jahr noch mehr Lücken, Bodenverdichtungen, Hirse, Löwenzahn und Weidenröschen sind problematisch

Zitronenmelisse

In Tabelle 8 sind Informationen zum Anbau von Zitronenmelisse von vier Ökobetrieben und einem konventionellen Betrieb zusammengestellt. Die Bewertung der Unkrautproblematik der Kultur durch die Betriebsleitung reicht von mäßig bis sehr problematisch. Die Intensität der mechanischen Unkrautregulierung variiert im ersten Jahr von fünf bis elf und im zweiten Jahr von drei bis zwölf Arbeitsgängen pro Jahr. Auf allen Betrieben wird eine Maschinenhacke eingesetzt, vier Betriebe verwenden einen Striegel und nur jeweils zwei Betriebe setzen eine Reihenfräse und / oder eine Fingerhacke ein.

Tabelle 8: Angaben zum Anbau und zur nicht-chemischen Unkrautregulierung von Zitronenmelisse

Betrieb	2	19	7	23	14
Öko / Konv	K	Ö	Ö	Ö	Ö
Unkrautbewertung¹	5	5	2	2	5
Böden	lehmig-schwer				
Vorfrucht	Artischo. / WW	egal	Luzerne	KG / WW	Engelwurz
Stoppelbearbeitung		3	3		0
Stoppelb.-tiefe		10	18		0
Pflugtermin	Herbst	k.A.	Herbst	Herbst	k.A.
Falsches Saatbett	1	2	1		
Pflanztermin	06-07	E05	A05-M05	04	E06
Reihenabstand	50	45	30	45	50
Beregnung möglich	ja	ja	ja	beim Pflanzen	Angießen
Ernten 1. Jahr	0	1	2	1,5	1
Ernten ab 2. Jahr	2	2	3	3	2
Direkte Regulierung					
1. Jahr					
Striegel		2		4	
Maschinenhacke	5,5	8	11	5	4
Reihenfräse					2
Fingerhacke	4 ³	6 ³			
Handhacke²	2	250 Akh/ha	445 Akh/ha	2,5	3
Ab 2. Jahr					
Striegel	6	3	3	1	
Federzinkenegge				1	
Maschinenhacke	7	12	11	5	2
Reihenfräse	3				1
Fingerhacke	7 ³	6 ³			
Handhacke²	4,5	500 Akh/ha	445 Akh/ha	2,5	3

Abkürzungen: Ö: ökologisch, K: konventionell, k.A.: keine Angaben, WW: Winterweizen, KG: Klee gras, A: Anfang, M: Mitte, E: Ende

¹: 1 wenig problematisch, 5 sehr problematisch

²: Handhacke, Jäten oder Unkrautziehen

³: in Kombination mit Maschinenhacke

Zu den eingesetzten Geräten zur direkten Unkrautregulierung bei Zitronenmelisse wurden eine Reihe von Kommentaren abgegeben, die im Folgenden zusammengefasst dargestellt sind:

- Striegel
 - Einsatz nach Bedarf
 - 1. Jahr: 2 Wochen nach Pflanzen zweimal (bei zu hartem Boden erst Maschinenhacke) nach 1. Schnitt einmal (Wirksamkeit wird schnell geringer); im weiteren Verlauf z.T. zum Abhäufeln der Hackdämmchen genutzt

- Im 1. Jahr zu empfindlich
- Ab 2. Jahr: selten, im Frühjahr oder im Herbst
- Vorsicht bei Auswinterungsschäden
- Federzinkenegge
 - Ab 2. Jahr: im Frühjahr einmal (Lemken Koralle), z.B. gegen größere horstbildende Gräser (u.a. Wiesenrispe), bei denen der Striegel nicht mehr wirkt
- Maschinenhacke
 - 1. Jahr: anfangs mit Hohlschutzscheiben und drei Scharen je Parallelogramm, später nur noch eine Schar; durch schnelles Fahren etwas Anhäufeln
 - 1. Jahr: sobald Reihe sichtbar, anfangs mit Winkelmessern und Hohlschutzscheiben; im Herbst eher zur Reihe hin arbeitend
 - 1. Jahr: mit Fingerhacke wenn möglich
 - 2. Jahr: im Mittel ca. 11 mal pro Jahr (eine Schar pro Parallelogramm), durch schnelles Fahren etwas Anhäufeln
 - 2. Jahr: Ziel mit Fingerhacke und Striegel (solange Pflanzenhöhe es zulässt)
- Rollhacke
 - Alternative zur Reihenfräse
- Reihenfräse
 - Alternative zur Rollhacke
 - Bei festem Boden und nach den Schnitten zur Einarbeitung der Stoppel

Weitere Kommentare zum Anbau von Zitronenmelisse:

- N-Düngung fördert v.a. die Melisse, die darauf sehr positiv reagiert
- Im Herbst früh mit Maßnahmen aufhören, um den Stock nicht zu schädigen (sehr empfindlich)
- Nach dem Pflanzen Probleme mit Vogelmiere
 - im 2. Jahr: geschlossener Bestand
 - ab 3. Jahr: Lücken und Probleme mit Löwenzahn, Rutenhirse und Quecke, Melissehorste sind hart und deshalb Handhacke nicht möglich

Thymian, Anisysop, Estragon und Johanniskraut

In Tabelle 9 sind Informationen zum Anbau der mehrjährigen Blatt- bzw. Krautnutzungs-kulturen Thymian, Anisysop, Estragon und Johanniskraut von fünf Ökobetrieben und einem konventionellen Betrieb zusammengestellt. Die Arten werden hinsichtlich des Unkrauts von der Betriebsleitung als mittel bis sehr problematisch eingeschätzt. Die Intensität der mechanischen Unkrautregulierung variiert im ersten Jahr bei den Beispielen von sieben bis zwölf und in den Folgejahren von drei bis sechzehn Arbeitsgängen pro Jahr. Ein Abflammgerät wird nur bei einem Thymian-Beispiel eingesetzt. Während in allen Kulturen eine Maschinenhacke und ein Striegel angewendet werden, ist eine Fingerhacke nur auf einem Betrieb in Estragon im Einsatz.

Tabelle 9: Angaben zum Anbau und zur nicht-chemischen Unkrautregulierung von Thymian, Anisysop, Estragon und Johanniskraut

Betrieb	21	23	1	3	7	31
Öko / Konv	Ö	Ö	Ö	Ö	Ö	K
Art	Thymian	Thymian	Anisysop	Estragon	Estragon	Johanniskr.
Unkrautbewertung ¹	5	3	4	4	3	3
Böden	nicht Sand & Steine		mager	beste Böden		leicht & schwer
Vorfrucht	abtragend	WW & ZF	Luzerne	KG / Di	Luzerne	WG
Stoppelbearbeit.	3,5	2	1	3	3	2
Stoppelb.-tiefe	10	12	10	12	10	20
Pflugtermin	Herbst	Grubber	Herbst	Grubber	Herbst	Grubber
Falsches Saatbett	1	1	2	2,5	3	1
Saattermin	M03-M04	25.04	Frühjahr			
Pflanztermin				A05	07	E08
Reihenabstand	25	32	31,3	42	75	52,5
Beregnung mögl.	ja	nein	nein	nein	ja	z.T.
Ernten 1. Jahr	1	1	1	1,5	0	1,5
Ernten ab 2. Jahr	4	2,5	2	4	2,5	1,5
Direkte Regulierung						
1. Jahr						
Abflammgerät	1					
Striegel	1	2	1	2,5		1
Maschinenhacke	10	5	7,5	2,5	10	6
Reihengrubber			1			
Fingerhacke				3 ³		
Mulcher					1	
Handhacke ²	4,5	2 (400 Akh/ha)	6	100 Akh/ha	590 Akh/ha	4
Ab 2. Jahr						
Striegel	4		4	5	2	1
Maschinenhacke	12	2,5	7	5	10	5
Reihengrubber			2			
Handhacke ²	7	100-150 Akh/ha	k.A.	100 Akh/ha	590 Akh/ha	4

Abkürzungen: Ö: ökologisch, K: konventionell, k.A.: keine Angaben, WW: Winterweizen, Di: Dinkel, WG: Wintergerste, KG: Klee gras, ZF: Zwischenfrucht, A: Anfang, M: Mitte, E: Ende

¹: 1 wenig problematisch, 5 sehr problematisch

²: Handhacke, Jäten oder Unkrautziehen

³: extra Arbeitsgang

Zu den eingesetzten Geräten zur direkten Unkrautregulierung bei Thymian, Anisysop, Estragon und Johanniskraut wurden eine Reihe von Kommentaren abgegeben, die im Folgenden zusammengefasst dargestellt sind:

- Abflammgerät
 - Thymian: Einsatz nach Erfahrung (Zeit nach Saat und Witterungsverlauf) und Boden abpinseln und Keimung prüfen; wenn angekeimt einmal Abflammgerät, wenn noch nicht gekeimt aber Regen angesagt zweimal: Abflammen vor Keimung und möglichst ein weiteres Mal vor Auflaufen
- Striegel
 - Thymian 1. Jahr: nach 3. Maschinenhacke direkt Striegel zum Einebnen, nach Juli z.T. Striegel nach Maschinenhacke
 - Thymian 1. Jahr: nach dem Schnitt verhalten (3-4 Tage nach Hacken)
 - Thymian ab 2. Jahr: Striegel nur, wenn Thymian größer, d.h. nicht so oft
 - Anisysop 1. Jahr: Striegel im 1. Jahr oft nicht möglich (empfindlich gegen Ausreißen und Lockern), wenn dann beim Hacken, schwach eingestellt
 - Anisysop ab 2. Jahr: leicht eingestellt
 - Estragon: mit Maschinenhacke
 - Estragon ab 2. Jahr: Frühjahr und Herbst, wenn abgestorben und trockenes Wetter
 - Johanniskraut: evtl. nach Ernte
- Maschinenhacke
 - Thymian 1. Jahr: 2 Monate nach Saat zweimal, nach 3. Maschinenhacke direkt Striegel zum Einebnen
 - Thymian 1. Jahr: Einsatzbeginn nach Unkrautdruck (eher länger warten), dann alle zwei Wochen wenn der Boden befahrbar ist
 - Thymian ab 2. Jahr: bis 1. Schnitt drei Durchgänge
 - Thymian ab 3. Jahr: nur einmal da zu dicht zum Hacken und Ausläufer stören
 - Anisysop: nach Saat mit Hohlschutzscheiben, Häufigkeit nach Witterung, 3 cm tief, selten mit leichtem Striegel
 - Estragon 1. Jahr: mit Winkelmessern und Striegel
 - Estragon ab 2. Jahr: mit Striegel
 - Johanniskraut: vor Winter anhäufeln (Grubberschare an Hacke)
- Reihengrubber
 - Anisysop 1. Jahr: Herbst, >20 cm tief
 - Anisysop ab 2. Jahr: Einsatz alternativ zur Maschinenhacke wenn Boden sehr hart ist (z.B. 1. Termin im Frühjahr wenn keine Frostgare vorhanden oder bei sehr trockenem Sommer), >20 cm tief
- Reihenfräse
 - Anisysop ab 2. Jahr: in stark verunkrauteten Altbeständen, dabei Umbruch der mittleren Reihe
- Fingerhacke
 - Estragon 1 Jahr: einmal früh
- Mulcher
 - Estragon 1. Jahr: im Herbst

- Handhacke
 - Thymian 1. Jahr: Handhacke / Jäten in der Reihe auf Knien bis 1,5-2 cm Unkrauthöhe, vorher kleine Beregnungsgabe (Unkraut lässt sich besser ziehen), Ziel alle 2-3 Wochen durchgehen so lange Unkraut vorhanden ist (dadurch geringes Unkraut-aufkommen und schnelle Durchgänge)
 - Thymian ab 2. Jahr: bis 1. Schnitt drei Durchgänge
 - Anisysop: vor allem in der Jugendphase
 - Estragon 1. Jahr: Handhacke ist schwierig

Weitere Kommentare zum Anbau von Thymian, Estragon und Johanniskraut:

- Thymian: das Durchfahren ist schwierig; Zikaden sind ein Problem
- Thymian: nur am Anfang schwierig, da langsame Entwicklung, dann sehr dicht, im 3. Jahr bildet der Bestand einen Teppich, der nicht mehr mit der Maschinenhacke bearbeitbar ist
- Estragon: maximal 2% Unkrautanteil sind tolerierbar; wichtige Unkräuter in Estragon sind Distel, Vogelmiere, Ehrenpreis, Löwenzahn, wenig Weißer Gänsefuß, v.a. niedrige Unkräuter, die schlecht gesehen werden, sind problematisch; Überlegung: bei starkem Pilzbefall (Rost) nach Ernte tief mulchen, dann keine 4. Ernte; seit zwei Jahren neue Krankheit mit Absterben von Einzelpflanzen
- Estragon ist frostempfindlich
- Johanniskraut: Rotwelke ist ein ungelöstes Problem

Schnittlauch, Winterheckzwiebel und Liebstock

In Tabelle 10 sind Informationen zum Anbau der mehrjährigen Blattnutzungskulturen Schnittlauch, Winterheckzwiebel und Liebstock von fünf Ökobetrieben zusammengestellt. Die Arten werden hinsichtlich des Unkrauts von der Betriebsleitung als mittel bis sehr problematisch eingeschätzt. Die Intensität der mechanischen Unkrautregulierung variiert im ersten Jahr bei den Beispielen von fünf bis sechzehn und in den Folgejahren von fünf bis zwanzig Arbeitsgängen pro Jahr. Ein Abflammgerät wird nur bei zwei der Kulturen eingesetzt. Neben dem Einsatz von Maschinenhacke und Striegel werden bei einzelnen Beispielbetrieben auch Federzinkenegge (Schnittlauch) und Ackeregge (Liebstock) verwendet.

Tabelle 10: Angaben zum Anbau und zur nicht-chemischen Unkrautregulierung von Schnittlauch, Winterheckzwiebel und Liebstock

Betrieb	24	27	11	6	16
Öko / Konv	Ö	Ö	Ö	Ö	Ö
Art	Schnittlauch	Schnittlauch	Winterheckzw.	Liebstock	Liebstock
Unkrautbewertung¹	4	5	5	3	3
Vorfrucht	Luzerne	Kleegras	Dinkel + ZF		Kleegras
Stoppelbearbeitung	2	0	2	k.A.	0
Stoppelb.-tiefe	15	0	15	k.A.	0
Pflugtermin	Herbst	Herbst	Herbst	Herbst o. März	Herbst
Falsches Saatbett	2,5	0	k.A.	0	1
Saattermin	M04	A04-M04	E03	E03-M04	E04-A05
Reihenabstand	34	50	33	75	33
Beregnung möglich	ja	nein	Ja	ja	ja
Ernten 1. Jahr	0	2	k.A.	2	2,5
Ernten ab 2. Jahr	3,5	4,5	4	4,5	5
Direkte Regulierung					
1. Jahr					
Abflamngerät			1		1
Striegel	1	4		7,5	6
Maschinenhacke	3,5	6	7	5,5	2,5
Reihengrubber				1	
Hackbürste		1			
Rollhacke				2	
Handhacke²	3,5	6	6	3	1
Ziehen				2	
Mulcher				1	
Ab 2. Jahr					
Striegel	20	6	3	6,5	1
Ackeregge					1
Maschinenhacke	1 (?)	7	6	4,5	3
Federzinkenegge zw. Reihen	10 ³				
Reihengrubber				1	
Handhacke²	6	6	k.A.	2	nach Bedarf
Ziehen				4,5	
Mulchen	1		1	1	

Abkürzungen: Ö: ökologisch, K: konventionell, k.A.: keine Angaben, ZF: Zwischenfrucht, A: Anfang, M: Mitte, E: Ende

¹: 1 wenig problematisch, 5 sehr problematisch

²: Handhacke, Jäten oder Unkrautziehen

³: in Kombination mit Striegel

Zu den eingesetzten Geräten zur direkten Unkrautregulierung bei Schnittlauch, Winterheckzwiebel und Liebstock wurden eine Reihe von Kommentaren abgegeben, die im Folgenden zusammengefasst dargestellt sind:

- Abflammgerät
 - Liebstock: drei Wochen nach Saat
- Striegel
 - Schnittlauch: nach jedem Schnitt, im Herbst Striegel auch quer
 - Schnittlauch 1. Jahr: nur eventuell
 - Schnittlauch ab 2. Jahr: Kulturegge mit Striegel gefolgt von extra Arbeitsgang mit Striegel, nach letztem Schnitt alle 3-4 Wochen
 - Liebstock: nach jedem Schnitt zweimal Hackstriegel
 - Liebstock 1. Jahr: jeweils mit Maschinenhacke, anfangs ganz schwach – Striegel nur hinten am Boden, später schärfer zur Unkrautbekämpfung in der Reihe
 - Liebstock 1. Jahr: nach Reihenschluss starkes Striegeln in der Reihe z.B. bis dreimal, auch gegenläufig (auch nachfolgende Jahre)
 - Liebstock ab 2. Jahr: Hackstriegel nach Egge
- Ackeregge
 - Liebstock ab 2. Jahr: im Frühjahr scharfer Strich, 3-8 cm tief, zusammen mit Maschinenhacke
- Maschinenhacke
 - Schnittlauch: ca. einmal pro Monat
 - Schnittlauch 1. Jahr: sobald die Reihen sichtbar sind mit Hohlschutzscheiben
 - Schnittlauch ab 3. Jahr: nur einmal, da zu dicht zum Hacken und störende Ausläufer
 - Winterheckzwiebel 1. Jahr: dreimal vor dem 1. Schnitt (ab sichtbaren Reihen), dann nach jedem Schnitt
 - Liebstock 1. Jahr: mindestens alle zehn Tage (3-5 km/h), so dass die Gänsefußschare anhäufeln (Sand in die Reihe verschieben), jeweils mit Striegel
 - Liebstock 1. Jahr: zwei- bis dreimal bis zum 1. Schnitt (ohne Striegel)
 - Liebstock ab 2. Jahr: mit einem normalen Gänsefußschar (Mitte) und zwei schrägen Scharen
 - Liebstock ab 2. Jahr: im Frühjahr zusammen mit Egge (scharfer Strich), nach dem 1. Schnitt nach Bedarf
- Rollhacke
 - Liebstock 1. Jahr: zum Anhäufeln
- Hackbürste
 - Schnittlauch 1. Jahr: zum Teil Hackbürste im Voraufbau (Sästreifen durch Spur der Andruckrolle sichtbar), Krustenstreifen werden durch Bürste gebrochen; zum Teil zweiter Durchgang nach Prismenwalze (Güttler), um Verkrustungen zu brechen
- Kulturegge
 - Schnittlauch ab 2. Jahr: Kulturegge und Striegel nach letztem Schnitt alle 3-4 Wochen; auch im Herbst oder Winter, wenn Boden befahrbar
- Mulcher
 - Liebstock: zum Teil im Winter, um Kraut zu entfernen

- Handhacke
 - Schnittlauch: jeweils nach Maschinenhacke
 - Schnittlauch 1. Jahr: erster Durchgang hoher Aufwand, später weniger
 - Schnittlauch ab 2. Jahr: ständig Handhacke, min. 6 x /Jahr (schnelle Durchgänge), Gräser in der Reihe werden problematischer, höherer Handhackaufwand
 - Winterheckzwiebel: ein- bis zweimal Handhacke vor dem 1. Schnitt (130 h/1,4 ha); einmal Handhacke nach dem 1. Schnitt (40 h/1,4 ha); Durchgehen vor jedem Schnitt
 - Liebstock 1. Jahr: 4-5 Wochen nach Saat; selten nach dem 1. Schnitt
 - Liebstock: später Einzelunkräuter herausreißen

Weitere Kommentare zum Anbau von Schnittlauch:

- Reihen stehen mit der Zeit aufgrund der Durchfahrten erhöht; Umbruch wenn Hackaufwand zu hoch

Arnika und Sonnenhut

In Tabelle 11 sind Informationen zum Anbau von Arnika und Sonnenhut von sechs Ökobetrieben zusammengestellt. Während Arnika von der Betriebsleitung als besonders problematisch hinsichtlich des Unkrauts eingeschätzt wird, wird die Unkrautempfindlichkeit von Sonnenhut meist als gering bewertet. Die Intensität der mechanischen Unkrautregulierung variiert bei Arnika im ersten Jahr von acht bis zehn und bei Sonnenhut von zwei bis zwölf Arbeitsgängen pro Jahr. In den Folgejahren sind die Differenzen bei Arnika mit fünf bis zehn und bei Sonnenhut mit zwei bis zwanzig Arbeitsgängen pro Jahr noch größer. Maschinenhacke und Striegel werden auf fast allen Betrieben eingesetzt, die Fingerhacke nur in einem Arnika-Beispiel.

Tabelle 11: Angaben zum Anbau und zur nicht-chemischen Unkrautregulierung von Arnika und Sonnenhut

Betrieb	27	8	3	8	22	29
Öko / Konv	Ö	Ö	Ö	Ö	Ö	Ö
Art	Arnika	Arnika	Arnika	Sonnenhut (<i>E. purpurea</i>)	Sonnenhut	Sonnenhut
Unkrautbewertung¹	5	4	5	1	1	3
Böden	gute Struktur		leicht	Leicht		
Vorfrucht	WR	k.A.	Getreide	Wechselnd	k.A.	Gründung.
Stoppelbearbeit.	2	1,5	1	1,5	k.A.	0
Stoppelb.-tiefe	18	k.A.	12	k.A.	k.A.	0
Pflugtermin	Herbst	Grubber	Grubber	Herbst	Herbst	Fräse
Falsches Saatbett	0	1	2	1	0	0
Saattermin				E05-A07		
Pflanztermin	E04	05	M05		06-M08	M05
Reihenabstand	50	75	42	75	50	40
Beregnung mögl.	ja	nein	Angiessen	Nein	nein	k.A.
Ernten 1. Jahr	1	1	1	k.A.	k.A.	1
Ernten ab 2. Jahr	1	1	1	k.A.	k.A.	1
Direkte Regulierung						
1. Jahr						
Striegel	2		2,5	2	2,5	
Netzege		5		3		
Maschinenhacke	7	5	2,5	3	3,5	
Hackbürste	1					
Häufelgerät				4		
Reihenfräse						2
Fingerhacke			2,5 ³			
Handhacke²	7	2	200 h/ha	2	1	2,5
Ab 2. Jahr						
Striegel	2		5	9	3	
Maschinenhacke	7		5	6	4	
Reihengrubber		5		2		
Häufelgerät				3		
Reihenfräse						2
Handhacke²	7	2	200 h/ha	2	2	2,5

Abkürzungen: Ö: ökologisch, K: konventionell, k.A.: keine Angaben, WR: Winterroggen, A: Anfang, M: Mitte, E: Ende

¹: 1 wenig problematisch, 5 sehr problematisch

²: Handhacke, Jäten oder Unkrautziehen

³: extra Arbeitsgang

Zu den eingesetzten Geräten zur direkten Unkrautregulierung bei Arnika und Sonnenhut wurden eine Reihe von Kommentaren abgegeben, die im Folgenden zusammengefasst dargestellt sind:

- Striegel
 - Arnika: Treffler-Striegel wenn Bedingungen optimal (nicht Standard)
 - Arnika: zusammen mit Maschinenhacke
 - Sonnenhut 1. Jahr: im Voraufbau / 14 Tage nach Pflanzen
 - Sonnenhut ab 2. Jahr: im Frühjahr ein- bis zweimal abstriegeln, sonst im Heck beim Hacken, Alternative: Netzegge
- Netzegge
 - Sonnenhut 1. Jahr: im Heck beim Hacken (wenn Pflanzen groß genug)
- Maschinenhacke
 - Arnika: vor Winter Abschlusshacke
 - Arnika: Arbeiten zwischen den Reihen wenn möglich mit Häufelgerät (Scheiben), Gerätewahl nach Boden- und Unkrautzustand
 - Arnika: nach jedem Regen (wenn Unkraut gekeimt ist), wenn möglich mit Striegel
 - Arnika 1. Jahr: wenn nach Pflanzen beregnet zum Kruste brechen
 - Sonnenhut: Arbeiten zwischen den Reihen wenn möglich mit Häufelgerät (Scheiben), Gerätewahl nach Boden- und Unkrautzustand, nach Regen Hacken gegen Verdunstung
 - Sonnenhut 1. Jahr: Gänsefußschare, bei hohem Unkrautdruck oder Verschlämmung Reihenfräse
- Fingerhacke
 - Arnika 1. Jahr: zu Beginn zwei- bis dreimal Fingerhacke mit Abstand zur Pflanze, auch um Erde in die Reihe zu schieben
 - Sonnenhut 1. Jahr: je nach Unkrautauftreten im Heck bei Maschinenhacke
- Hackbürste
 - Arnika 1. Jahr: nach Pflanzen dicht an den Pflanzen
- Häufelgerät
 - Sonnenhut ab 2. Jahr: im Frühjahr und im Herbst
- Reihenfräse
 - Sonnenhut 1. Jahr: dadurch Unkraut unter Kontrolle
- Handhacke
 - Arnika: nach jeder Maschinenhacke
 - Arnika: einmal vor Ernte, einmal im Herbst; Handhacke nur in jüngeren Beständen (1. und 2. Jahr), da wegen Quecke später nicht hackbar, statt dessen sicheln vor der Ernte
 - Arnika ab 2. Jahr: Handhacke schwieriger, da Boden härter
 - Sonnenhut 1. Jahr: sobald Reihe sichtbar, bisher Hacke - jetzt Pendeljäter
 - Sonnenhut ab 2. Jahr: nur in jüngeren Beständen (1. und 2. Jahr), da wegen Quecke später nicht hackbar, statt dessen sicheln vor der Ernte
 - Sonnenhut ab 2. Jahr: etwas höherer Aufwand als im 1. Jahr, 3. Jahr hoher Aufwand in der Reihe
 - Sonnenhut: Handhacke wichtigste Maßnahme

Weitere Kommentare zum Anbau von Arnika und Sonnenhut:

- Arnika: Unkraut wirkt als Frostschutz; langfristig bildet sich ein Damm: negativ, da erhöhte Frostempfindlichkeit
- Sonnenhut: im 3. Jahr werden z.B. afrikanische Hirse, Distel, Vogelmiere und Franzosenkraut problematisch (auf einzelnen Schlägen); auf Grenzertragsstandorten (Tonböden, Klima) nicht leicht, diese Kultur hoch zu bringen

Baldrian, Engelwurz, *Astragalus mongholicus* und *Saposhnikovia divaricata*

In Tabelle 12 sind Informationen zum Anbau von Baldrian, Engelwurz, *Astragalus mongholicus* und *Saposhnikovia divaricata* von vier Ökobetrieben und einem konventionellen Betrieb zusammengestellt. Die Einschätzung der Unkrautproblematik bei diesen Kulturen mit Wurzelnutzung reicht von gering bis mittel bei Baldrian bis zu sehr problematisch bei *A. mongholicus*. Die Intensität der mechanischen Unkrautregulierung im ersten Jahr variiert von drei bis zehn Arbeitsgängen pro Jahr. Die höchste Intensität wird beim Anbau von Engelwurz beschrieben, im zweiten Jahr werden dort sogar bis zu vierzehn Arbeitsgänge durchgeführt. Ein Abflammgerät wird vor den beiden Saatkulturen eingesetzt, die Maschinenhacke ist bei allen Kulturen Standard.

Tabelle 12: Angaben zum Anbau und zur nicht-chemischen Unkrautregulierung von Baldrian, Engelwurz, Astragalus mongholicus und Saposhnikovia divaricata

Betrieb	21	31	19	4	4
Öko / Konv	Ö	K	Ö	Ö	Ö
Art	Baldrian	Baldrian	Engelwurz	<i>A. mongholicus</i>	<i>S. divaricata</i>
Unkrautbewertung¹	1	3	3	5	k.A.
Vorfrucht	k.A.	Getr. / Feldgras	egal	Getreide	k.A.
Stoppelbearbeitung	3,5	3	3	2	k.A.
Stoppelb.-tiefe	10	20	10	15	k.A.
Pflugtermin	Herbst	Frühj. Grubber	Grubber	Herbst	k.A.
Falsches Saatbett	2	3	3	0	k.A.
Saattermin				M04	03
Pflanztermin	A04	ab 08.04	07		
Reihenabstand	50	62,5	45	75	75
Beregnung möglich	ja	ja	ja	k.A.	k.A.
Ernten 1. Jahr	1	1			
Ernten ab 2. Jahr			1	1	1
Direkte Regulierung					
1. Jahr					
Abflammgerät				2	1
Striegel	2		1		
Maschinenhacke	6	7	8	5	1,5
Fingerhacke		3 ³			
Handhacke²	4	3	250 h/ha	3	3
Jäten				1	1
Ab 2. Jahr					
Striegel			2		
Maschinenhacke			12	3	
Fingerhacke			6		
Handhacke²			500 h/ha	2	2

Abkürzungen: Ö: ökologisch, K: konventionell, k.A.: keine Angaben, Getr.: Getreide, A: Anfang, M: Mitte, E: Ende

¹: 1 wenig problematisch, 5 sehr problematisch

²: Handhacke, Jäten oder Unkrautziehen

³: in Kombination mit Maschinenhacke

Zu den eingesetzten Geräten zur direkten Unkrautregulierung bei Baldrian, Engelwurz, *Astragalus mongholicus* und *Saposhnikovia divaricata* wurden eine Reihe von Kommentaren abgegeben, die im Folgenden zusammengefasst dargestellt sind:

- Abflammgerät
 - *Astragalus mongholicus*: im Vorauflauf
- Striegel
 - Baldrian: Einsatz erst nach Reihenschluss
 - Engelwurz: nicht mit Maschinenhacke, sondern extra Durchgang
- Maschinenhacke
 - Baldrian: am Anfang zweimal mit Anhäufeln
 - Baldrian: Gänsefußschare mit Hohlschutzscheiben
 - Engelwurz: Einsatz sobald Reihe sichtbar, anfangs mit Winkelmessern und Hohlschutzscheiben, im Herbst eher zur Reihe hin arbeitend
 - *Astragalus mongholicus* 1. Jahr: dreimal mit Schutzscheiben
 - *Saposhnikovia divaricata*: nur ein- bis zweimal möglich
- Fingerhacke
 - Baldrian: später dreimal Maschinenhacke mit Fingerhacke (im Bestand mittlere Finger, in der Fahrspur stabile Finger)
 - Engelwurz 2. Jahr: z.T. Maschinenhacke mit Fingerhacke kombiniert

Weitere Kommentare zum Anbau von Baldrian, *Astragalus mongholicus* und *Saposhnikovia divaricata*:

- Baldrian: Ernte mit Beetroder (Bärtschi Fobro, 200 m/h), nach Abtrocknen Schütteln und Aufladen per Hand, Waschen
- *Astragalus mongholicus*: für hohes Risiko und Saatgutkosten sind Preise niedrig
- *Saposhnikovia divaricata*: inzwischen Selektion aufrecht stehender Varietäten; in Zukunft Anbau auf Dämmen; Wurzeln schlaff, Wurzellänge ca. 40 cm

Fenchel und Kümmel

In Tabelle 13 sind Informationen zum Anbau der Körnerfrüchte Fenchel und Kümmel von sieben Ökobetrieben zusammengestellt. Die Einschätzung der Unkrautproblematik bei diesen Kulturen reicht von gering bis hoch. Die Intensität der mechanischen Unkrautregulierung im ersten Jahr variiert meist von ein bis drei Arbeitsgängen pro Jahr. Nur bei einem Kümmelbeispiel wird zwölfmal gehackt und zudem ein Abflammgerät eingesetzt. Im zweiten Jahr werden auf allen Betrieben maximal zwei Arbeitsgänge durchgeführt. Neben der Maschinenhacke wird auf einem Betriebe eine Reihenfräse und auf zwei Betrieben ein Striegel verwendet. In keiner der Beispielskulturen wird Unkraut mit Handarbeit entfernt.

Tabelle 13: Angaben zum Anbau und zur nicht-chemischen Unkrautregulierung von Fenchel und Kümmel

Betrieb	9	12	15	5	12	20	9
Öko. / Konv.	Ö	Ö	Ö	Ö	Ö	Ö	Ö
Kultur	Fenchel	Fenchel	Fenchel	Kümmel	Kümmel	Kümmel	Kümmel
Unkrautbewert.¹	1	5	4	1	4	3	1
Böden	mittel	mittelschwer	Egal	schwer	mittelschwer	leicht-mittel	nicht sandig
Vorfrucht	KG / Pelu.	Wintergetr.	Wintergetr.	Getreide	WW	Grassam.	Pelu.
Stoppelbearbeitung	2,5	2	2		2	1	2,5
Stoppelb.-tiefe		8	20		8	10	
Pflugtermin	Frühjahr	Herbst	kein Pflug	Herbst	Herbst	Frühjahr	Frühjahr
Falsches Saatbett	0	2	0	2	2	0	0
Saattermin	M04-E04	vor 10.04.	M06-E06	M05-M06	A04	05	M04-E04
Reihenabstand	50	30	50	75	30	12,5	50
Deckfrucht					Senf	z.T. Leins.	SG
Beregnung mögl.	nein	nein			nein	nein	nein
Ernten 1. Jahr	1	1	0	0	0	0	0
Ernten ab 2. Jahr	1	1	1	1	1	1	1
Direkte Regulierung							
Direkte Regulierung							
1. Jahr							
Abflamngerät				1			
Maschinenhacke	3	2,5	2,5	12	1	2	
Reihenfräse							1
Mulcher					1		
2. Jahr							
Striegel					1		
Maschinenhacke		1		2	1	1	
Reihenfräse	1						1

Abkürzungen: Ö: ökologisch, K: konventionell, k.A.: keine Angaben, Wintergetr.: Wintergetreide, KG: Klee gras, Pelu: Peluschke, US: Untersaat, SG: Sommergerste, M: Mitte, E: Ende

¹: 1 wenig problematisch, 5 sehr problematisch

Zu den eingesetzten Geräten zur direkten Unkrautregulierung bei Fenchel und Kümmel wurden eine Reihe von Kommentaren abgegeben, die im Folgenden zusammengefasst dargestellt sind:

- Abflammgerät
 - Im Vorauflauf
 - Abflammen bei Fenchel nicht notwendig, wieder aufgegeben
- Maschinenhacke
 - Wenn Reihen sichtbar (am Anfang Hohlschutzscheiben)
 - Möglichst einmal pro Woche bis zehn Tage (4-6 Wochen mit Hohlschutzscheiben)
 - Maximal einmal (nach Unkrautdruck) / zwei- bis dreimal, mit Hohlschutzscheiben (bis Bestand zu hoch)
 - Kein Anhäufeln, kein Striegel / in späteren Hackgängen anhäufeln
 - Im 2. Jahr nicht, da Fenchelstoppel stehen bleiben und stopfen
 - Meist je Parallelogramm außen Winkelmesser, in der Mitte Gänsefußschar
 - Ca. drei cm tief, leichtes anhäufeln
- Reihenfräse
 - Frühjahr
 - Nach Durchwachsen von Kümmel durch Sommergerstenstroh (so früh wie möglich)
- Schlegelmulcher
 - Ende Oktober Kümmel mulchen auf 20 cm Höhe in trockener, warmer Phase (Balkenmäherwerk wäre besser)

Weitere Kommentare zum Anbau von Fenchel und Kümmel:

- In Zukunft bei Fenchel Einsatz von Anzeichen-Beisat oder Anzeichen-Rille
- In Zukunft evtl. bei Fenchel leichte Dämme auf Saatreihe häufeln und mit Exaktstriegel (z.B. Treffler) oder anderem Abschiebewerkzeug wieder herunter ziehen; bisher wird kein Striegel eingesetzt, im 2. Jahr ginge es, könnte aber stopfen
- Nachtschatten wird im dichten Fenchelbestand erstickt
- Fenchel hat eine gute Vorfruchtwirkung, gute Durchwurzelung
- Bei Kümmel zum Teil eine 2. Ernte im 3. Jahr möglich
- Bei Kümmel ist es im ersten Jahr das Ziel, bleistiftdicke Wurzeln zu erreichen

Kresse, Senf und *Xanthium sibiricum*

In Tabelle 14 sind Informationen zum Anbau der Körnerfrüchte Kresse, Senf und *Xanthium sibiricum* von drei Ökobetrieben zusammengestellt. Die Einschätzung der Unkrautproblematik bei diesen Kulturen reicht von gering bis mittel. Während bei Senf und Kresse keine direkte mechanische Unkrautregulierung erfolgt, werden bei *X. sibiricum* im ersten Jahr sechs und im zweiten Jahr fünf Arbeitsgängen durchgeführt.

Tabelle 14: Angaben zum Anbau und zur nicht-chemischen Unkrautregulierung von Kresse, Senf und *Xanthium sibiricum*

Betrieb	12	20	4
Öko / Konv	Ö	Ö	Ö
Art	Kresse	Brauner Senf	<i>Xanthium sibiricum</i>
Unkrautbewertung¹	3	1	2
Vorfrucht	Wintergetreide	Getreide	Getreide
Stoppelbearbeitung	intensiv	2	2
Stoppelb.-tiefe	k.A.	10	15
Pflugtermin	Herbst	Fräse	Herbst
Falsches Saatbett	2	2	0
Saattermin	10.04.	10.,25.06.	A05
Reihenabstand	12,5	12	75
Beregnung möglich	nein	nein	k.A.
Ernten 1. Jahr	1	1	1
Ernten ab 2. Jahr			z.T. 1
Direkte Regulierung			
1. Jahr			
Striegel			2
Maschinenhacke			3
Rollhacke			1
Handhacke²			1
Ab 2. Jahr			
Federzinkengrubber			2
Striegel			2
Maschinenhacke			1
Handhacke²			1

Abkürzungen: Ö: ökologisch, K: konventionell, k.A.: keine Angaben, Getr.: Getreide, A: Anfang, M: Mitte, E: Ende

¹: 1 wenig problematisch, 5 sehr problematisch

²: Handhacke, Jäten oder Unkrautziehen

Zu den eingesetzten Geräten zur direkten Unkrautregulierung bei *Xanthium sibiricum* wurden Kommentare abgegeben, die im Folgenden dargestellt sind:

- Striegel
 - Einsatz vor Auflaufen und bei 5 cm Pflanzenhöhe
 - Wenn der Samenausfall vom 1. Jahr im 2. Jahr genutzt wird: im Frühjahr scharf, bis Wunschkante erreicht ist
- Federzinkengrubber
 - Wenn ein 2. Jahr genutzt wird: flacher Einsatz
- Maschinenhacke
 - Erstes Mal mit Abweisblechen
 - Wenn ein 2. Jahr genutzt wird: Einsatz, um Reihen zu erzeugen
- Rollhacke
 - In die Reihe häufeln
- Handhacke:
 - Per Hand wird Fremdbesatz gezogen, schnell, wenig Aufwand, aber problematisch, da hochallergen

Weitere Kommentare zum Anbau von Senf und *Xanthium sibiricum*:

- Brauner und schwarzer Senf: später Anbau, um Schaden durch Rapsglanzkäfer zu minimieren (brauner und schwarzer Senf werden stark geschädigt), dadurch steigt jedoch das Risiko schwieriger Erntebedingungen
- Gelber Senf: im Vergleich zu braunem und schwarzem Senf muss dieser früher gesät werden (April), z.B. im Gemenge mit Wicken, dann mit Einsatz der Maschinenhacke, gelber Senf ist weniger empfindlich gegen Rapsglanzkäfer
- Der Anbau von Senf als Übersaat zu Grassamen (dt. Weidelgras) bringt doppelten Nutzen durch Senfernte und gleichmäßige Grasbestände, dann werden nur 2 kg/ha Senf gesät, damit das Gras genug Licht hat
- *Xanthium sibiricum*: Ausfall problematisch, da *X. sibiricum* auswildern kann (Mähdscher säubern!), in einer Kartoffelnachfrucht mussten einzelne *X. sibiricum*-Pflanzen per Hand gezogen werden und auch im dann folgenden Getreide waren noch Einzelpflanzen zu finden

Kamille und Ringelblume

In Tabelle 15 sind Informationen zum Anbau von Kamille und Ringelblume von zwei Ökobetrieben zusammengestellt. Während bei Kamille die Intensität der mechanischen Unkrautregulierung sehr gering ist, werden bei der Ringelblume neun Arbeitsgänge durchgeführt.

Tabelle 15: Angaben zum Anbau und zur nicht-chemischen Unkrautregulierung von Kamille und Ringelblume

Betrieb	28	3
Öko / Konv	Ö	Ö
Art	Kamille	Ringelblume
Unkrautbewertung¹	k.A.	3
Vorfrucht	Winterroggen o. Kamille & ZF	Dinkel
Stoppelbearbeitung	1	k.A.
Stoppelb.-tiefe	13	k.A.
Pflugtermin	Herbst	Frühjahr Flachgrubber
Falsches Saatbett	0	0,5
Saattermin	Herbst	E03-M05
Reihenabstand	62,5	42
Beregnung möglich	nein	nein
Ernten 1. Jahr	1	1
Direkte Regulierung		
Striegel	0,5	3,5
Maschinenhacke		2,5
Sternhacke		1
Reihengrubber		1
Fingerhacke		1 ³
Handhacke²		1
Ziehen	1	

Abkürzungen: Ö: ökologisch, K: konventionell, k.A.: keine Angaben, Getr.: Getreide, A: Anfang, M: Mitte, E: Ende

¹: 1 wenig problematisch, 5 sehr problematisch

²: Handhacke, Jäten oder Unkrautziehen

³: extra Arbeitsgang

Zu den eingesetzten Geräten zur direkten Unkrautregulierung bei Kamille und Ringelblume wurden eine Reihe von Kommentaren abgegeben, die im Folgenden zusammengefasst dargestellt sind:

- Striegel
 - Kamille: Je nach Bedingungen z.T. Striegel, hartes Eingreifen notwendig da Bodenoberfläche hart wird
 - Ringelblume: sobald es geht Striegel beim Hacken mit der Maschine, meist von Anfang an, nicht mit Reihengrubber
- Maschinenhacke
 - Ringelblume: zwei- bis dreimal Maschinenhacke mit Winkelmessern (später z.T. Gänsefußschare); mit Striegel
- Sternhacke
 - Ringelblume: unempfindlich gegen Steine; es bleibt ein Streifen von 4-5 cm unbearbeitet
- Reihengrubber
 - Ringelblume: mit Anhäufeln, ohne Striegel
- Fingerhacke
 - Ringelblume: wenn es geht einmal wenn Pflanze ca. acht cm hoch, mit Striegel
- Handhacke
 - Kamille: Distelziehen vor der Ernte
 - Ringelblume: Handhacke nach Bedarf, mindestens ein Durchgang (im Mittel 150 h/ha); bei starkem Distelbesatz Köpfen der Distel

5.4.9 Forschungs-, Entwicklungs- und Handlungsbedarf

Nach Themen gefragt, durch deren Bearbeitung die AuG-Praxis hinsichtlich des Unkrautmanagements unterstützt werden kann, haben 23 der 32 Betriebe insgesamt 46 Vorschläge gemacht. In Abbildung 34 sind die Anzahl Nennungen für einzelne Themenbereiche aufgeführt.

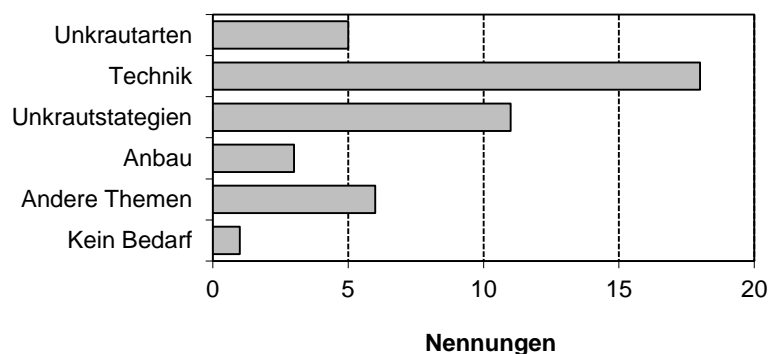


Abbildung 34: Themenbereiche, zu denen von den Betrieben konkreter Handlungsbedarf genannt wurde

Für einzelne Themenbereiche sind im Folgenden Beispiele für Forschungs-, Entwicklungs- und Handlungsbedarf aufgeführt.

- Beispiele für den Bereich Unkrautarten
 - Amaranth und Hirsen: Spezialwissen zur Regulierung (z.B. empfindliche Stadien etc.), spezielle Technik (z.B. Abflammen bei Amaranth)
 - Portulak: Regulierungsmöglichkeiten (Kälteschock?, Schadorganismen?, andere empfindliche Punkte)
 - Kornblume auf leichten Böden: Biologie, Zeitpunkt für Regulierung (auch nach zwei Jahren Luzernegras, flachem Pflügen und Egge laufen noch Kornblume auf!)
- Beispiele für den Bereich Technik
 - Technik auf 1,5 m Arbeitsbreite angepasst (z.B. Abflammgerät, Rollstriegel)
 - Hydraulisch verstellbare Sternhacke
 - Vergleich von in der Reihe arbeitenden Geräten (z.B. Fingerhacke, Rollhackschare, kamerageführte Geräte, Häufeln & Striegeln)
 - Weitere Forschung zu kamerageführten Systemen, so dass sie in AuG vielfältig einsetzbar sind
 - Vorführung von Geräten, die in der Reihe arbeiten (z.B. Torsionshacke, Fingerhacke) und kamerageführter Geräte
 - Entwicklung neuer Geräte, die in der Reihe arbeiten
- Beispiele für den Bereich Unkrautstrategien
 - Neue Ansätze (im Vergleich zur aktiven Unkrautregulierung) in Anlehnung an die Natur, in der der Boden von den Pflanzen vollst. abgedeckt wird; d.h. z.B. Pflanzen einbauen, die den Boden bedecken, aber die Kulturpflanze nicht stören, evtl. Einsatz von Reihenmulchern
 - Forschung zu Mulchfolien, Silagemulch und frischem Grünguthäcksel
 - Unkrautregulierung bei mehrjährigen Kulturen in der Reihe
 - Lösungswege für Unkrautregulierung in der Reihe bei Pfefferminze
 - Reduzierung des Handarbeitsaufwands in AuG-Kulturen (v.a. in mehrjährigen Kulturen)
 - Quantifizierung des Einflusses von einzelnen Bearbeitungsfehlern auf die Verunkrautung
- Beispiele für den Bereich Anbau
 - Vergleich verschiedener Anbausysteme
 - Suche nach Kulturarten, die Unkräuter noch besser unterdrücken bzw. reduzieren als Klee gras
 - Steigerung der Exaktheit von Aussaat und Pflanzung

5.5 Wissenstransfer (C. Holzapfel, LfL)

Die Umfrageergebnisse wurden, nach Auswertung und projektinterner Beratung, am 24.07.2014 ausgewählten bayerischen AuG-Spezialberatern und Firmenexperten, die auch an der Befragung teilgenommen hatten, vorgestellt. Auf Grund des kleinen Kreises konnten die Ergebnisse, insbesondere die verschiedenen Strategien der Betriebe bei den wichtigen Kulturen intensiv diskutiert und weiter differenziert werden. Die Nennungen für den Forschungs-, Entwicklungs- und Handlungsbedarf wurden in der Diskussion in ihrer Bedeutung bewertet, was sich im Ergebnis mit den anschließend von Dr. Harald Schmidt vorgetragenen Plänen für ein Folgeprojekt sehr gut deckte: Strukturierte Umsetzung von

bekannten indirekten und direkten Unkrautmaßnahmen in den Betrieben, unbefriedigend quantifizierte Vorfruchtwirkungen, optimale Einsatzzeitpunkte und -Bedingungen für inder-Reihe-Geräte sowie deren Einstellung, und schließlich mehr Wissen über die Unkräuter, um unkraut-, kultur-, standort- und betriebsspezifische Handlungsmöglichkeiten abzuleiten.

Am 23. September 2014 wurde auf dem LfL-Versuchsbetrieb Baumannshof ein Feld-Workshop mit insgesamt 111 Teilnehmern aus ganz Deutschland, aber auch aus Österreich und der Schweiz durchgeführt. Vormittags wurden die Umfrageergebnisse der Praxis präsentiert, nachmittags wurden verschiedene Hack- und Striegelgeräte in eigens dafür angelegten Beständen vorgeführt. Ergänzt wurde die Veranstaltung von einer Exkursion zu einem nahegelegenen Öko-Gewürzkräuterbetrieb. Ursprünglich sollte der Workshop nach den Herbstsaaten auf einem der intensiver untersuchten Betriebe durchgeführt werden. Da das Interesse an dem geplanten Feldtag – auch bei konventionellen Betrieben – sehr groß war, schien es logistisch aber nicht möglich bzw. nicht zumutbar, diesen auf einem Praxisbetrieb durchzuführen.

Regierungsdirektor Michael Mayer, Leiter des Referats Pflanzenbau, Ökologischer Landbau und Berglandwirtschaft im Bayerischen Staatsministerium, eröffnete die Veranstaltung mit einem Grußwort, was die Wertschätzung des Projekts seitens des Ministeriums ausdrückte (Abbildung 35). Er stellte dar, dass eine erfolgreiche Unkrautregulierung der Schlüssel ist, um im Wettbewerb bestehen zu können. Er wies zudem darauf hin, dass bei den Landwirten bereits sehr viel Wissen und Erfahrung vorliegt und die wesentlichen Ergebnisse des Projekts aus der Praxis stammen. Im anschließenden Vortrag ging Dr. Heidi Heuberger auf Unkräuter als Konkurrenz zu den Kulturpflanzen und als Kontaminationsquelle für die Kräuterprodukte ein. Ziel ist es nicht, Unkräuter ganz zu eliminieren, sondern auf ein tolerables Maß zu reduzieren. Um den Eintrag der derzeit in der Diskussion stehenden Pyrrolizidinalkaloid-(PA)-haltigen Ackerunkräuter auf ein tolerables Maß zu reduzieren, muss dringend mehr über deren Verbreitung und Relevanz erforscht werden und deren Ursachen und Eintragsstellen in das Endprodukt müssen sicher identifiziert werden. Zudem liegt das tolerable Maß für PA-haltige Unkräuter nahe Null. In der folgenden Diskussion stellte sich heraus, dass das Bewusstsein gegenüber der PA-Problematik noch nicht bei allen Landwirten vorhanden ist. Hier muss dringend noch weitere Aufklärungsarbeit geleistet werden, um alle Informationslücken zu schließen.



Abbildung 35: Regierungsdirektor Michael Mayer aus dem Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten begrüßt die zahlreichen Teilnehmer des Feld-Workshops am Baumannshof

Dr. Harald Schmidt stellte anschließend in zwei Vorträgen die Ergebnisse der umfangreichen Befragungen von Landwirten, Beratern und Geräteherstellern zur Unkrautregulierungspraxis im ökologischen Anbau von Arznei- und Gewürzpflanzen vor. Sein Hauptaugenmerk legte er dabei auf die Unkrautregulierungsstrategien für verschiedene Modellkulturen wie Petersilie, Pfefferminze oder Schnittlauch. Er stellte sehr anschaulich die unterschiedlichen Vorgehensweisen der einzelnen Betriebe dar, die je nach Betriebsstruktur, Bodenbedingungen, Intensivierungsgrad etc. gewählt werden. Dabei kamen viele praktische Anregungen für regulierende Maßnahmen aus der Fruchtfolge, Bodenbearbeitung bis hin zum Einsatz von Geräten zur Sprache und zur Diskussion mit den anwesenden Landwirten und Beratern.

Während der gesamten Veranstaltung hatten die Besucher die Möglichkeit, sich bei den eingeladenen Geräteherstellern über deren Geräte und verschiedene Werkzeuge zu informieren. Im Einzelnen waren dies: K.U.L.T., Kress umweltschonende Landtechnik, Vaihingen, Treffler Maschinenbau, Pöttmes und Steketee B.V. Niederlande gemeinsam mit dem deutschen Vertriebspartner Ruthenberg Landtechnik, Gütersloh. Dr. Zoltan Gobor präsentierte außerdem eine Präzisionssämaschine für Feldversuche, eine Eigenentwicklung der LfL. Für mögliche weiterführende Feldversuche zum Thema Unkrautbekämpfung ist eine präzise Sätechnik Voraussetzung, da nur so verlässliche Ergebnisse erzielt werden können.

Nachmittags fand auf den Versuchsflächen eine Gerätevorführung statt, wobei die Unkrautregulierung in der Kulturreihe im Vordergrund stand. Die Bodenbedingungen waren zwar nicht optimal, da es einige Tage vor der Veranstaltung ca. 35 mm geregnet hatte und der Boden noch relativ feucht war, aber es konnten alle Geräte eingesetzt werden.

Christian Kirchhoff, K.U.L.T. führte die Fingerhacke im Heckanbau mit Feinsteuerung und die Duohacke im Zwischenachsenbau an gesäter Ringelblume und gepflanzter Melisse vor und veranschaulichte, wie durch verschiedene Einstellungen unterschiedliche Effekte erzielt werden können.

Die dreifach verstellbaren Hohlscheiben der Duohacke wurden für den Dammanbau konzipiert und sollen ein verstopfungsfreies Arbeiten dicht an der Reihe ermöglichen. Die nachfolgenden Spezialwinkelmesser schaben bzw. unterfahren zwischen den Reihen die Erde und lösen so das Unkraut. Bei der Vorführung verloren die Unkrautwurzeln z.T. nicht den Kontakt zur Erde, so dass die Gefahr des Wiederanwachsens bestand, was aber auf die feuchten Bodenbedingungen zurückzuführen war. Ebenso aufgrund der feuchten Bedingungen erfolgte immer wieder ein Verkleben der Werkzeuge oder Verschieben der Erde. Bei trockenen Bedingungen treten diese Probleme laut Hersteller nicht auf.

Bei der Fingerhacke wurden mehrere Modelle vorgestellt, die sich im Durchmesser und der Härte der Finger unterschieden. Der Durchmesser ergibt sich maßgeblich aus dem Reihenabstand, wobei größere ruhiger laufen. Da laut Hersteller nur mit vorgeschalteten Winkelmessern und Gänsefußscharen optimale Ergebnisse erzielt werden, wurden mehrere Werkzeuge präsentiert, die von der Reihe wegarbeiten sollen. Zur Kulturreihe hin entstehen dadurch Schnittkanten, unter die die Fingerhacke „eintaucht“ und das Unkraut von der Erde löst.

Die Teilnehmer waren trotz der ungünstigen Bodenverhältnisse von den Hackgeräten überzeugt und sahen vor allem eine Kombination mit dem Treffler Präzisionszinkenstriegel als vorteilhaft an.

Treffler führte die flächige Wirkung und die Einstellmöglichkeiten seines Präzisionszinkenstriegels in gesäten Beständen von Dill und Ringelblume vor und überzeugte damit die Besucher (Abbildung 36).



Abbildung 36: Feldtag-Besucher diskutieren mit Geräteherstellern die Wirkung von Gerät und dessen Einstellungen auf Kultur und Unkraut

Steketee/Ruthenberg präsentierten mit ihrem IC Cultivator den Feldtagbesuchern die Zukunft der Unkrautregulierung im Anbau gepflanzter Kräuter: das vierreihige kameragestützte Gerät erkennt die Kulturpflanzen anhand der Form, Farbe und der erwarteten Position und hackt gezielt in den Zwischenräumen innerhalb der Reihe. Voraussetzung dafür ist ein Mindestabstand der Kulturpflanzen von 20 cm in der Reihe. Kulturpflanzen können ca. ab der Größe einer 1 Euromünze erkannt werden, mit einer Modulerweiterung werden auch rote Pflanzen erkannt. Die Fahrgeschwindigkeit liegt in der Praxis bei 2-2,5 km/h, maximal bei 3,5 km/h. Das Gerät wird bisher erfolgreich beispielsweise in Salat, Sellerie und Schnittlauch (Ballenproduktion) eingesetzt, Erfahrungen im Kräuteraanbau liegen bisher noch nicht vor. Für den Feldtag war ursprünglich eine Vorführung in einem gepflanzten Baldrianbestand vorgesehen, aber aufgrund von Problemen bei der Anzucht, musste kurzfristig auf eine andere Kultur ausgewichen werden. Aufgrund der knappen verbliebenen Anzuchtzeit entschied man sich für Kopfsalat, da man hier kurzfristig entsprechende Jungpflanzen beziehen konnte, bzw. diese von Fa. Beier-Jungpflanzen kostenfrei abgegeben wurden. Laut Hersteller des IC Cultivators ist aber davon auszugehen, dass die Technik in gepflanztem Baldrian erfolgreich eingesetzt werden kann. Bei der Vorführung zeigte sich, wie wichtig ein ebenes Pflanzbett ist, damit alle vier Reihen gleichmäßig bearbeitet werden können.

Im Anschluss an die ausgiebige Vorführung erfolgte eine Exkursion zu den Flächen des nahegelegenen Küchenkräuter-Ökobetriebs Haunsperger in Baar-Ebenhausen. Richard

Haunsperger präsentierte seinen Blattsellerie- und Liebstockanbau und erläuterte, wie er mit seinem System aus Fruchtfolge, Abflammen, Hacken zwischen den Reihen und Handhacke das Unkraut erfolgreich bekämpft und über die Jahre sogar den Unkrautdruck auf seinen Flächen reduzieren konnte.

Im Nachgang wurden der Feld-Workshop und seine Fachinformationen mehrfach publizistisch aufbereitet. Es wurde eine entsprechende Pressemeldung herausgegeben; ein Veranstaltungsbericht inklusive der Vorträge und der Geräteliste wurden auf den Homepages von LfL IPZ 3d und Ökoplant e.V. veröffentlicht

(<http://www.lfl.bayern.de/ipz/heilpflanzen/>, <http://www.oekoplant-ev.de/>). Zudem erfolgte eine Berichterstattung durch das Bioland-Fachmagazin (GEBENDORFER 2014).

Darüber hinaus wurde auf weiteren Veranstaltungen vom Projekt berichtet:

- Treffen des Arbeitskreises Heil- und Gewürzpflanzen im ökologischen Landbau (Schmidt, 21.01.2014 und 11.11.2014, jeweils ca. 15 Teilnehmer)
- Mitgliederversammlung des Vereins zur Förderung des Heil- und Gewürzpflanzenanbaus in Bayern e.V. (Holzapfel, 11.03.2014, ca. 25 Teilnehmer)
- Öko-Landbau-Tag der LfL 2014 (Holzapfel, 09.04.2014, ca. 15 Teilnehmer)
- Beratung der Arbeitsgruppe Arzneipflanzenanbau der Forschungsvereinigung der Arzneimittel-Hersteller e. V. (FAH) (Schmidt, 22.05.2014, 26 Teilnehmer) und
- Ökoplant-Fachseminar Ökologischer Arznei- und Gewürzpflanzenanbau 2015 (Schmidt, 24.01.2015, ca. 80 Teilnehmer)
- Bernburger Winterseminar für Arznei- und Gewürzpflanzen 2015 (Holzapfel, 18.02.2015, ca. 250 Teilnehmer)

HEUBERGER und BLUM (2014) berichteten aus dem Projekt heraus im Editorial der Zeitschrift für Arznei- und Gewürzpflanzen zum Thema Unkrautmanagement.

6 Diskussion und Schlussfolgerungen

6.1 Fachliteratur und andere Formen des Wissenstransfers (C. Holzappel, LfL)

Die Literaturrecherche erwies sich mitunter als etwas mühsam, da nur relativ wenig konkretes Material gefunden wurde, z.B. zum Einsatz bestimmter Geräte in bestimmten Kulturen. Schwierig war teilweise auch, dass die Rahmenbedingungen nicht ausreichend beschrieben wurden und so Ableitungen bzw. Übertragungen auf andere Standorte/Kulturen nur schwer möglich waren. Es wurde mehr als deutlich, dass Unkraut nicht „rezeptartig“ zu bekämpfen ist. Die dünne Datengrundlage erlaubt es auch nicht, eine Verfahrenskette für eine bestimmte Kulturgruppe bei bestimmten Bedingungen oder zur Bekämpfung einzelner Unkrautarten zu empfehlen. Komplette Systeme bzw. Verfahren zur Unkrautbekämpfung sind selten beschrieben. Eine Ausnahme bildet hier beispielsweise das Handbuch „Unkrautpraxis – Mechanische Unkrautregulierung im Gemüsebau“ von der Agroscope FAW Wädenswil in der Schweiz (BAUERMEISTER et al. 2005). Bei der Recherche wurde auch deutlich, wie schwierig es ist, vergleichende Untersuchungen durchzuführen: unterschiedliche Wetterverhältnisse an den verschiedenen Versuchsstandorten, unterschiedliche Unkrautentwicklungsstadien und Unkrautartenzusammensetzungen, bei Gerätevergleichen einheitliche, möglicherweise nicht optimale Einsatztermine, betriebliche Besonderheiten oder Veränderungen technischer Details erschweren eindeutige Aussagen und lassen Raum für Interpretationen. Oft handelt es sich auch nur um Tastversuche ohne statistische Absicherung.

Die 2003 von RÖHRICHT et al. durchgeführte „Analyse der ökologischen Produktionsverfahren von Heil- und Gewürzpflanzen in Deutschland“ lieferte sehr wertvolles und umfangreiches Datenmaterial auch zum Thema Unkrautmanagement. Allerdings fanden seitdem innovative Entwicklungen in der Geräte- und Anbautechnik statt (z.B. kameragestützte Systeme, Dammanabau). In der vorliegenden Studie konnte überprüft werden, inwiefern diese Innovationen bereits in der Praxis eingesetzt werden. Zudem wurde die Thematik im vorliegenden Projekt intensiver untersucht und es wurde versucht, die ganze Bandbreite an Einzelmaßnahmen im Blick zu behalten und bei Bedarf und nach Möglichkeit miteinander in Beziehung zu setzen. Da auch Berater und Firmenexperten befragt wurden, konnten auch überbetriebliche Erfahrungen abgeleitet werden. RÖHRICHT et al. (2003) gingen in ihren Betriebsbefragungen auch auf Themen wie Erntennachbehandlung, Qualität oder Absatzwege ein.

Viele der veröffentlichten Versuche zur direkten Unkrautregulierung sind mit methodischen Problemen behaftet. So findet beispielsweise der Einsatz verschiedener Hackgeräte oftmals zu nur einem einzigen Termin statt, unabhängig davon, ob dies der für das jeweilige Gerät und die jeweilige Kulturart der optimale Einsatzzeitpunkt ist oder nicht. Vergleicht man dann den Regulierungserfolg beispielsweise eines Geräts, das erst nach fester Etablierung der Kultur eingesetzt werden kann mit Geräten, die bereits etwas früher eingesetzt werden können, schneidet das zu früh eingesetzte Gerät automatisch schlechter ab als es bei optimalen Einsatzbedingungen könnte. Die Projektergebnisse zeigen, dass die Unkrautproblematik bei weitem noch nicht beherrscht wird und noch weitere Versuche zur Ermittlung spezifischer Kennzahlen für verschiedene Kulturen dringend nötig sind. Bei weiterführenden Versuchen sollten die genannten methodischen Fehler nicht mehr gemacht werden, sondern zunächst die für jedes Gerät optimalen Einsatzbedingungen ermittelt werden. Wichtig wäre auch, die beim Herantasten an den bestmöglichen Zeitpunkt

gemachten Erfahrungen zu dokumentieren, da auch diese Informationen wertvoll sind, insbesondere in Jahren, in denen aufgrund schwieriger Witterungsverhältnisse der optimale Termin nicht eingehalten werden kann. Zudem sind diese Erfahrungen für die Praxis von Hilfe, insbesondere in der Entscheidungsphase bei der Anschaffung neuer Geräte und beim Sammeln der eigenen Erfahrungen, die damit gezielter vorgenommen werden können.

Feldtage stellen ein ausgezeichnetes Mittel zum Wissenstransfer dar: Steht ausreichend Zeit und Vorführfläche zur Verfügung, kann auf solchen Veranstaltungen Detailwissen für Kulturen und Geräte erworben werden. Außerdem bieten Feldtage eine Plattform für Austausch und Diskussion unter bzw. zwischen den Landwirten, den Beratern, den Forschern und den Herstellern, ein nicht minder wichtiger Aspekt. Sehr gut gelungen ist der Feldtag 2012 zum Thema „Mechanische Unkrautregulierung im Gemüsebau“ des FiBL Schweiz, bei dem sehr viele verschiedene Geräte im Einsatz zu sehen waren (FiBL 2012). Auch der im Rahmen des vorliegenden Projekts durchgeführte Feld-Workshop wurde sowohl von den Teilnehmern als auch von den Herstellern sehr positiv eingeschätzt. Letztere hatten die Möglichkeit, ihre Geräte auch in teilweise für sie neue Kulturen zu testen und zudem teilweise in unterschiedlich weit entwickelten Beständen. Insgesamt ist zu sagen, dass sich die Durchführung eines Feldtages oder einer ähnlichen Veranstaltung trotz des großen Organisationsaufwandes auf jeden Fall lohnt.

Zum Thema Unkräuter und ihre spezifische Bekämpfungsmöglichkeiten fehlen teilweise noch viele Informationen bzw. diese sind nicht für die Praxis aufbereitet und nicht leicht verfügbar. Wichtig wäre hier eine Zusammenstellung der biologischen Merkmale, aus denen sich Maßnahmen zur Regulierung ableiten lassen, beispielsweise Keimzeiten, besonders empfindliche Stadien, Blühzeitraum, Samenreife, Vermehrung, Überdauerung etc. Vorbild könnte der Fachvortrag von VÖLKE (2012) mit seinen vielen praxisrelevanten Informationen sein.

6.2 Befragungsergebnisse (H. Schmidt, Ökoplant)

Betriebsstrukturen

Sowohl die Betriebsgröße, die angebauten Kulturarten und deren Anbauanteile als auch die Standortbedingungen können das Unkrautauftreten bzw. die Unkrautregulierung stark beeinflussen. So wirken Klima und Bodenverhältnisse sowie die angebauten Kulturen bestimmend auf die vorkommenden Unkrautarten und deren Häufigkeit.

Die Betriebsgröße hat vor allem über die Technisierung und Investitionsmöglichkeiten sowie die Betriebsorganisation Auswirkungen auf die jeweiligen Unkrautregulierungsstrategien. Die 29 befragten Ökobetriebe verfügen im Mittel über 100 ha Ackerfläche, im Einzelfall variiert diese jedoch von 0,5 bis 1100 ha.

Die meisten der insgesamt 32 befragten Betriebe kann man aufgrund ihres hohen Druschfrucht- und Kleeanteils sowie ihrer viehlosen oder vieharmen Wirtschaftsweise als Ackerbaubetriebe einstufen. Auch die befragten Berater gaben an, vor allem Ackerbaubetriebe und nur wenige Gartenbaubetriebe mit AuG-Anbau zu betreuen. Der Anteil AuG-Kulturen am Anbauspektrum variiert bei den befragten Betrieben von 1% bis 100%. Auf zwei Drittel der Betriebe liegt der AuG-Anteil über 15%. Die befragten Berater gaben an, vor allem Betriebe mit 5% bis 15% AuG-Kulturen zu betreuen.

Auf dem AuG-Flächenanteil – 0,2 bis 70 ha, im Mittel 15 ha – unterscheiden sich zwischen den befragten Betrieben sowohl die angebauten Kulturen als auch die Anzahl verschiedener AuG-Arten stark. Auf ca. einem Drittel der Betriebe werden unter fünf ver-

schiedene AuG-Arten kultiviert, während ein Fünftel der Betriebe über fünfzehn AuG-Arten anbaut. Insgesamt wurden 40 verschiedene Arten ermittelt. Bei den Nutzungskategorien überwiegen deutlich Kulturen mit Kraut- bzw. Blattnutzung, die auf fast allen Betrieben vorkommen, die meisten Betriebe bauen daneben noch Kulturen zur Blüten-, Wurzel- oder Kornnutzung an. Nur in drei Fällen handelt es sich um reine Druschfruchtbetriebe.

Sowohl nach Aussage der Berater als auch der befragten Betriebe werden am häufigsten Küchenkräuter (z.B. Petersilie, Dill, Schnittlauch etc.) und Teekräuter (z.B. Pfefferminze, Zitronenmelisse) angebaut. Die Berater nennen als Kulturen mit hohem Flächenanteil zusätzlich noch Körnerfrüchte wie Kümmel und Fenchel, während von den befragten Betrieben auch medizinisch genutzten AuG (z.B. Sonnenhut) eine hohe Bedeutung beigemessen wird.

Neben der Betriebsstruktur variieren auch die Standortvoraussetzungen Boden und Klima in einem weiten Bereich. Auf den befragten Betrieben wurde ein Querschnitt der in Deutschland ackerbaulich genutzten Böden vorgefunden, von sandigen Standorten über fruchtbare Lößlehmböden bis hin zu tonreichen und flachgründigen Böden. Die mittlere Niederschlagsmenge reicht im langjährigen Mittel von ca. 500 bis 800 mm pro Jahr.

Die große Spannweite an Standorten und Bewirtschaftungssystemen lässt ein vielfältiges Spektrum an Unkrautsituationen und Unkrautregulierungsstrategien auf den einzelnen AuG-Betrieben erwarten. Ansätze zur Optimierung der Unkrautregulierung auf diesen Betrieben müssen deshalb differenziert die unterschiedlichen Bedingungen berücksichtigen. Allgemeingültige und erfolgreiche Lösungsstrategien sind im Bereich AuG-Anbau nicht zu erwarten.

Unkräuter im AuG-Anbau

Der Unkrautdruck auf den befragten Betrieben wird von den meisten Betriebsleitern als hoch eingeschätzt, in keinem Fall als gering. Die Wahrnehmung von Unkraut als wichtigem Problem kann auch als ein Hinweis auf die große ökonomische Bedeutung des Unkrauts bzw. der Unkrautregulierung im AuG-Anbau bewertet werden.

Als häufig auftretende und problematische annuelle Unkrautarten werden von den Betrieben oft die verbreiteten Arten Weißer Gänsefuß, Vogelmiere, Franzosenkraut, Kamille, Jährige Rispe, Ackerfuchsschwanz und verschiedene Hirsen genannt. Die befragten Berater erwähnen zusätzlich noch die giftigen Kreuzkrautarten, Nachtschatten und Stechapfel.

Auch bei den perennierenden Arten sind es vor allem die altbekannten Arten Ackerkratzdistel, Quecke, Ampfer und Löwenzahn, die sowohl von den Betrieben als auch den Beratern genannt werden. Besonders in mehrjährigen AuG-Kulturen wird die große Problematik von z.B. Löwenzahn und Quecke erwähnt

Einige Anbauer berichten jedoch auch von neu eingewanderten Unkräutern auf den Betrieben. Zum Teil handelt es sich dabei um schon verbreitete Arten wie z.B. Franzosenkraut und Amaranth, die erst jetzt in die jeweiligen Betriebe eingeschleppt wurden. In anderen Fällen sind es bisher selten vorkommende Arten, die sich ausbreiten und oft schwer bekämpfbar sind, wie z.B. Portulak, Österreichische Sumpfkresse oder Braunhirse. Von diesen sich ausbreitenden Unkrautarten berichten beispielsweise auch SCHLAGHECKEN (2003: Portulak) oder TOTAL (2010: Sumpfkresse).

Nach den Angaben von Beratern und Betrieben weisen vor allem AuG-Kulturen mit folgenden Eigenschaften eine hohe Sensibilität gegen Verunkrautung auf:

- Direkt gesät
- Langsame Jugendentwicklung
- Nicht bestandesschließend bzw. deckend
- Mehrjährig
- Ausbreitend bzw. horstbildend (z.B. Pfefferminze)

Als besonders unkrautempfindlich wurden meist AuG-Kulturen zur Blatt- bzw. Krautnutzung bewertet. Dies hängt auch mit den großen Qualitätseinbußen durch Unkrautverunreinigungen zusammen. Arten zur Wurzel- und zur Körnernutzung wurden oft deutlich unempfindlicher eingeschätzt. Beispiele für empfindliche einjährige Arten sind z.B. Petersilie und Blattsellerie und bei den mehrjährigen Arten Pfefferminze, Arnika, Thymian und Estragon. Dies wird gestützt durch Aussagen in der Literatur. Nach dem FiBL-Merkblatt für Gemüsekulturen müssen nicht alle Kulturen) generell während der gesamten Kulturdauer unkrautfrei sein. Wichtig ist eine konkurrenzfreie Entwicklung während der sensiblen Jugendentwicklung, wobei diese Periode sich von Kultur zu Kultur unterscheidet und im Wesentlichen von der Entwicklungsgeschwindigkeit abhängt. Kulturen wie Spinat, Schnittmangold, Schnittlauch oder Petersilie müssen aus Qualitätsgründen bis zur Ernte unkrautfrei gehalten werden. (LICHTENHAHN et al. 2002).

Die Probleme mit Unkräutern sind somit in der AuG-Anbau-Praxis sehr vielfältig. Es lassen sich nicht übergreifend einzelne wenige problematische Unkrautarten isolieren, zu denen gezielt allgemeingültige Regulierungsstrategien erarbeitet werden können. Vielmehr ergeben die Befragungsergebnisse die Notwendigkeit einer nach AuG-Art und Betriebsbedingungen differenzierten Vorgehensweise.

Unkrautregulierung

Indirekte Maßnahmen

Nach Einschätzung der befragten Berater sind im Ökolandbau die indirekten Maßnahmen zur Reduzierung des Unkrautdrucks ein wesentlicher Bestandteil der Unkrautregulierungsstrategie. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass vor allem Maßnahmen im Bereich Fruchtfolge und Bodenbearbeitung als wirksam eingeschätzt, in der Praxis jedoch nicht ausreichend umgesetzt werden.

Als eine wesentliche Maßnahme im Bereich der Fruchtfolge wird häufig der Kleegras- bzw. Feldfutteranbau genannt. Für eine hohe Wirksamkeit gegen Unkraut ist jedoch eine erfolgreiche Etablierung eines lückenlosen, wüchsigen Bestandes eine wichtige Voraussetzung. Positive Erfahrungen gibt es vor allem hinsichtlich der Ackerkratzdistelbekämpfung (vgl. auch HAASE 2014), bei Löwenzahn kann der Feldfutterbau jedoch auch zu einer Vermehrung führen. In Betrieben mit hohem Anteil an Sommerkulturen wird der Anbau von Wintergetreide als Maßnahme gegen typische „Gemüse-Unkräuter“ genannt. Ein hoher Hackfruchtanteil wird unterschiedlich bewertet. Dauerkulturen werden hingegen meist als Unkrautvermehrter eingeschätzt, ein besonders problematisches Beispiel ist dabei die Quecke.

Die Fruchtfolgen der befragten Betriebe weisen eine sehr weite Spannweite auf von klassischen Ackerbaufruchtfolgen bis hin zu sehr stark durch den AuG-Anbau geprägten Systemen. Auch die für die langfristige Unkrautentwicklung wichtigen Verhältnisse von

Sommer-, Winter- und Dauerkulturen variieren in großem Maße. Bei einem Viertel der befragten Betriebe liegt der Klee grasanteil (bzw. ähnliche Gemenge) mit maximal 10% deutlich unter dem für ökologische Ackerfruchtfolgen empfohlenen Werten. Ein weiteres Viertel liegt mit 10 bis 20% auch noch auf einem niedrigen Niveau. Zudem weisen auf einigen Betrieben diese Bestände eine nur kurze Wachstumszeit und / oder eine schlechte Bestandesqualität auf und wirken somit kaum unkrautunterdrückend.

Beim Thema Bodenbearbeitung zur vorbeugenden Unkrautregulierung werden von den befragten Beratern vor allem die Stoppelbearbeitung, die Grundbodenbearbeitung und die Saatbettbereitung als wesentliche Bereiche genannt.

Im Rahmen der Bearbeitung nach der Vorfruchternte – der Stoppelbearbeitung – wird die Unkrautkur als häufig angewendete Maßnahme zur Unkrautregulierung, vor allem gegen perennierende Unkräuter (z.B. Distel und Quecke), genannt. Als verwendete Geräte werden verschiedene Grubber, Eggen und der Schälplflug aufgeführt. Eine besonders starke unkrautunterdrückende Wirkung wird z.B. bei einer dichten Zwischenfrucht oder bei tiefem Pflügen nach den mehrmaligen Arbeitsgängen der Unkrautkur beschrieben. Zur Queckenbekämpfung empfiehlt HÄNSEL (2014) vorzugsweise mit dem Grubber, ausgerüstet mit Flügelscharen, oder alternativ mit dem Schälplflug in ein oder zwei Arbeitsgängen die Rhizome aus dem Boden zu lockern. Die weiteren Arbeitsgänge (bei feuchtem Wetter bis zu sechs Arbeitsgänge) erfolgen beispielsweise mit einer Scheibenegge und müssen sehr konsequent durchgeführt werden. Wenn die meisten der so geschwächten Rhizome vertrocknet sind, können sie schließlich tief untergepflügt werden.

Positive Effekte im Bereich Grundbodenbearbeitung werden in den Befragungen vor allem dem konsequenten Pflügen zugebilligt, vor allem gegen Wurzelunkräuter aber z.B. auch gegen Ungräser. Besonders die Frühjahrspflugfurche vor spät gesäten oder gepflanzten Kulturen soll den Besatz mit Ackerkratzdistel und Quecken effektiv reduzieren. Als wichtige Faktoren der Wirksamkeit werden Bodenzustand, Einsatzzeitpunkt und gewähltes Gerät genannt.

Die mehrmalige Saatbettbereitung vor Saat der Kultur mit ausreichenden Bearbeitungspausen für das Auflaufen von Unkräutern, dem so genannten „Falschen Saatbett“ wird von den Beratern eine große Bedeutung zur Reduzierung des Unkrautdrucks im Bestand zugemessen. Wesentlich ist diese Maßnahme vor allem für Saatkulturen. Auch hier sind Einsatzzeitpunkt und Gerätewahl wichtige Faktoren des Erfolgs. Als ein Nachteil des „Falschen Saatbetts“ können jedoch erhöhte Wasserverluste durch das mehrmalige Bearbeiten vor der Saat auftreten. Auch kann durch trockene Bodenverhältnisse das Keimen des Unkrauts und damit die Wirksamkeit der Maßnahme vermindert werden.

Auf den meisten der befragten Betriebe wird die Durchführung der Stoppelbearbeitung sehr flexibel gehandhabt. Je nach Kulturfolge, Witterung, Bodenzustand und Unkrautdruck werden null bis vier, im Mittel zwei Arbeitsgänge durchgeführt. Oft werden dafür verschiedene Grubber, meist mit Flügelscharen, verwendet, nur selten Kurzscheibeneggen oder Schälplflüge.

Fast alle befragten Betriebe setzen zur Grundbodenbearbeitung bei einem Kulturwechsel den Pflug ein. Unter Berücksichtigung der mehrjährigen Kulturen beträgt die jährlich gepflügte Ackerfläche zwischen 60 und 100% pro Jahr. Zwei der beteiligten Ökobetriebe befinden sich derzeit in der Umstellung auf eine pfluglose Bodenbearbeitung.

Auf 23 der 32 befragten Betriebe wird die Methode „Falsches Saatbett“ bei einzelnen Kulturen angewendet. Je nach Art erfolgen ein bis vier zusätzliche Arbeitsgänge zur Saat-

bettbereitung. Ob die Methode möglich ist, hängt jedoch stark von den Standortbedingungen und den angebauten Arten ab. So sind z.B. Arten mit einem möglichst frühen Saat- oder Pflanztermin für ein „Falsches Saatbett“ nicht geeignet.

Eine weitere Möglichkeit zur Reduzierung der Unkrautproblematik ist die Erhöhung der Konkurrenzkraft der AuG-Kulturen durch optimale Anbaumaßnahmen (z.B. Saatverfahren, Pflanztechnik, Bestandesdichte, Bewässerung, Präzision aller Maßnahmen, etc.), wie auch beispielsweise von PANK und REICHARDT (2010) beschrieben. Von den befragten Beratern wurde der Bereich Anbauverfahren häufig als sehr wichtig eingeschätzt.

Eine detaillierte Untersuchung und Bewertung der Anbaumaßnahmen auf den Betrieben war im Rahmen des Projekts nicht möglich. Bei den Betriebsbesuchen zeigte sich jedoch, dass z.B. häufig eine relativ alte Saatechnik eingesetzt wird, die zu einer ungleichmäßigen Saatgutablage beitragen kann.

Auf den Betrieben werden zurzeit viele Möglichkeiten der indirekten Unkrautregulierung wahrgenommen. Oft stehen der konsequenten Umsetzung jedoch kurzfristige Entscheidungen im Bereich des AuG-Anbaus, z.B. Flächenbedarf für kurzfristig nachgefragte Kulturen, oder die Prioritätensetzung beim Einsatz der limitierten Arbeitskraft entgegen. Als Entscheidungshilfe für die Betriebe wäre eine genauere Quantifizierung der unkrautreduzierenden Effekte einzelner indirekter Maßnahmen hilfreich.

Geräte

Die direkten gerätetechnischen Maßnahmen zur Unkrautregulierung stehen zusammen mit der Handarbeit meist im Fokus von Unkrautregulierungsstrategien. Sowohl die Wahl des Gerätes als auch die Anwendung haben einen großen Einfluss auf den Erfolg der Regulierungsmaßnahmen. Im Folgenden werden die Ergebnisse zu Gerätegruppen, die auf den befragten Betrieben eingesetzt werden, zusammengefasst dargestellt.

Thermisch arbeitende Geräte

Von den befragten Beratern wird der Einsatz von thermisch arbeitenden Geräten (Abflamm- und Infrarotgeräte) im Voraufbau von Saatkulturen als sehr wirksam zur Reduzierung des Unkrautdrucks in der Kultur beschrieben. Der Einsatz dieser Geräte in der Praxis des AuG-Anbaus wird jedoch als relativ selten eingeschätzt.

Auf 13 der 32 befragten Betriebe werden thermisch arbeitende Geräte mit ein bis zwei Arbeitsgängen im Voraufbau von Saatkulturen eingesetzt. Die Ausstattung der Betriebe variiert von alten Abflammgeräten ohne Isolation und mit einfachen Windschutzeinrichtungen bis hin zu modernen komplett isolierten Infrarotgeräten. Bei erfolgreichem Einsatz wird eine wesentliche Reduktion des Unkrautdrucks und damit auch des Handarbeitseinsatzes im weiteren Verlauf der jeweiligen Kultur beschrieben. Als wichtige Voraussetzungen für eine gute Wirksamkeit werden der richtige Einsatztermin (gekeimtes Unkraut, vor Auflauf der Kultur) sowie gute Boden- und Witterungsbedingungen genannt. Dies wird auch so in einem FiBL-Merkblatt zum Thema Abflammen wiedergegeben (DIERAUER 2000), nach dem die momentane Wirkung des Abflammens 100% betragen kann, der Wirkungsgrad jedoch stark abhängig ist von Einsatzzeitpunkt, Witterung sowie Anzahl und Arten der Unkräuter.

Beim Einsatz von thermischen Geräten besteht bei vielen AuG-Anbauern ein großes Optimierungspotential, sei es durch erstmalige Anschaffung eines Gerätes oder durch Optimierung der vorhandenen Technik und deren Anwendung.

Striegel und andere flächig arbeitende Geräte

Der Einsatz von Striegeln wird von den befragten Beratern sowohl in der Wirksamkeit als auch in der Einsatzhäufigkeit im Vergleich zu anderen Geräten wie Scharhacke, und Abflammgerät als geringer eingestuft. Für eine gute Wirksamkeit werden als Voraussetzung eine gut verwurzelte Kultur und ein frühes Stadium der Unkräuter genannt. Weiterhin wird angemerkt, dass nicht alle Kulturen für einen Striegeleinsatz geeignet sind. Von Geräteherstellern werden ungünstige Terminwahl und unzureichender Bodenzustand als häufige Gründe für eine schlechte Wirksamkeit des Striegels in der Praxis genannt. Es wird empfohlen, den Striegel auch im Voraufbau, möglichst früh, einzusetzen.

Ein Striegel wird auf 29 der 32 befragten Betriebe eingesetzt, auf einzelnen Betrieben sind zusätzlich unterschiedliche Eggen (für robuste Kulturen wie Schnittlauch und Pfefferminze) oder eine Uni-Hacke in Gebrauch. Der Striegel wird sowohl in einem Arbeitsgang mit der Maschinenhacke als auch einzeln verwendet. Der Einsatz variiert sehr stark zwischen den Betrieben und zwischen den einzelnen AuG-Kulturen. Während in einigen Kulturen der Striegel nicht (z.B. Dill, Basilikum und Drachenkopf) oder nur sehr verhalten eingesetzt wird (z.B. Thymian, Anisysop und Arnika), ist in anderen Kulturen ein intensiver Einsatz normal (z.B. bis zu 20 Durchfahrten pro Jahr in Schnittlauch oder gegenläufiges und Querstriegeln in Liebstock). Als Hinderungsgrund für den Striegeleinsatz wird sowohl eine hohe Empfindlichkeit von einzelnen Kulturen aber auch eine geringe Wirksamkeit bei schweren Böden genannt. Auf leichteren Böden ist hingegen die Kombination von Anhäufeln und Abstriegeln eine häufig angewandte, erfolgreiche Methode, um auch in der Reihe Unkraut zu dezimieren. Wie von einzelnen befragten Beratern berichtet, haben auch einige Betriebe die Erfahrung gemacht, dass für einen erfolgreichen Striegeleinsatz so früh wie möglich (Unkrautstadium), aber in ausreichend fest verwurzelten Kulturen gearbeitet werden sollte. Auch das Blindstriegeln bei Saatkulturen wird empfohlen. Als Maßnahme gegen auch schon größere Unkräuter und Gräser wurden in robusten Kulturen (z.B. Zitronenmelisse) gute Erfahrungen mit dem Einsatz von Eggen gemacht.

Zwar ist auf den meisten Betrieben ein Striegel vorhanden, trotzdem wird auf ein großes bisher ungenutztes Potential für den Einsatz des Striegels geschlossen. Als Voraussetzung dafür sind jedoch kulturspezifische Informationen über die Einsatzmöglichkeiten (Termin, Einstellung) in einzelnen AuG-Arten wesentlich. Zu dem großen Potential trägt auch die Entwicklung neuer Striegeltechnik bei. So scheint ein Einsatz sensibel einstellbarer Exaktstriegel auch in Kulturen möglich und sinnvoll, die bisher als zu empfindlich beschrieben wurden. Eine besondere Bedeutung hat der Striegel, da er im Unterschied zur Scharhacke auch in der Reihe wirksam wird.

Scharhacke und andere zwischen den Reihen arbeitenden Geräten

Die Scharhacke ist nach Aussage der befragten Berater das Gerät, welches am häufigsten und mit dem größten Erfolg zur Unkrautregulierung zwischen den Reihen in AuG-Kulturen eingesetzt wird. Wesentliches Ziel sollte dabei sein, möglichst dicht an der Reihe zu arbeiten, um den unbearbeiteten Bodenstreifen so schmal wie möglich zu halten. Ein regulierender Effekt in der Reihe ist nur durch Verschütten, z.B. beim System Anhäufeln

und Abstriegeln, möglich. Als häufig in der Praxis vorkommende Bereiche, in denen Fehler beim Einsatz von Schar- oder Rollhacke vorkommen, werden von den Geräteherstellern Geräteeinstellung, Einsatztermin, Bodenzustand und Arbeitsgeschwindigkeit genannt. Außerdem wird gesagt, dass bisher die große Auswahl an unterschiedlichen Werkzeugen für die Maschinenhacken nur unzureichend genutzt und Geräteeinstellungen zu selten korrigiert werden.

Auf 29 der 32 befragten Betriebe sind eine oder mehrere Maschinenhacken im Einsatz. Einige Betriebe verwenden zusätzlich Rollhacken, Reihengrubber, Dammgeräte oder Hackbürste zur Unkrautregulierung zwischen den Reihen. Am häufigsten vorkommend und eingesetzt ist die Scharhacke, in fast allen Fällen mit Gänsefußscharen und optionalen Hohlschutzscheiben, auf einigen Betrieben aber auch mit Winkelmessern. Als Vorteil der Winkelmesser wird vor allem der mögliche geringe Abstand zur Reihe genannt, allerdings können organische Reste oder Steine an der Bodenoberfläche schneller zum Stopfen führen als bei Gänsefußscharen. Ähnliches gilt für Pendelschare, nur dass das leichte Pendeln der Schare die Unkräuter besser vom Boden trennt.

Als Anbauform der Maschinenhacke kommen sowohl Front-, Zwischenachs- als auch Heckanbau, oft mit Steuermann, vor, auch in Kombination z.B. mit Striegel und / oder Fingerhacke. Die Einsatzhäufigkeit variiert stark je nach Betrieb und Kultur. Zum Teil wird die Kultur beim Hacken auch angehäufelt.

Für den Erfolg der direkten Unkrautregulierungsmaßnahmen spielt u.a. der jeweilige Zustand der Geräte eine wichtige Rolle. Bei den Betriebsbesuchen wurde eine große Variationsbreite in Wartungsstrategie und Zustand der Geräte festgestellt. Auf einigen Betrieben erfolgt z.B. ein Ersatz von Parallelogrammen und Scharen der Scharhacke schon bei geringen Abnutzungserscheinungen, bei anderen ist die Toleranz gegenüber Verschleiß deutlich höher. Ca. auf der Hälfte der 23 besuchten Betriebe werden die Hackschare regelmäßig geschärft, die andere Hälfte der Befragten hält dies für einen erfolgreichen Einsatz nicht für ausschlaggebend oder geht davon aus, dass die Schare durch den Steinbesatz bei Gebrauch geschärft werden. Als positiver Effekt des Schärfens wurde das gute Schneiden größerer Unkräuter und von Disteln genannt. Weiterhin unterscheiden sich auch die Ansprüche an die Qualität der eingesetzten Geräte bzw. der gewählten Werkzeuge deutlich. Auch scheint die Intensität, mit der die Optimierung von Zusammenstellung und Einstellung der verwendeten Geräte zur Unkrautregulierung, z.B. Wahl und Überlappung von Hackscharen, deutlich zu differieren. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass die Qualität der Geräte – z.B. das Spiel der Parallelogramme oder die Abnutzung und Einstellung der Schare eines Hackgerätes – vor allem bei den ersten Arbeitsgängen in Saatkulturen eine sehr große Rolle spielt. Für die Arbeit in robusten, älteren Kulturen ist dies weniger wichtig.

Sowohl im Bereich des Gerätezustandes als auch in den Bereichen Wahl der Werkzeuge, Geräteeinstellung und Anwendung bestehen im AuG-Anbau deutliche Optimierungspotentiale. Wesentlich scheinen hier Informationen und Vorführungen über die verfügbare Technik und ihre Anwendungsmöglichkeiten.

Reihenfräse und andere zapfwellengetriebene Geräte

Zapfwellengetriebene Geräte zur Bodenbearbeitung zwischen den Reihen werden auf 17 der 32 befragten Betriebe eingesetzt. Hauptsächlich sind dies Reihenfräsen, aber auch umgebaute flächige Fräsen, Dammfräsen oder Rüttelegeren. Diese Geräte bieten eine Alternative zu Schar- oder Rollhacken, z.B. bei festem Boden oder nach Ernte zur Einarbei-

tung organischer Reste sowie in stark verunkrauteten Beständen und Kulturen mit Ausläuferbildung (z.B. Pfefferminze).

Als Problem einiger Reihenfräsen wurde genannt, dass die Fräsaggregate häufig in der Mitte einen Streifen Boden unbearbeitet lassen. Nicht bei allen Fabrikaten war dies durch die Anbringung eines Gänsefußschares zu lösen, z.T. wird deshalb zusätzlich mit der Scharhacke bearbeitet. Ein hoher Steinbesatz von Böden kann die Einsatzmöglichkeiten von zapfwellengetriebenen Geräten stark einschränken.

Fingerhacke und andere in der Reihe arbeitende Geräte

Die befragten Berater bewerten die Fingerhacke als sehr effektiv bei der Unkrautreduzierung in der Reihe. Ihre Verbreitung in der AuG-Praxis wird jedoch als relativ gering eingeschätzt. Als ein Nachteil der Fingerhacke und der auch in der Reihe arbeitenden Torsionshacke werden die hohen Anschaffungskosten gesehen. Als Voraussetzung für einen erfolgreichen Einsatz werden fest verwurzelte Kulturen und kleines Unkraut genannt. Ein Berater erwähnt den erfolgreichen Einsatz der Torsionshacke z.B. in Buschbohnen und Pflanzgemüse und fragt nach Übertragungsmöglichkeiten in den AuG-Anbau.

Die häufigsten Bereiche, in denen beim Einsatz der Fingerhacke in der Praxis Fehler gemacht werden, sind laut Gerätehersteller Geräteeinstellung, Einsatztermin, Arbeitsgeschwindigkeit und Bearbeitungstiefe.

Nur auf neun der 32 befragten Betriebe wird eine Fingerhacke in AuG-Kulturen eingesetzt. Andere Geräte, die in der Reihe arbeiten, wie z.B. die Torsionshacke, werden auf keinem der Betriebe in AuG-Kulturen verwendet. Die Fingerhacke wird sowohl separat als auch in Kombination mit einer Scharhacke eingesetzt. Betriebe mit Fingerhacke berichten von guten Erfahrungen bei der Unkrautreduktion in der Reihe. Neben einzelnen Problemen wie z.B. einem zu geringen Achsabstand einzelner Geräteträger für die Kombination mit einer Scharhacke, nicht ausreichenden Einstellmöglichkeiten bei leichten Sandböden und Schwierigkeiten am Seitenhang, fehlen vor allem Erfahrungen im Einsatz. Nach Anschaffung einer Fingerhacke wird deshalb häufig von längeren Phasen des mehr oder weniger erfolgreichen Ausprobierens berichtet. Einzelne Erfahrungen weisen auf eine Nutzung der Fingerhacke nur bei fest verwurzelten Pflanzen hin, während bei einigen Pflanzkulturen auch die Möglichkeit des Andrückens kaum verwurzelter Pflanzen gelang.

Durch einen vermehrten Einsatz der Fingerhacke und die Prüfung von Einsatzmöglichkeiten bei Torsionshacke und anderen Geräten zur Unkrautreduzierung in der Reihe im AuG-Anbau sind wahrscheinlich eine Optimierung der Unkrautregulierung und damit eine Reduzierung der Handarbeit möglich.

Computergestützte Reihenführung

Während die Gerätehersteller die Akzeptanz von Maschinenhacken mit automatischer Reihenführung in der Praxis als sehr hoch bewerten, schätzen die befragten Berater diese Akzeptanz sehr unterschiedlich ein, es überwogen jedoch die positiven Stimmen. Unter den befragten Betrieben gab es sowohl einige mit großem Interesse an solchen Geräten als auch Betriebe, für die eine automatische Reihenführung kein Thema ist.

Als wichtigsten Hinderungsgrund für eine schnelle Ausbreitung dieser Technik wird von Geräteherstellern, Beratern und Betrieben der hohe Preis solcher Geräte genannt. Nach

Aussage der Berater spielen auch die Gründe Komplexität und Störungsanfälligkeit der Technik sowie die oft kleinflächige Struktur der AuG-Betriebe eine Rolle. Von den Betrieben wurden als Hinderungsgründe auch die kleinflächige Struktur sowie weiterhin fehlender Bedarf, Zweifel an der Funktionstüchtigkeit und Reparatur nur durch externe Experten angegeben.

Einzelne der befragten Berater sehen als Voraussetzung für bessere Chancen der Geräte neben niedrigen Anschaffungspreisen einen überbetrieblichen Einsatz und die Kombination mit größeren Arbeitsbreiten und GPS-Systemen. Allerdings bedeutet das die Anpassung des gesamten Anbauverfahrens auf das computergestützte System (z.B. Reihenabstand und Breite von Saat-, Pflege- und Erntetechnik).

Von den befragten Betrieben setzt ein Betrieb eine Scharhacke mit automatischer Reihenführung ein. Neben der Einsparung des Steuermanns der im Heck angebauten Hacke werden als Vorteile eine höhere Arbeitsgeschwindigkeit und ein früherer erster Einsatztermin in Saatkulturen genannt.

Interessante Ergebnisse zur Umsetzung moderner Steuerungstechniken (RTK-, Ultraschall-, Kamertechnik) in ökologischen Gemüsebaubetrieben sind aus einem aktuellen Projekt der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau zu erwarten (SANDER und KREß 2014).

Computergestützte in der Reihe arbeitende Geräte

Bei der Bewertung von Akzeptanz bzw. Interesse der Praxis zu automatischen „in-der-Reihe-Geräten“ differierten die Aussagen der drei Gruppen Geräteanbieter, Berater und Betriebe noch stärker als bei den Geräten zur automatischen Reihenführung. Anbieter mit solchen Geräten im Programm bewerteten die Akzeptanz als hoch. Die Einschätzung der Akzeptanz durch die befragten Berater war mehrheitlich niedrig und auch die meisten Betriebe bekundeten nur ein geringes Interesse an dieser Technik.

Als wichtigsten Hinderungsgrund für die Akzeptanz der Praxis wurde wiederum von allen Gruppen der hohe Preis solcher Geräte genannt. Nach Ansicht der Anbieter und der Berater spielen auch die Gründe Komplexität und Störungsanfälligkeit der Technik dabei eine Rolle. Neben den Argumenten der Betriebe, die schon bei den Geräten zur automatischen Reihenführung genannt wurden, wird für die „in-der-Reihe-Geräte“ noch angemerkt, dass die Technik nur in den „einfachen“ Kulturen eingesetzt werden kann, spezifische Probleme in Saatkulturen, in mehrjährigen Kulturen und in inhomogenen Beständen würden dadurch nicht gelöst, auch sei die derzeitige Technik für größere Unkräuter oft nicht stabil genug.

Einzelne der befragten Berater sehen bei niedrigeren Anschaffungspreisen Chancen der Technik vor allem bei jüngeren Landwirten und Gärtnern sowie bei großen Betrieben mit wenigen AuG-Kulturen. Auch einige Landwirte sehen in der Technik ein hohes Entwicklungspotential und hoffen langfristig auf eine Einsatzmöglichkeit im AuG-Anbau.

Handarbeit

Die Entfernung von Unkraut durch Handarbeit – vom Jäten über die klassische Handhacke bis hin zum Ziehen von Unkräutern vor der Ernte – wird von den Beratern sowohl in ihrer Effektivität als auch in der Einsatzhäufigkeit in der AuG-Praxis am höchsten bewertet.

Im Rahmen der Betriebsbefragung war eine detaillierte Erfassung des Handarbeitsaufwands auf den einzelnen Betrieben bzw. in einzelnen Kulturen nicht möglich. Die Anzahl an Handarbeitsdurchgängen pro Anbaujahr variiert von null in einigen Druschfruchtbeispielen (z.B. Senf, Fenchel und Kümmel) bis hin zu sieben in einzelnen Arnika- und Petersiliebeispielen. Allerdings kann der Zeitaufwand je Durchgang sehr stark schwanken. Eine Beurteilung einzelner Anbausysteme anhand der Handarbeitsdurchgänge ist deshalb nicht möglich. Bei fast allen Betrieben wurde jedoch das Ziel geäußert, den Handarbeitsaufwand und die damit verbundenen Kosten durch eine Optimierung der indirekten und direkten mechanischen und thermischen Regulierungsmaßnahmen zu senken, auch vor dem Hintergrund des 2015 neu eingeführten Mindestlohngesetzes.

Unkrautmanagementsysteme

Die im Rahmen der Betriebsbefragung erfassten Beispiele für Anbau- und Unkrautmanagementsysteme variieren stark zwischen den Betrieben und zwischen den Kulturen. Von den Betrieben wurden durchschnittliche Angaben gemacht und darauf aufmerksam gemacht, dass sich das Vorgehen zwischen einzelnen Jahren oder sogar einzelnen Schlägen deutlich unterscheiden kann. Eine vergleichende Bewertung der einzelnen Systeme ist nicht möglich, da weder der Handarbeitsaufwand genau ermittelt noch die Erträge und die Produktqualität untersucht werden konnten. Die 68 Beispiele zu 29 AuG-Arten können jedoch die Vielfalt an Unkrautregulierungsstrategien in der Praxis aufzeigen und sowohl als Anhaltspunkt für die Entwicklung von Anbauverfahren oder Optimierungsschritten, als auch für die Ableitung von Handlungs- bzw. Forschungsbedarf dienen.

Forschungs- & Handlungsbedarf

Als ein Resultat der Auswertung der Befragungsergebnisse und der Betriebsbesuche sowie aus den Statements der einzelnen Akteure werden im Folgenden wesentliche Bereiche benannt, in denen Forschungs- bzw. Handlungsbedarf zur Optimierung des Unkrautmanagements im AuG-Anbau besteht.

- Entwicklung von praxistauglichen Möglichkeiten zur betriebs- und kulturspezifischen Systemanalyse von Unkrautregulierungsverfahren im Hinblick auf eine Optimierung unter Berücksichtigung indirekter und direkter Unkrautregulierungsmaßnahmen sowie betriebsorganisatorischer Gesichtspunkte
- Quantifizierung des Einflusses von einzelnen Bewirtschaftungsfehlern auf die Verunkrautung
- Klärung von Zusammenhängen von Standort, Vorbewirtschaftung und aktuellem Unkrautdruck sowie Quantifizierung der unkrautreduzierenden Effekte einzelner indirekter Maßnahmen als Entscheidungshilfe für Praxisbetriebe
- Erarbeitung von Informationsmaterial zu standort- und kulturspezifischen Einsatzmöglichkeiten der verfügbaren Geräte zur Unkrautregulierung in der Reihe und deren unabhängiger Vergleich sowohl als Entscheidungshilfe bei der Anschaffung neuer Technik als auch zur Erleichterung der Einführung in den Betrieb
- Prüfung von Kombinationen verschiedener Regulierungstechniken
- Unkrautbiologie: Sammlung, Auswertung und Zusammenfassung von Informationen zu biologischen Merkmalen, die eine hohe Relevanz für Unkrautregulierungsverfahren haben. Vor allem von aktuell vermehrt auftretenden und besonders bedeutenden Unkrautarten

- Vorführungen einer möglichst großen Auswahl von Unkrauttechnik auf verschiedenen Standorten
- Entwicklung bzw. Weiterentwicklung von Geräten zur Unkrautregulierung in der Reihe, sowohl mit klassisch mechanischer Arbeitsweise als auch computergestützte Geräte
- Forschung zu und Weiterentwicklung von Mulchmöglichkeiten im AuG-Anbau (z.B. Folie, Kleegrasaufwuchs, Silage, Grünguthäcksel)
- Optimierungsmöglichkeiten zu Anbauverfahren einzelner AuG-Kulturen zur Steigerung der Konkurrenzkraft und zur Erhöhung der Effektivität von direkten Unkrautregulierungsmaßnahmen

7 Fazit und Ausblick

Mit den umfangreichen Befragungen von Ökobetrieben in Bayern und Umgebung, von deutschen Anbauberatern und internationalen Geräteherstellern wurde erstmals ein umfassendes Bild der Unkrautregulierungspraxis im ökologischen Arznei- und Gewürzpflanzenanbau erstellt. Sowohl die hohe Bereitschaft der Landwirte und der Berater zu ausführlichen Gesprächen am Telefon, auf den Betrieben und beim Beraterworkshop, als auch die große Besucherzahl beim Feld-Workshop bestätigte die große Bedeutung, die das Thema Optimierung der nicht-chemischen Unkrautregulierung in der Praxis hat. Die Annahme zu Beginn des Projekts, dass Handlungs-, Beratungs- und Forschungsbedarf bestünde, hat sich eindrücklich bestätigt.

Es wurde deutlich, dass entsprechend der Vielfalt der betrieblichen Strukturen und Kulturen sehr unterschiedliche Strategien auf den Betrieben entwickelt wurden bzw. noch weiter zu entwickeln wären. Die Ergebnisse der Befragungen und Recherchen konnten, gemeinsam mit dem fachlichen Austausch und der Gerätevorführung beim Feldworkshop, bereits Ideen für die betriebsindividuelle Optimierung der Unkrautregulierungsstrategien liefern.

Der nun transparentere und strukturierte Status-Quo der Unkrautregulierung im Ökoanbau von Arznei- und Gewürzpflanzen erlaubt eine bei weitem klarere Formulierung des Handlungs-, Beratungs- und Forschungsbedarfs als das zuvor gehörte allgemeine „man müsste was verbessern, vor allem für ‘in der Reihe‘“.

Basierend auf dem in Kapitel 6 zusammengefassten Forschungs- und Handlungsbedarf wurde ein Folgeprojekt entworfen mit den Schwerpunkten:

1. Entwicklung eines Werkzeugs zur betriebs- und kulturspezifischen Systemanalyse von Unkrautregulierungsverfahren im Hinblick auf eine Optimierung
2. Klärung von Zusammenhängen von Standort, Vorbewirtschaftung und Unkrautdruck
3. Standort- und kulturspezifische Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten mechanisch-technischer Verfahren zur Unkrautregulierung in der Reihe
4. Sammlung, Auswertung und Zusammenfassung von Informationen zu biologischen Merkmalen, die eine hohe Relevanz für die Regulierungsverfahren haben, von aktuell vermehrt auftretenden und besonders bedeutenden Unkrautarten

Die am 20.12.2014 bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt e. V. eingereichte Projektskizze wurde in Bezugnahme auf bestehende Förderentscheidungen und derzeitige inhaltliche Prioritätensetzung Ende März 2015 abgelehnt. Es werden nun neue Fördermöglichkeiten gesucht.

Die Erzeuger von Arznei- und Gewürzpflanzen, sowohl die des ökologischen als auch des integrierten Anbaus, müssen hohe Anforderungen an die Produktqualität erfüllen. Im Erntegut und erst recht im verarbeiteten Produkt dürfen nur geringe bis geringste Beimengungen fremder Arten enthalten sein. Hier sind vom Abnehmer oder vom Arzneibuch handfeste Maximalgehalte vorgegeben, die vom Produzenten einzuhalten sind. Neue Anforderungen zur Quasi-Freiheit des Ernteguts von PA-haltigen Unkräutern stehen durch die Risikobewertung dieser toxischen Unkrautinhaltsstoffe durch die Institutionen BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung), EFSA (European Food Safety Authority) und BfArM (Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte) im Raum. In manchen Fällen wird die Nulltoleranz bereits praktiziert.

In Anbetracht dieser Herausforderung hat ein verschärftes Kapitel der unendlichen Geschichte der effektiven Unkrautregulierung begonnen. Der betriebliche Aufwand wird noch weiter steigen und damit gerät die heimische Produktion von Arznei- und Gewürzpflanzen an oder bereits über den Rand der Wirtschaftlichkeit. Ein erster Flächenrückgang von Blattkulturen kündigt sich an. Daher sind weitere Forschungsarbeiten zur Optimierung der Unkrautregulierung eine hochaktuelle und wichtige Aufgabe für die Branche und die Gesellschaft.

8 Literatur

- ANONYM 2012. Der Ackerkratzdistel intelligent und ökologisch zu Leibe rücken. Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (Hrsg.), 4 S.
- ANONYM 2014. Unkrautstrategien aus der Praxis 2014. Bioland 03/2014, S 8-9.
- ANONYM 2012-2014. Unkrautregulierung; Maßnahmenkatalog nach Unkräutern gegliedert. Strickhof (Hrsg.), 2 S.
- BAH, BPI 2014. Code of Practice zur Vermeidung und Verringerung von Kontaminationen pflanzlicher Arzneimittel mit Pyrrolizidinalkaloiden. Industriecodex, unveröffentlicht.
- R. BAUERMEISTER, R. TOTAL, D. BAUMANN, P. BLEEKER, M. KOLLER, M. LICHTENHAHN (Hrsg.) 2005. Unkrautpraxis: Mechanische Unkrautregulierung im Gemüsebau. Agroscope, Wädenswil, 52 S.
- BFR 2013. Pyrrolizidinalkaloide in Kräutertees und Tees. Stellungnahme 018/2013 vom 05.07.2013. Bundesinstitut für Risikobewertung, <http://www.bfr.bund.de/cm/343/pyrrolizidinalkaloide-in-kraeutertees-und-tees.pdf>
- BMEL 2015. Gute fachliche Praxis im Pflanzenschutz - Grundsätze für die Durchführung. Überarbeiteter Entwurf des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft vom 06.02.15
- U. BOCK 2001. Integrierter Pflanzenschutz bei Dill (*Anethum graveolens*). Diplomarbeit Technische Universität München, 159 S.
- H. BÖHM, A. GRONLE, G. LUX, H. SCHMIDT, K. SCHMIDTKE 2014. Unkräuter regulieren. In: Körnerleguminosen und Bodenfruchtbarkeit – Strategien für einen erfolgreichen Anbau. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (Hrsg.), S 40-46.
- A. BRAUN 2011. Die Torsionshacke – ein Gerät zur Beikrautregulierung in der Reihe. In: Landtechnische Lösungen zur Beikrautregulierung im Ökolandbau. B. Wilhelm, O. Hensel (Hrsg.), Deutsches Institut für Tropische und Subtropische Landwirtschaft (DITSL) GmbH, Witzenhausen. S 133-138.
- C. CARLEN, C.-A. CARRON 2014. Geschützter Anbau von Arznei- und Gewürzpflanzen. In: Tagungsband 7. Tagung Arznei- und Gewürzpflanzenforschung 2014. S 15.
- DFA und FAH 2012. Leitlinien für den integrierten Pflanzenschutz im Sektor Arznei- und Gewürzpflanzen. Z Arznei- Gewürzpfla 17(2), S 57-61.
- H. DIERAUER 2000. Abflammen. Forschungsinstitut für biologischen Landbau, 4 S.
- EMA 2006. Guideline on good agricultural and collection practice (GACP) for starting materials of herbal origin (EMA/HMPC/246816/2005). Leitlinie vom 20.02.2006. European Medicines Agency, <http://www.ema.europa.eu/ema/>
- M. ERNST 2006. Einsatz der Abflammtechnik bei Verwendung von Winterheckzwiebel als Schnittlauchersatz. Versuche im deutschen Gartenbau, Staatsschule für Gartenbau, Stuttgart-Hohenheim, 2 S.
- G. FISCHER-KLÜVER 2014. Körnerfenchel: risikoreich und begehrt. Gemüse 10/2014, S 34-36.

- FiBL, Forschungsinstitut für biologischen Landbau, 2012. Mechanische Unkrautregulierung im Gemüsebau. Film zum Feldtag; anzusehen auf <http://www.youtube.com/watch?v=KGMONCsGYr4>
- H. GEBENDORFER 2014. Handarbeit minimieren. Bioland 12/2014, S 14-16.
- FNR 2014. Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe. Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe BAND 34. Hrsg. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, e. V., Gülzow, Download: <http://fnr.de/marktanalyse/marktanalyse.pdf>, S. 574-674.
- B. GROHS 2007. Züchtung und Unkrautmanagement bei Körnerfenchel. Gemüse 11/2007, S 31-32.
- T. HAASE 2014. Ackerkratzdistel: Vorbeugen und Heilen. Bioland 10/2014, S 16-17.
- M. HÄNSEL 2014. Die Quecke in der Stoppel bekämpfen. Bioland 06/2014, S 7-9.
- H. HEUBERGER, H. BLUM, 2014. Einstellungssache. Editorial zur Unkrautbekämpfung. Z Arznei Gewürzpfla 19(4), S 153.
- C. HOLZAPFEL, H. BLUM, H. HEUBERGER, Z. GOBOR, H. SCHMIDT 2014. Status-Quo-Analyse zur Unkrautregulierung im ökologischen Arznei- und Gewürzpflanzenanbau in Bayern. In: K. Wiesinger, K. Cais, S. Obermaier (Hrsg.). Angewandte Forschung und Beratung für den ökologischen Landbau in Bayern – Öko-Landbau-Tag 2014. S 198-199.
- C. HOLZAPFEL, H. BLUM, H. HEUBERGER, H. SCHMIDT 2015. Unkrautregulierung im ökologischen Arznei- und Gewürzpflanzenanbau. In: Tagungsband 25. Bernburger Winterseminar zu Fragen der Arznei- und Gewürzpflanzenproduktion vom 17.02. bis 18.02.15, S 25-26.
- A. HONEGGER, R. WITWER, D. HEGGLIN, H.-R. OBERHOLZER, A. de FERRON, P. JEANNERET, M. van der HEIJDEN 2014. Auswirkungen langjähriger biologischer Landwirtschaft. Agrarforschung Schweiz 5 (2), S 44-51.
- H. LABER 1999. Effizienz mechanischer Unkrautregulationsmaßnahmen im Freilandgemüsebau. Dissertation, S 1-150.
- M. LICHTENHAHN, M. KOLLER, H. DIERAUER, D. BAUMANN 2002 (2. Auflage). Biogemüsebau: Unkrautregulierung – termingerecht und schlagkräftig. Forschungsinstitut für biologischen Landbau, 12 S.
- A. von MANSBERG, G. AROLD, M. SCHEU-HELGER 2004. Wildkrautregulierung im ökologischen Gemüsebau – mechanische Bekämpfungsmaßnahmen in der Reihe. Abschlussbericht, Zeitraum 2002-2004, Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten, 84 S.
- T. MEINHOLD, H. BLUM, M. BUDDE, L. DAMEROW 2013. Optimierung der Sätechnik für Melisse (*Melissa officinalis* L.). In: Tagungsband 23. Bernburger Winterseminar zu Fragen der Arznei- und Gewürzpflanzenproduktion vom 19.02 bis 20.02.13, S 40.
- M. MÜCKE 2012. Mechanische Unkrautregulierung in Sojabohnen. Fachvortrag Sojagung Frankfurt 18.12.2012.
- F. PANK, I. REICHARDT 2010. Unkrautbekämpfung. In: B. Hoppe (Hrsg.). Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus. Band 2 Grundlagen des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus II. Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen SALUPLANTA e.V. Bernburg, S 117-141.

- W. PETZOLD, A. KOLBE 2002. Einführung neuer bodenangetriebener und zapfwellenangetriebener Hackgeräte in die Praxis. Schriftenreihe des BMVEL, Reihe A, Angewandte Wissenschaft, H 492 2002, Lw.-Verlag, Münster-Hiltrup, 48 S.
- T. PFEIFFER 2014. Erfahrungsbericht zu einer kamerageführten Hackmaschine in einem konventionellen Anbaubetrieb für Arznei- und Gewürzpflanzen. Z Arznei- Gewürzpfla 19(3)/2014, S 124-127.
- K. PIETZSCH, A. ULBRICH, R. PUDE 2009. Unkrautregulierung im Arznei- und Gewürzpflanzenanbau - Leistungsvergleich verschiedener Techniken, Abschlussbericht, FNR-Vorhaben 22001704 bzw. 04NR017, Zeitraum 01.09.2006 bis 31.12.2009, 59 S.
- J. PLAGGE 2000. Probleme der Unkrautbekämpfung im ökologischen Gartenbau aus der Sicht der Praxis. In: Unkrautregulierung im Ökologischen Landbau. B. Pallutt (Hrsg.), Saphir Verlag, Ribbesbüttel. S 14-16.
- M. PLASCHY 2013. Einfluss einer Kulturabdeckung während des Winters auf den Ertrag und die Qualität der Minze. Posterbeitrag Agroscope ACW und Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften.
- A. PLESCHER, B. GROHS, L. PFORTE 2014. Kulturflächen und Artenvielfalt bei Arznei-, Gewürz-, Aroma-, Diät- und Kosmetikpflanzen in Deutschland im Jahr 2011. Z Arznei Gewürzpfla 19(3): 127-130.
- C. PRESTELE 2004. Unkrautregulierung: Der Zeitpunkt ist entscheidend. Gemüse 3/2004, S 50-51.
- C. RÖHRICHT, T. KARTE, M. SCHUBERT 2003. Analyse der ökologischen Produktionsverfahren von Heil- und Gewürzpflanzen in Deutschland. Abschlussbericht, Zeitraum 2002-2003, Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau in der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, BLE. 287 S. Abrufbar unter <http://forschung-oekolandbau.de>
- C. RÖHRICHT, A. KÖHLER 2006. Ökologischer Anbau von Heil- und Gewürzpflanzen – anbautechnische Untersuchungen zur Verbesserung der Vermarktung. Abschlussbericht. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft 19/2006, 124 S.
- A. ROLFSMEYER 2007. Das Dammkultursystem – Erste Erfahrungen im Körnerfenchelanbau auf Dämmen. Fachvortrag Ökoplant Seminar 2007.
- J. RUEGG, R. TOTAL, M. HOLPP, T. ANKEN, T. BACHMANN 2011. Satelliten-gesteuerte Lenksysteme im Feldgemüsebau. Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW Extension Gemüsebau (Hrsg.), Flugschrift, 14 S.
- J. RUMPLER, I. REICHARD 2008. Entwicklung eines Rollstriegels zur mechanischen Unkrautregulierung in der Pflanzenreihe – praktische Einsatzerfahrungen in Sonderkulturen Z Arznei- Gewürzpfla 13(2), S 88-90.
- G. SANDER, O. KREB 2014. Beikrautregulierung in Ökobetrieben mit Gemüsekulturen unter besonderer Betrachtung von moderner RTK-Steuerungs-, Ultraschall- und Kamertechnik inkl. Arbeitswirtschaft und Kosten. Antrag auf Finanzierung von Forschungsvorhaben, 8 S.
- J. SCHLAGHECKEN 2003. Portulak (*Portulaca oleracea*), ein gefährliches Unkraut. Staatliche Lehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Weinbau und Gartenbau, Neustadt/Wstr. (Hrsg.), 3 S.

- H.-P. SCHWARZ, D. HEGE 2014. GPS-gestützte Beikrautregulierung im Freilandgemüsebau. *Landtechnik* 69(2)/2014, S 68-71.
- M. SEIFERT 1981. Drusch- und Hackfruchtproduktion. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 399 S.
- M. STRUNZ, G. PUSCHMANN, V. STEPHANI, D. FRITZ 1992. Chemische Variabilität von Dill (*Anethum graveolens* L.). *Gartenbauwissenschaft* 57(4), S 190-192.
- R. TOTAL 2003. Abflammen im Lauchanbau: Unkrautbekämpfung in der Reihe. *Der Gemüsebau* 8/2003, S 16.
- R. TOTAL 2010. Sumpfkresse – das hartnäckige Unkraut breitet sich aus. *Der Gemüsebau* 6/2010, S 15-19.
- S. TRUNK 2000. Möglichkeiten der mechanischen Unkrautregulierung im Arznei- und Gewürzpflanzenanbau dargestellt am Beispiel der Ringelblume (*Calendula officinalis* L.). Diplomarbeit Justus-Liebig-Universität Giessen, 156 S.
- G. VÖLKE 2012. Problemunkräuter im Ackerbau, gibt es die überhaupt? Fachvortrag Ökoplant Seminar 2012.
- S. WANKE 2006. Steuern mit Kameras. *Bioland* 01/2006 S 28-29.
- C. ZILLGER, I. BUCHMANN, B. TSCHÖPE 2009. Mechanische Unkrautbekämpfung im Ökologischen Landbau. Abschlussbericht, Zeitraum 2005-2008, Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück, DLR. 47 S.

9 Anhang

Material und Methoden

Abgefragte Themen im Fragebogen für Anbieter:

- Liste angebotener Geräte
- Für jedes Gerät:
 - Seit wann im Programm
 - Geräteabsatz in Deutschland
 - Einsatz in welchen Kulturen
- Detaillierte Angaben für ausgewählte Geräte
 - Absatz in Deutschland an Ökobetriebe
 - Wenn bekannt: Absatz an Betriebe mit AuG
 - Bewertung des Unkraut-Bekämpfungserfolgs
 - Voraussetzungen für einen optimalen Bekämpfungserfolg bei geringen Kulturpflanzenschäden und häufige Fehler in der Praxis
 - Wichtige Neuerungen / Weiterentwicklungen seit der Erstproduktion
 - Kulturarten, in denen Einsatz besonders erfolgreich
 - Kulturarten, in denen Einsatz eher problematisch
 - Besonders erfolgreiche Gerätekombinationen (gleichzeitig oder nacheinander)
- Kameragesteuerte Reihenführung
 - Einschätzung der Akzeptanz in der Praxis
 - Gründe, die eine stärkere Verbreitung behindern
 - Chancen für die kameragesteuerte Reihenführung
 - Vergleich zur GPS- oder ultraschallgesteuerten Reihenführung
- Mechatronische Systeme für Unkrautregulierung in der Reihe
 - Einschätzung der Akzeptanz in der Praxis
 - Gründe, die eine stärkere Verbreitung behindern
 - Chancen für mechatronische Systeme zur Unkrautregulierung in der Reihe
- Innovationsbedarf in Bereichen der direkten nicht-chemischen Unkrautbekämpfung
- Geplante neue Entwicklungen
- Anmerkungen
- Werden Geräte mit aktiven Werkzeugen zur Unkrautregulierung entwickelt
 - Ggf.: Antrieb dieser Aktuatoren

Tabelle A 1: Angefragte Anbieter von Geräten zur direkten, nichtchemischen Unkrautregulierung

ANNABURGER Nutzfahrzeug GmbH	Deutschland	www.annaburger.de/
Becker Landtechnik Oberweser (Exklusiv Importeur für Kongskilde Industries)	Deutschland	www.landmaschinen-becker.com/
EuM AGROTEC	Deutschland	www.eum-agrotec.de/
K.U.L.T. Kress Umweltschonende Landtechnik GmbH	Deutschland	http://www.kress-landtechnik.de
Maschinenfabrik SCHMOTZER GmbH	Deutschland	http://www.schmotzer.de/
Ruthenberg Landtechnik	Deutschland	http://www.ruthenberg-landtechnik.de/
Thyregod A/S	Deutschland	http://www.thyregod.com/
Treffler Maschinenbau GmbH & Co. KG	Deutschland	www.treffler.net/
APV - Technische Produkte Ges.m.b.H.	Österreich	http://www.apv.at/
Einböck GmbH & Co KG	Österreich	http://www.einboeck.at
Hatzenbichler Agro-Technik GmbH	Österreich	http://www.hatzenbichler.com/
Oliver di Signorini Luciano	Italien	oliveragro.com/de/
CMN Maskintec A/S	Dänemark	http://www.cmn.dk/
Garford Farm Machinery Ltd.	Großbritannien	http://www.garford.com/
Ferrari Costruzioni Meccaniche SRL	Italien	http://www.ferrariostruzioni.com/
Frato Machine Import	Niederlande	http://www.frato.nl/
Machinefabriek Steketee B.V.	Niederlande	http://www.steketee.com/home

Abgefragte Themen im Fragebogen für Berater und Experten:

- **Beratungsstruktur**
 - Anzahl der beratenen Ökobetriebe
 - Anzahl Ökobetriebe mit AuG
 - Anbaufläche AuG-Ökobetriebe
- **Betriebsstruktur**
 - Anteil AuG je Betrieb
 - Häufige angebaute Arten
 - Betriebstypen mit AuG-Anbau
- **Flächenentwicklung im ökologischen AuG-Anbau**
- **Unkraut**
 - Negativer Effekt von Unkrautbesatz auf verschiedene AuG-Gruppen
 - Besonders unkrautsensible AuG-Arten
 - Besonders problematische Unkrautarten
- **Unkrautregulierung**
 - Wirksamkeit und Häufigkeit der Anwendung verschiedener Maßnahmen indirekter Unkrautregulierung
 - Erfolg verschiedener Maßnahmen-Gruppen zur direkten Unkrautregulierung
 - Eignung verschiedener Maßnahmen zur Unkrautregulierung in der Reihe
 - Häufigkeit der Anwendung verschiedener Maßnahmen direkter Unkrautregulierung
 - Beispiele für besonders erfolgreiche Regulierungsverfahren

- Voraussetzungen für einen hohen Erfolg einzelner Maßnahmen zur direkten Unkrautregulierung
- Bereiche von Unkrautregulierungs-Maßnahmen, in denen häufig Probleme auftreten
- Kameragesteuerte Reihenführung
 - Einschätzung der Akzeptanz in der Praxis
 - Gründe, die eine stärkere Verbreitung behindern
 - Chancen für die kameragesteuerte Reihenführung
 - Vergleich zur GPS- oder ultraschallgesteuerten Reihenführung
- Mechatronische Systeme für Unkrautregulierung in der Reihe
 - Einschätzung der Akzeptanz in der Praxis
 - Gründe, die eine stärkere Verbreitung behindern
 - Chancen für mechatronische Systeme zur Unkrautregulierung in der Reihe
- Innovationsbedarf in Bereichen der direkten nicht-chemischen Unkrautbekämpfung
- Bereiche der direkten nicht-chemischen Unkrautbekämpfung mit Forschungs-, Entwicklungs- oder Handlungsbedarf bzw. Bedarf an Innovationen

Abgefragte Themen im Fragebogen für die Betriebe:

- Betrieb allgemein
 - Bodenpunkte, Bodenart
 - Umstellungsjahr / Verband
 - Fläche Acker, Fläche AuG
 - Arbeitskräfte nur für AuG
 - Fruchtfolge / Anbauanteile
 - Düngung
 - Bodenbearbeitung
 - Besonderheiten (Beregnung, etc.)
- Unkraut
 - Einschätzung des Unkrautpotentials
 - Wichtige Wurzelunkräuter
 - Wichtige einjährige Unkräuter
- Geräte zur direkten Unkrautregulierung (Gerät & Schlepper, Marke, Alter, Breite, Werkzeuge, Besonderheiten)
- Angebaute AuG
 - Seit wann
 - Ø Anbauumfang
 - Nutzung (z.B. Blatt, Blüte, Kraut...)
 - Nutzungsjahre
 - Unkrautempfindlichkeit
- Je Betrieb ein bis drei Anbaubeispiele
 - Auf welchen Böden
 - Fruchtfolgestellung / Vorfrucht
 - Bewirtschaftung seit Vorfrucht (Bodenbearbeitung, Gerät, Tiefe, Zwischenfrucht...)
 - Saatbettbereitung (inkl. „falsches Saatbett“)
 - Saat- oder Pflanztechnik (inkl. Reihenweite, Abstand in der Reihe)

- Saat- oder Pflanztermin
 - Spezifische Pflegemaßnahmen (nicht Unkrautregulierung)
 - Direkte Unkrautregulierung (Termin / Stadium, Gerät, Probleme / Besonderheiten), Ø Anzahl Arbeitsgänge der eingesetzten Geräte / Handarbeit (1. Jahr, ab 2. Jahr)
 - Änderungen in der Unkrautregulierung seit Beginn des Anbaus
 - Nutzungsform
 - Erntetermin
 - Bemerkungen
- Detaillierte Informationen zu speziellen Verfahren (Eigenbau, Mulchen, Häufeln, mechatronische Geräte...)
 - Welche Kulturen / Geräte machen besonders Probleme
 - Mit welchen Ansätzen wurden in der Vergangenheit bestimmte Probleme gelöst
 - Kameragesteuerte Reihenführung
 - Interesse
 - Gründe, die gegen einen Einsatz sprechen
 - Unter welchen Voraussetzungen wäre die Technik interessant
 - Mechatronische Systeme für Unkrautregulierung in der Reihe
 - Interesse
 - Gründe, die gegen einen Einsatz sprechen
 - Unter welchen Voraussetzungen wäre die Technik interessant
 - Pläne im Betrieb (Änderungen bei Kulturen, Anbauverfahren, Unkrautstrategie, Regulierungsmaßnahmen)
 - Forschungs-, Entwicklungs-, Handlungs- oder Beratungsbedarf

Ergebnisse der Befragung von Beratern und Experten

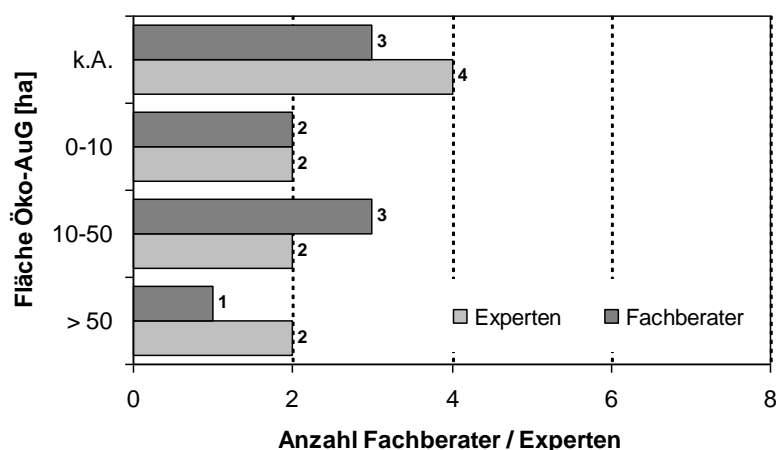


Abbildung A 1: Gesamt-Ökofläche mit AuG der beratenen Betriebe, n=12

Tabelle A 2: Kulturen mit größter Anbaufläche (max. 10 Nennungen je Befragtem), N: Anzahl Nennungen, F: Summe angegebener Anbaufläche, n=14

Art	N	F	Art	N	F	Art	N	F
Petersilie	6	458	Liebstock	2	12	Kapuzinerkresse	1	1
Dill	6	135	Bohnenkraut	2	11	Rosen	1	1
Minzen	6	26	Arnika	2	6	Rosmarin	1	0,5
Fenchel	5	75	Engelwurz	2	0,3	Salbei	1	0,5
Kümmel	5	68	Ginko	1	1000	Spitzwegerich	1	0,5
Schnittlauch	4	109	Majoran	1	300	Anis	1	k.A.
Kerbel	4	60	Wein	1	100	Meisterwurz	1	k.A.
Koriander	4	47	Spinat	1	60	Senf	1	k.A.
Oregano	3	255	Pelargonium	1	20	Wildblumen	1	2
Thymian	3	166	Ringelblume	1	6	Teekräuter	1	1
Basilikum	3	75	Brennnessel	1	5	Blattdrogen	1	k.A.
Kamille	3	59	Estragon	1	4,5	Blütendrogen	1	k.A.
Baldrian	3	26	Primel	1	2	Wurzeldrogen	1	k.A.
Zitronenmelisse	3	3	Sellerie	1	2	Frischkräuter	1	k.A.
			Kornrade	1	1,8	Andere	1	0,5

Tabelle A 3: AuG-Arten, die besonders sensibel gegenüber Unkraut sind, n=15

Nutzung /Art	n	Kommentare
Allgemein	5	Alle Kulturen in meinem Bereich; Je länger die Kulturen stehen, desto schwieriger wird es, sie sauber zu halten; Vorrangig Blatt- und Krautdrogen; Niedrig bleibende Kulturen mit langsamer Jugendentwicklung; Pflanzkulturen auch unter Aspekt mehrjähriger Nutzung (Wiederaustrieb etc.) bewerten
Blatt / Kraut		
Minzen	4	Besonders Orangenminze und andere konkurrenzschwache Minze-Arten; andere horst- oder ausläuferbildende Arten
Zitronenmelisse	3	
Tausendgüldenkr.	2	Und andere Wildpflanzen, die gerade in Kultur genommen wurden
Thymian	2	Niedrig bleibend und langsame Jugendentwicklung
Dill	1	
Eisenhut	1	
F.-Adonisröschen	1	
Goldfingerkraut	1	
Johanniskraut	1	
Nelkenwurz	1	Niedrig bleibend und langsame Jugendentwicklung
Petersilie	1	
Schnittlauch	1	
Sellerie	1	
Thymian	1	
Orangenminze	1	
Petersilie	1	
Schlüsselblume	1	
Schnittlauch	1	
Sellerie (Schnitt)	1	
Wildblumen	1	
Blüte		
Arnika	2	Und andere langsam wachsende Pflanzkulturen
Kamille	2	Auf falschem Boden
Duftveilchen	1	
E. Schlüsselblume	1	
Goldrute	1	Zu Kulturbeginn
Schlüsselblume	1	
Körner		
Anis	2	Langsame Jugendentwicklung
Koriander	2	
Fenchel	1	
Kornrade	1	
Kümmel	1	
Wurzel		
Baldrian	2	Direkt gesät
Engelwurz	1	
Rosenwurz	1	
Säukulturen	1	In der Phase der Bestandesetablierung

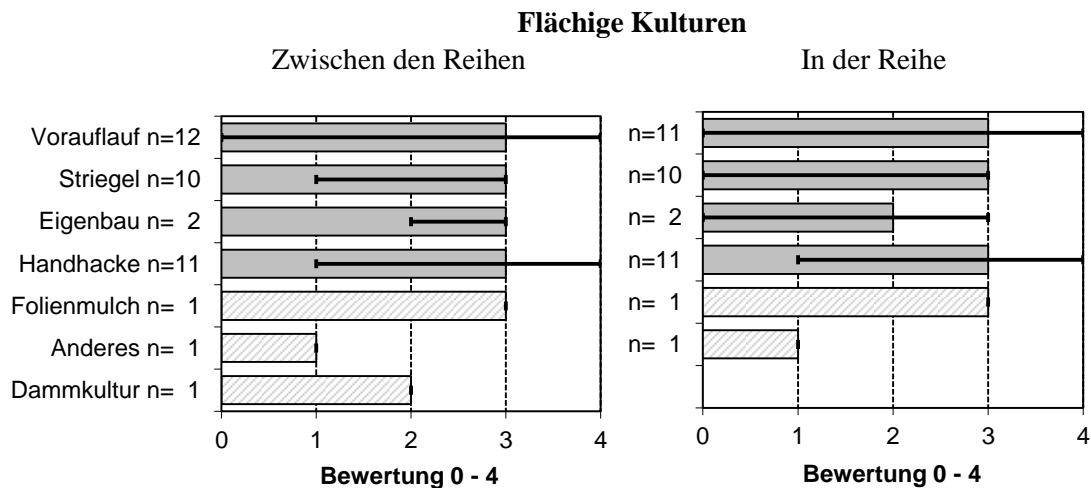


Abbildung A 2: Einschätzung des durchschnittlichen Erfolgs von Maßnahmen / Geräten zur direkten Unkrautregulierung in der Praxis des AuG-Anbaus (die Kategorie Striegel umfasst auch ähnlich arbeitende Geräte), Median und Spannweite (Fehlerbalken), Bewertung: 0 unwirksam, 4 effektiv, grau: vorgegebene Maßnahmen, schraffiert: offener Fragenteil, n=15

Ergebnisse der Befragung von Betrieben

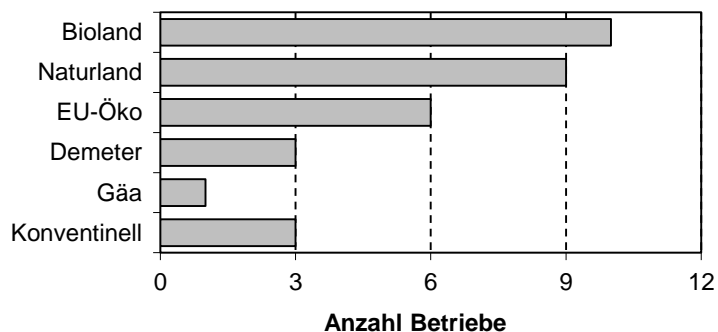


Abbildung A 3: Verbandszugehörigkeit der Betriebe

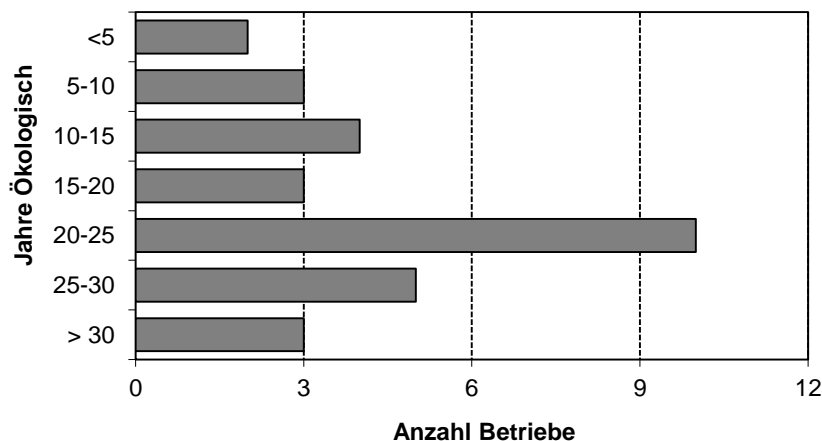


Abbildung A 4: Zeitraum ökologischer Bewirtschaftung der befragten Ökobetriebe

Tabelle A 5: Angebaute Arten (Blatt- / Krautnutzung) mit Anzahl Betriebe, Anbaufläche, mittlere Nutzungsdauer, Unkrautempfindlichkeit (1: gering, 5: hoch) und Erfahrung in Jahren (Ökobetriebe)

Art	Betriebe	Fläche [ha]	Dauer [Jahre]	Unkraut			Erfahrung		
				Min	Max	Ø	Min	Max	Ø
Sonnenhut	6	40,4	3,0	1	4	2	0	30	16
Zitronenmelisse	7	24,2	3,8	1	5	3	10	24	15
Pfefferminze	8	16,2	2,9	1	5	4	2	75	19
Apfelminze	1	6,3	3,5	1	1	1	10	10	10
Minzen	1	0,8	3,0	4	4	4	15	15	15
Krause Minze	1	0,0	3,5				0	0	0
Bergamottminze	1	0,0	4,0	4	4	4	14	14	14
Dill	6	15,9	1,0	1	4	2	3	20	12
Schnittlauch	3	13,7	3,3	1	5	3	5	5	5
Petersilie	8	13,2	1,0	1	5	4	3	20	9
Thymian	3	11,5	3,2	3	5	4	3	23	13
Liebstock	6	6,3	3,3	1	3	3	10	20	13
Sellerie	3	4,4	1,0	4	5	5	0	20	10
Bohnenkraut	2	4,0	2,0	3	5	4	10	13	12
Winterheckenzwiebel	2	3,2	2,0	5	5	5	10	10	10
Goldrute	1	3,0	3,0	4	4	4	20	20	20
Schafgarbe	3	2,8	3,3	1	3	2	10	15	13
Basilikum	2	1,8	1,0	5	5	5	12	12	12
Artischocke	1	1,8	1,0	2	2	2	5	5	5
Drachenkopf	3	1,8	1,0	2	3	2	2	20	12

Fortsetzung Tabelle A 5

Art	Betriebe	Fläche [ha]	Dauer [Jahre]	Unkraut			Erfahrung		
				Min	Max	Ø	Min	Max	Ø
Löwenzahn	1	1,5	2,0						
Majoran	2	1,3	1,0				1	1	1
Ysop	1	1,0	2,5						
Oregano	1	1,0	3,5						
Estragon	2	1,0	3,8	3	4	4	4	20	12
Estragon (frz.)	1	0,2	2,0	5	5	5	2	2	2
Spitzwegerich	3	1,0	2,0	3	4	3	2	15	10
Frauenmantel	1	0,8	3,5						
Anisysop	1	0,8	3,0	4	4	4	15	15	15
Schnittknoblauch	1	0,5	2,0	3	3	3	1	1	1
Salbei	2	0,5	3,3	3	3	3	24	24	24
Salbei (Muskat.)	1	0,0	2,0	3	3	3			
Schabzigerklee	1	0,4	1,0	3	3	3	20	20	20
Brennnessel	2	0,4	4,8	2	2	2	1	20	11
Andorn	1	0,4	3,0						
Johanniskraut	2	0,2	3,5	1	5	3	15	15	15
Stiefmütterchen	1	0,0							
Pimpinelle	1	0,0							
Kerbel	1	0,0	1,0	5	5	5			
Grüne Soße Kräuter	1	0,0							

Tabelle A 6: Angebaute Arten mit Anzahl Betriebe, Anbaufläche, mittlere Nutzungsdauer, Unkrautempfindlichkeit (1: gering, 5: hoch) und Erfahrung in Jahren (Ökobertriebe)

Art	Betriebe	Fläche [ha]	Dauer [Jahre]	Unkraut			Erfahrung		
				Min	Max	Ø	Min	Max	Ø
Blütnutzung									
Kamille	2	70,0	1,0				20	20	20
Arnika	4	15,6	6,0	4	5	5	4	30	20
Ringelblume	6	14,1	1,5	0	3	2	2	30	17
Schlüsselblume	4	3,5	2,5	1	5	2	2	6	3
Kornblume	2	0,5	1,0	1	3	2	13	20	17
Wundklee	1	0,5	1,0	1	1	1	8	8	8
Malve	2	0,1	1,0	1	3	2	0	2	1
Sonnenblume	1	0,0	1,0	1	1	1	0	0	0
Kamille	1	0,0	4,5	2	2	2	14	14	14
Gänseblümchen	2	70,0	1,0				20	20	20
Wurzelnutzung									
Sonnenhut	6	40,4	3,0	1	4	2	0	30	16
Engelwurz	6	18,3	2,7	1	3	1	1	14	8
Baldrian	3	6,5	1,3	1	3	2	15	30	23
Enzian	2	3,1	5,0	5	5	5	4	4	4
Meerrettich	1	1,5	1,0						
Löwenzahn	1	1,5	2,0						
Alant	1	1,5	2,0	3	3	3	10	10	10
Bibernelle	1	1,0	1,0						
Traubensilberkerze	1	0,5	3,5	5	5	5	10	10	10
Nelkenwurz	1	0,3	3,5						
Glycyrrhiza	1	0,0		0	0	0	0	0	0
Astragalus mongholi.	1	0,0	2,0	5	5	5	4	4	4
Saposhnikovia divari.	1	0,0	2,0	5	5	5	3	3	3

Fortsetzung Tabelle A 6

Art	Betriebe	Fläche [ha]	Dauer [Jahre]	Unkraut			Erfahrung		
				Min	Max	Ø	Min	Max	Ø
Körnernutzung									
Fenchel	5	27,5	2,3	1	5	2	3	13	8
Kümmel	5	23,5	1,9	1	4	2	2	10	7
Senf (braun & schw.)	1	8,0	1,0	1	1	1	20	20	20
Senf (gelb)	1	0,0	1,0				20	20	20
Senf	1	0,0	1,0	1	1	1	9	9	9
Kresse	1	5,5	1,0	3	3	3	2	2	2
Koriander	1	5,5	1,0	3	3	3	9	9	9
Xanthium sibiricum	1		1,0	2	2	2	3	3	3
Andere									
Wilde Karde	1		2,0						
TCM-Pflanzen	1								
Kermesbeere	1			3	3	3			
Weide	1	1,0	10,0	1	1	1	22	22	22
Andere	5	3,5					0	0	0

Tabelle A 7: Angebaute Arten mit Anzahl Betriebe, Anbaufläche, mittlere Nutzungsdauer, Unkrautempfindlichkeit (1: gering, 5: hoch) und Erfahrung in Jahren (Konventionelle Betriebe)

Art	Betriebe	Fläche [ha]	Dauer [Jahre]	Unkraut			Erfahrung		
				Min	Max	Ø	Min	Max	Ø
Blatt- / Krautnutzung									
Pfefferminze	3	141,0	3,7	5	5	5	25	100	58
Johanniskraut	2	77,0	2,0	3	3	3	5	22	14
Zitronenmelisse	3	40,0	3,5	3	5	4	25	31	29
Spitzwegerich	2	20,0	2,0	3	3	3	25	45	35
Kapuzinerkresse	2	11,5	1,0	5	5	5	4	4	4
Artischocke	3	8,5	1,0	3	3	3	4	21	13
Mutterkraut	1	3,0	2,0				24	24	24
Goldrute	1	3,0	3,0				24	24	24
Tollkirsche	1	0,0	3,0						
Stechapfel	1	0,0	1,0						
Salbei	1	0,0	0,0	5	5	5	2	2	2
Petersilie	1	0,0		5	5	5	3	3	3
Blütennutzung									
Kamille	2	880,0	1,0	3	3	3	25	50	38
Wurzelnutzung									
Meerrettich	1	2,0	1,0	3	3	3	100	100	100
Rosenwurz	1	0,0	3,0	5	5	5			
Kalmus	1	0,0							
Baldrian	1	0,0	1,0	3	3	3	25	25	25
Körnernutzung									
Fenchel	1	20,0	2,0	1	1	1	20	20	20
Andere									
Weide	1	2,0		5	5	5	15	15	15

Tabelle A 8: Übersicht über die Geräte und Verfahren zur nicht-chemischen Unkrautregulierung (Zusammenstellung basierend auf Informationen von Herstellern, Beratungsunterlagen und Internet. Kein Anspruch auf Vollständigkeit und Richtigkeit.)

	Striegel - flächige Unkrautregulierung
Gerätebeschreibung	gezogenes Arbeitsgerät mit Striegelzinken; verschiedene Arbeitsbreiten, auch als einzelnes Striegelfeld mit 1,5 m Breite
Arbeitsweise	Rundstahlzinken durchkämmen versetzt im Abstand von ca. 2 cm den Boden und ziehen Unkräuter heraus/verschütten diese
Hersteller	z.B. Hatzenbichler (A), Treffler, Einböck (A), APV (A), Carré (F)
Preis	ca. 800-1.000 € pro m Arbeitsbreite
Kombination mit anderen Werkzeugen	sehr gute Wirkung: Fingerhacke im Zwischenachs- und Striegel im Heckanbau
Arbeitstiefe, -geschwindigkeit	möglichst flach, um keine neuen Samen in Keimposition zu bringen; ca. 3-4 km/h (je schneller, desto aggressiver; zu schnell => Kulturpflanzen brechen)
Einstellungen	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)
Einsatzbereich	Porree, Zwiebeln, Möhren, Sellerie, Rote Bete, Spinat, Bohnen, Erbsen, Zuckermais, Kohlarten im frühen Stadium; robuste Kulturen!
optimales Unkrautstadium	optimal: Fädchen- bis Keimblattstadium
optimale Größe der Kulturpflanzen	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)
Boden	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)
Neuheiten/Vorteile	neu: hydraulische Verstellung des Anstellwinkels
Wirksamkeit und Kulturschäden	Wirksamkeit selten >70%, Verluste 5-10%; optimales Striegeln an der Grenze zur Kulturverträglichkeit (Pflanzenverluste! Evtl. im Vorfeld Pflanzenzahl um 2-5% erhöhen zur Kompensation)
Einschränkungen und Nachteile	keine anhaltende Wirkung; schlechte Wirkung gegen Gräser und Wurzelunkräuter

	Präzisionszinkenstriegel - flächige Unkrautregulierung
Gerätebeschreibung	Striegel mit patentierter Zinkenaufhängung
Arbeitsweise	flachwurzelnde Unkräuter werden aus dem Boden gerissen und vertrocknen; Wachstumshemmung von tiefwurzelndem Unkraut durch Verschütten
Hersteller	Treffler
Preis	ca. 2.000 € pro m Arbeitsbreite
Arbeitstiefe, -geschwindigkeit	1-3 cm (exakte Tiefenführung); 3-12 km/h
Einstellungen	über Vorspannung der Zugfeder einstellbar, extrem großer Verstellbereich des Zinkendrucks
Einsatzbereich	hohe und niedrige Kulturen, z.B. Getreide, Mais, Kartoffeln, Grünland, Gemüse etc., auch auf Dämmen
optimales Unkrautstadium	optimal: Fädchen- bis Keimblattstadium
optimale Größe der Kulturpflanzen	Einsatz schon früher möglich als mit herkömmlichem Striegel
Boden	effektiver Ausgleich von Bodenunebenheiten
Neuheiten/Vorteile	sehr gute Boden Anpassung (auch Dämme!), geringes seitliches Ausweichen, Zinkendruck zentral und stufenlos einstellbar bei weitem Verstellbereich
Wirksamkeit und Kulturschäden	bei richtiger Einstellung sehr gute Wirksamkeit bei geringen Kulturschäden
Einschränkungen und Nachteile	erhöhter technischer Aufwand
weitere Striegel:	
Rotorstriegel	ähnlich Heuschwader, ursprünglich für Baumschulbereich, z.B. Hatzenbichler (A), Egedal (Dk): auch bei stark verkrusteten Böden
Querstriegel	ähnlich Bandrechen, ursprünglich für Baumschulbereich, z.B. Egedal (Dk)
Reihenstriegel	intensives Querstriegeln der Kulturpflanzenreihen, z.B. Christiaens (NL)

	Annaburger Unihacke - flächige Unkrautregulierung
Gerätebeschreibung	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
Arbeitsweise	v.a. Verschütten, z.T. Rausreißen; zusätzlich Bodenlockerung
Hersteller	Annaburger Nutzfahrzeug GmbH
Arbeitsgeschwindigkeit	4-12 km/h
Einstellungen	variabel über Zinkenanzahl, Rotordurchmesser, Fahrgeschwindigkeit und Anstellwinkel
Einsatzbereich	universell einsetzbar, z.B. in Baldrian, Fenchel, Kamille, Kümmel, Majoran, Thymian, Zitronenmelisse, ab Reihenweite 18 cm; störungsfrei bis zu 40 cm Strohmulchaufgabe
optimales Unkrautstadium	keine Altverunkrautung
optimale Größe der Kulturpflanzen	viele Wachstumsstadien
Boden	auch bei stark verkrusteten Böden; gute Boden Anpassung durch gefederte Teleskope
Neuheiten/Vorteile	bei ausreichender Unkrautwirkung z.T. erhebliche ökonomische Vorteile durch hohe Fahrgeschwindigkeiten v.a. bei größeren Arbeitsbreiten; kein Verstopfen durch Mulchmaterial
Wirksamkeit und Kulturschäden	gute Wirksamkeit, intensiver als Flächenstriegel
Einschränkungen und Nachteile	Pflanzenschäden bei Kulturen wie Majoran (kleinwüchsig, flachwurzelnd, in enger Bestockung)

	Rotor-/Sternhacke, System Yetter - flächige Unkrautregulierung
Gerätebeschreibung	gezogen-abrollende Rollhacke (bodenangetrieben) mit versetzt hintereinander angeordneten Hacksternen aus Metall (mit löffelartigen Spitzen) und flexibler Federung; rotierende Sternräder arbeiten in Fahrtrichtung; Heckanbau
Arbeitsweise	ganzfächiges 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)
Hersteller	Yetter (USA), Carré (F), Einböck (A)
Preis	ca. 10.500 € netto/5,6 m
Kombination mit anderen Werkzeugen	gute Ergänzung zum Zinkenstriegel
Arbeitstiefe, -geschwindigkeit	max. 1,5 cm, ca. 15 km/h (langsam: auch zur Bodenbearbeitung)
Einstellungen	variabel über Zinkenanzahl, Rotordurchmesser, Fahrgeschwindigkeit, Anstellwinkel
Einsatzbereich	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
optimales Unkrautstadium	Fädchen- bis Keimblattstadium
optimale Größe der Kulturpflanzen	viele Kulturstadien (bis Durchfahrt zu große Schäden anrichtet)
Boden	sehr früher Einsatz nach Niederschlägen möglich; steinige Böden: Steine klemmen zwischen Sternen fest oder zerstören Kulturpflanzen
Neuheiten/Vorteile	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
Wirksamkeit und Kulturschäden	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
Einschränkungen und Nachteile	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
Gerätebeschreibung	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
Arbeitsweise	Erwärmung der Pflanzenzellen => Gerinnung der Proteine in den Zellen der Unkräuter/Platzen der Zellwände
Hersteller	z.B. Reinert (Vertrieb über K.U.L.T.), Hoaf (NL), EnvoDan (Dk), Carré (F)
Preis	ca. 20.000 € pro 3 m Arbeitsbreite; Gaskosten bei Neugerät ca. 85 €/ha, bei Altgeräten deutlich mehr
Arbeitsgeschwindigkeit	1-6 km/h (variiert stark mit Unkrautdicke und Artenzusammensetzung); offene Flamme: schnellere Wirkung => höhere Geschwindigkeiten; Infrarot: langsamer
Einstellungen	variabel durch Wahl des Gasdrucks und der Vorfahrgeschwindigkeit sowie Höhe und Winkel des Brenners
Einsatzbereich	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!
optimales Unkrautstadium	Keimblatt- bis Zweiblattstadium, Samenunkräuter bis Vierblattstadium; evtl. bei Trockenheit leicht bewässern, um Keimung der Unkräuter anzuregen
optimale Größe der Kulturpflanzen	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
Boden	hohe Anforderungen an Saat-/Pflanzbett (feines Saatbett => kein Hitzeschatten)
Wirksamkeit und Kulturschäden	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)
Einschränkungen und Nachteile	geringe Selektivität, hoher Energieverbrauch (50-100 kg Gas/ha) und CO ₂ -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
Gerätebeschreibung	Kombination mechanischer und thermischer Unkrautregulierung: 2 gegenläufig drehende Rotoren und Gasbrenner (2.000 kW) dahinter; Arbeitsbreiten 150/180 cm
Arbeitsweise	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
Hersteller	Hoaf (NL)/Struik (NL)
Arbeitstiefe, -geschwindigkeit	elektronische Regelung auf exakt 4-5 cm Tiefe; ca. 300-600 m/h; je schwerer und feuchter der Boden, desto langsamer muss gefahren werden
Einstellungen	stufenlose Regelung der Gasmenge
Einsatzbereich	Säukulturen mit hohen Ansprüchen an die Unkrautregulierung und hoher Wertschöpfung
Boden	relativ empfindlich auf Steinbesatz; passt sich auf Kufen an den Boden an
Neuheiten/Vorteile	hinterlässt feinkrümeliges, unkraut- und nematodenfreies Beet in 1 Überfahrt
Wirksamkeit und Kulturschäden	sehr gute Unkrautwirkung bei entsprechenden Fahrgeschwindigkeiten
Einschränkungen und Nachteile	unbefriedigend bei auch in tieferen Bodenschichten keimenden Unkräutern (z.B. Amaranth)

	Scharhacke - Unkrautregulierung zwischen den Reihen
Gerätebeschreibung	Hackelement (Gänsefußschar, Winkelmesser etc.); spezielle Dammhackgeräte mit Führungsrollen entlang dem Damm erhältlich (z.B. Rumpstad-Dammform- und Hackgerät)
Arbeitsweise	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
Hersteller	diverse
Preis	vergleichsweise günstig
Kombination mit anderen Werkzeugen	Fingerhacke, Torsionshacke, Häufler (Schar-/Scheibenhäufler), Krümmler
Arbeitstiefe, -geschwindigkeit	optimal: ca. 2-3 cm; 3-5 km/h
Einstellungen	Messer müssen scharf sein (regelmäßig schärfen!); leichte Böden: weniger Druck über Parallelogramm ausüben; Federspannung muss Bodenstruktur angepasst werden
Einsatzbereich	alle Reihenkulturen (Reihenabstand 15-75 cm)
optimales Unkrautstadium	gute Wirkung auch gegen größere, fest verwurzelte Unkräuter und Gräser
optimale Größe der Kulturpflanzen	mit Hohlscheiben ab Keimblattstadium, ansonsten bis Durchfahrt Schäden an Kultur anrichtet
Boden	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)
Neuheiten/Vorteile	auch bei Wurzelunkräutern und verschlammten/verfestigten Böden; Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit und präziseres Arbeiten mit optoelektronischer Steuerung möglich
Wirksamkeit und Kulturschäden	bei zu schnellem Fahren v.a. bei gesäten Kulturen: Kulturschäden durch Anhäufeln
Einschränkungen und Nachteile	Krümnelung 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
Bemerkung	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
Vorteile	gute/großflächige Mischung des Bodens, exakter Schnitt
Nachteile	bei schweren/harten/trockenen Böden: Verdichtungen, Verschmierungen
	Winkelmesser
Bemerkung	kein Häufeleffekt
Vorteile	es kann relativ eng an Kulturpflanzen heran gearbeitet werden
Nachteile	Boden wird nicht so gut gekrümelt wie bei Gänsefußscharen => Risiko des Wiederanwachsens der Unkräuter

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

	Bügelhacke - Unkrautregulierung zwischen den Reihen
Gerätebeschreibung	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.
Arbeitsweise	Unterschneiden und Verschütten der Unkräuter
Hersteller	K.U.L.T.
Preis	vergleichsweise günstig
Arbeitstiefe, -geschwindigkeit	Tiefe je nach Unkrautgröße 1-4 cm (Anpassung über Druckkraft und Fahrgeschwindigkeit), 3-12 km/h
Einstellungen	Variation durch Kraft, mit der Körbe auf den Boden gedrückt werden und durch Fahrgeschwindigkeit
Einsatzbereich	alle Reihenkulturen ab 20 cm Reihenabstand
optimales Unkrautstadium	kleine bis mittlere Samenunkräuter
optimale Größe der Kulturpflanzen	sehr frühes Hacken auch von Säukulturen möglich
Boden	leichte bis mittlere Böden (Druckkraft und Fahrgeschwindigkeit je nach Boden anpassen); schwere verkrustete Böden problematisch
Neuheiten/Vorteile	kein Seitendruck durch Werkzeugform => kein Reihenschutz nötig
Wirksamkeit und Kulturschäden	gut gegen kleine bis mittlere Samenunkräuter auf leichten bis mittleren Böden
Einschränkungen und Nachteile	nicht bei Dammanbau; mittlere und große Samenunkräuter und tief wurzelnde Wurzelunkräuter werden unzureichend bekämpft

	Reihenhackbürste - Unkrautregulierung zwischen den Reihen
Gerätebeschreibung	querliegende zapfwellenangetriebene Bürste mit rotierenden flexiblen Borsten und verschieden großen Pflanzenschutztunnels
Arbeitsweise	reißt Unkräuter aus und legt sie ab, in größeren Kulturen leichtes Anhäufeln möglich
Hersteller	z.B. FOBRO-Reihenhackbürste, Baertschi (CH)
Preis	vierreihig ca. 15.000 €
Kombination mit anderen Werkzeugen	in verhärteten Böden vorlaufendes Lockerungsschar anbringen
Arbeitsgeschwindigkeit	2-3 km/h
Einstellungen	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 Verschlämmungsrisiko nehmen zu
Einsatzbereich	alle Reihenkulturen, v.a. aufrecht wachsende Kulturen wie Zwiebel, Lauch; nicht möglich bei breit ausladenden Kulturen
optimales Unkrautstadium	bis zum Vierblattstadium
optimale Grösse der Kulturpflanzen	mit Schutztunnel ab Keimblattstadium; auch noch in späteren Stadien
Boden	nicht zu hart oder verkrustet mit geringem Stein- und Schollenanteil; zu feucht => Borsten verkleben, Wirkung stark eingeschränkt
Neuheiten/Vorteile	Arbeiten nah an der Reihe möglich, ohne Kulturpflanzen oder deren Wurzeln zu stören; Krümeleffekt auch bei ungünstigen Bodenverhältnissen
Wirksamkeit und Kulturschäden	gute Wirkung gegen kleine Samenunkräuter bei lockerem Boden
Einschränkungen und Nachteile	Verschlämmungsgefahr 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
Gerätebeschreibung	nebeneinander angeordnete Fräselemente, die mit gekröpften Fräsmessern ausgestattet sind; zapfwellengetrieben
Arbeitsweise	Fräsmesser schneiden ab, reißen aus, verschütten
Hersteller	diverse, z.B. Ruthenberg, Badalini (I)
Preis	vierreihig ca. 15.000 €
Arbeitstiefe, -geschwindigkeit	Tiefe abhängig von Unkrautgröße; 4-5 km/h
Einstellungen	Intensität variabel durch Drehzahl der Zapfwelle und Fahrgeschwindigkeit
Einsatzbereich	v.a. Reihenkulturen mit längerer Wachstumszeit
optimales Unkrautstadium	auch noch größeres Unkraut
optimale Größe der Kulturpflanzen	auch noch in späteren Stadien
Boden	auch für sehr harte, trockene oder steinige Böden
Neuheiten/Vorteile	als Notmaßnahme nach langen Regenperioden: nur so tief und intensiv wie nötig!
Wirksamkeit und Kulturschäden	allgemein gute Wirkung, aber tief wurzelnde Wurzelunkräuter werden nicht ausreichend bekämpft
Einschränkungen und Nachteile	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 => Verschlämmung, Erosion; Wurzelunkräuter können vermehrt werden

	Trennhacke - Unkrautregulierung zwischen den Reihen
Gerätebeschreibung	Kombination aus Hackschar und Drehstriegel (gezogen und angetrieben)
Arbeitsweise	Gänsefußschare unterschneiden Unkräuter und werfen Erde auf, rotierende Federzinken legen Unkräuter von Erde befreit ab; nur leichter Häufeleffekt
Hersteller	K.U.L.T.
Arbeitstiefe, -geschwindigkeit	ca. 3 cm, ca. 4-5 km/h
Einstellungen	Rotor-Drehzahl variabel
Einsatzbereich	alle Reihenkulturen
optimales Unkrautstadium	auch noch relativ großes Unkraut (bis ca. Achtblattstadium)
optimale Größe der Kulturpflanzen	mit Schutztunnel ab Keimblattstadium, bei aufrecht wachsenden Kulturen auch noch in späteren Stadien
Boden	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)
Neuheiten/Vorteile	durch Enterdung der Wurzeln auch bei größeren Unkräutern geeignet; relativ gute Boden Anpassung (Parallelogramm); relativ tolerant gegenüber Steinen und Schollen (mit Hohlscheiben); bodenstrukturschonend; Ausweitung der witterungsbedingten Einsatzgrenzen durch zweistufige Arbeitsweise
Wirksamkeit und Kulturschäden	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
Einschränkungen und Nachteile	zu dichter hoher Bestand in der Kulturreihe => Verstopfung der Schutztunnel möglich => Beschädigung der Kultur; nicht geeignet bei Dammanbau; unzureichend gegen tief wurzelnde Unkräuter

	Fingerhacke - Unkrautregulierung in der Reihe
Gerätebeschreibung	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-, Zwischenachs-anbau
Arbeitsweise	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
Hersteller	z.B. K.U.L.T., Hatzenbichler (A), Schmotzer
Preis	ca. 500-1.000 € pro Reihe inkl. Halterung
Kombination mit anderen Werkzeugen	sehr gute Wirkung in Kombination mit flachen Hackmessern zwischen den Reihen; in Kombination mit Torsionhacke/Striegel: sehr gute Wirkung auch gegen größere Unkräuter
Arbeitstiefe, -geschwindigkeit	2-4 cm; 3-6 km/h
Einstellungen	optimales Einstellen relativ schwierig; Finger auseinander/in Kontakt/überlappend je nach Kultur und Kulturstadium/Verwurzelung
Einsatzbereich	auch Kulturen mit rosettenartigem Wuchs; Salat, Kohl, Möhren, Zwiebeln, Porree, Rote Bete, Sellerie, Buschbohnen, Zuckermais
optimales Unkrautstadium	Keimblatt- bis Vierblattstadium
optimale Größe der Kulturpflanzen	Kulturpflanzen müssen gut verwurzelt sein (ca. ab Vierblattstadium); langes Zeitfenster durch seitlichen Eingriff
Boden	auf verkrusteten Böden sinkender Bekämpfungserfolg bei weichen Kunststoffausführungen; Boden sollte leicht abgetrocknet sein, da sonst die Finger verkleben können; nachteilig: steinig, schollig
Neuheiten/Vorteile	oberirdische Pflanzenteile werden kaum getroffen; einfache Technik (Bodenantrieb)
Wirksamkeit und Kulturschäden	größere Steine können sich zwischen den Fingern verklemmen und Schäden an der Kultur verursachen
Einschränkungen und Nachteile	relativ hoher Werkzeugverschleiß, v.a. auf steinigem oder verfestigten Böden

	Torsionshacke - Unkrautregulierung in der Reihe
Gerätebeschreibung	Hackelement mit 2 flexiblen Federstahlzinken/Reihe, Anbau über Zusatzverbindung an gängige Hackrahmen; immer in Kombination mit Scharhacke
Arbeitsweise	Bodenlockerung, Entwurzeln/Verschütten von Unkräutern bis nah an die Pflanzreihe durch vibrierende und schleifende Bewegungen
Hersteller	Frato Machine Import, Niederlande (Vertreiber); K.U.L.T.
Preis	ca. 150 € pro Reihe inkl. Halterung
Kombination mit anderen Werkzeugen	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
Arbeitstiefe, -geschwindigkeit	2 cm; ca. 3-6 km/h
Einstellungen	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
Einsatzbereich	Salat, Kohl, Möhren, Zwiebel, Porree, Rote Bete, Sellerie, Buschbohnen, Zuckermais, Kräuter (gesät und gepflanzt); gepflanzte Kulturen empfindlicher als gesäte (so tief wie möglich pflanzen)
optimales Unkrautstadium	bis Zweiblattstadium
optimale Größe der Kulturpflanzen	gut verwurzelte Kulturen weichen aus; bis Reihenschluss
Boden	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
Neuheiten/Vorteile	gute Ergebnisse auch bei relativ großer Unkrautmenge; einfach; günstig
Wirksamkeit und Kulturschäden	optimale Wirkung bis Zweiblattstadium, bei lockerem Boden auch noch gut im Vier- bis Sechsbblattstadium; gute Kulturschonung; ungenügende Wirkung bei harten/schweren Böden
Einschränkungen und Nachteile	auf verkrustetem Boden nicht mehr effektiv

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

Kameragestützte Unkrautregulierung in der Reihe

	Robocrop inrow	Remoweed	Robovator	IC Cultivator
Gerätebeschreibung	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 Garzinken, Torsionshacke, Fingerhacke etc.
Arbeitsweise	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
Hersteller	Garford (GB)	Ferrari Costruzioni Meccaniche (I)	Poulsen (Dk)/K.U.L.T.	Steketee (NL), Vertrieb über Ruthenberg
Preis	vierreihig ca. 80.000 € netto	vierreihig ca. 60.000 € netto	vierreihig ca. 80.000 € netto	vierreihig ca. 70.000 € netto
Arbeitstiefe, -geschwindigkeit	1-2 cm, bis 5 km/h	12.000 Pflanzen/Stunde/Reihe	bis 4 km/h	bis 5 km/h
Einsatzbereich	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
Einschränkungen und Nachteile allgemein	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		Akrobat-Hacke	Oktopus-Kombihacke	Rotosark	Duo-Parallelogramm
Gerätebeschreibung	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	
Arbeitsweise	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	
Hersteller	Steketee, NL (Vertreiber)	Vanhoucke, B	Oliver die Signorini Luciano Oliver (I)	K.U.L.T.	
Einsatzbereich	Porree, Sellerie, Zuckermais	Porree, Sellerie, Zuckermais	Gemüsekulturen, Mais, Soja, Zuckerrüben etc.	diverse Kulturen mit einem Mindestreihenabstand von 25 cm; Dämme und Flachfeld	
Wirksamkeit und Kulturschäden	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)	

	Optitronic-Kamerasteuerung (3D)	Lenkautomat mit Real Time Kinematic (RTK)
Gerätebeschreibung	3D-Kamera (auch 2D-Kamera)	differentielles Verfahren zur präzisen Bestimmung von Positionskordinaten mit Methoden der Satellitennavigation
Arbeitsweise	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 Navigationssatellitensystems, 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. z. B. John Deere, Topcon/Fendt, Trimble/New Holland etc.
Hersteller	Kameratechnik samt Soft- und Hardware von Claas; eingesetzt z. B. in Schmotzer-Hacken	
Preis	inkl. Verschleißrahmen 14.000-25.000 € netto/6 m Arbeitsbreite	RTK-Referenzstation stationär 13.000 € netto
Arbeitsgeschwindigkeit	bis 12 km/h	
Einsatzbereich	bei jeder "grünen" Pflanzenart und einem Mindestreihenabstand von 25 cm und >10 cm in der Reihe (mind. 10 cm Erde erkennbar)	
optimale Größe der Kulturpflanzen	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 Vorauslauf)
Neuheiten/Vorteile	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
Wirksamkeit und Kulturschäden	gute Erkennung von Pflanzen mit kräftigen Blättern	keine Kulturschäden bei GPS-Steuerung des Schleppers und des Anbaugeräts
Einschränkungen und Nachteile	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	