

Berichte
aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Reports

from the Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry

Heft 72

2000

**Pflanzenschutz im ökologischen Landbau
– Probleme und Lösungsansätze –
Drittes Fachgespräch am 2. November 1999 in Kleinmachnow
Unkrautregulierung im ökologischen Landbau**

Plant protection in organic farming
- problems and how to tackle them

3rd workshop
held in Kleinmachnow on 2 November 1999

bearbeitet von
compiled by

Bernhard Pallutt

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry

Herausgeber

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
Braunschweig, Deutschland



BBA

Verlag

Eigenverlag

Vertrieb

Saphir Verlag, Gutsstraße 15, D-38551 Ribbesbüttel

Telefon +49/(0) 53 74-65 76

Telefax +49/(0) 53 74-65 77

ISSN 0947-8809

Kontaktadresse

Dr. Bernhard Pallott

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Außenstelle Kleinmachnow

Institut für integrierten Pflanzenschutz

Stahnsdorfer Damm 81

D-14532 Kleinmachnow

Telefon +49(0) 3 32 03 / 48-0

Telefax +49(0) 3 32 03 / 4 84 25

Internet <http://www.bba.de>

© Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersendung, des Nachdrucks, des Vortrages, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

Inhaltsverzeichnis	Seite
Begrüßung (Prof. Dr. F. Klingauf).....	4
Wie weit ist die heutige intensive Landwirtschaft ökologisch vertretbar?	
Überlegungen zur modernen Unkrautbekämpfung (Prof. Dr. K. Hurle).....	5
Probleme der Unkrautbekämpfung im ökologischen Landbau aus der Sicht der Praxis (Dr. R. Marold)	10
Probleme der Unkrautbekämpfung im ökologischen Gartenbau aus der Sicht der Praxis (J. Plagge)	14
Unkrautbekämpfung im ökologischen Landbau in der Schweiz (Dr. U. Niggli und H. Dierauer).....	17
Sortenwahl - Ein Element zur Unkrautunterdrückung (Dr. P. Niemann).....	27
Unkrautunterdrückung und -bekämpfung durch Fruchtfolgegestaltung, Bodenbearbeitung, Aussaatzeit, Saatmenge und Stickstoffversorgung (Dr. B. Pallutt)	35
Alternative Verfahren zur Unkrautbekämpfung (Dr. Barbara Jüttersonke)	47
Konzept der Unkrautregulierung im ökologischen Landbau (Prof. Dr. U. Köpke)	57
Abschlussdiskussion über Defizite und Lösungsmöglichkeiten.....	71

Begrüßung

Prof. Dr. Fred Klingauf

Präsident und Professor der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig

Unter dem Motto „Pflanzenschutz im ökologischen Landbau – Probleme und Lösungsansätze“ finden in der BBA Fachgespräche zu ausgewählten Problemen statt, die Vertreter aus der Praxis, aus der Forschung und aus Behörden an einen Tisch führen.

Die bisherigen Fachgespräche waren den Pflanzenkrankheiten und Schädlingen gewidmet, deren Bekämpfung im ökologischen Landbau aufgrund des freiwilligen Verzichts auf chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel mit traditionell im Ökolandbau eingesetzten Mitteln, wie beispielsweise mit Kupfer (Thema des zweiten Fachgespräches) erfolgt. Besonders gefragt sind auch die Pflanzenstärkungsmittel, denen das erste Fachgespräch gewidmet war sowie alternative Lösungen. So wurde im ersten Fachgespräch über die Perspektiven der nichtchemischen Saatgutbehandlung am Beispiel der Elektronenbehandlung diskutiert.

Mit dem heutigen, nunmehr dritten Fachgespräch wurde wiederum ein besonderes Problemfeld aufgegriffen. Ackerkratzdistel, Quecke und andere mehrjährige Unkräuter und Ungräser bereiten den Landwirten Sorgen und müssen durch nichtchemische Maßnahmen an ihrer Ausbreitung gehindert werden. Gelingt ihre Regulierung durch diese Maßnahmen nicht, hilft oft nur noch die körperlich schwere Handhacke.

Das heutige Fachgespräch soll dazu dienen, die Probleme bei der Regulierung von Unkräutern bzw. Beikräutern auszuloten, das verfügbare Wissen darüber auszutauschen und alternative Lösungen, wie beispielsweise thermische Verfahren, zu diskutieren. Ich begrüße hierzu herzlich die Referenten und hier wiederum unseren Gast aus der Schweiz. Ich wünsche der Veranstaltung einen erfolgreichen Verlauf.

Wie weit ist die heutige intensive Landwirtschaft ökologisch vertretbar?

Überlegungen zur modernen Unkrautbekämpfung

Prof. Dr. Karl Hurlle

Universität Hohenheim, Fachgebiet Herbologie, D-70593 Stuttgart, Germany, khurle@uni-hohenheim.de

Zusammenfassung

Landwirtschaft wird als Eingriff in die Natur angesehen, der zu artenarmen und instabilen Ökosystemen führt. Unkräuter spielen darin eine zentrale ökologische Rolle, weil sie mit vielen anderen Organismen vergesellschaftet sind. Die Entwicklung der Unkrautbekämpfung führte von wenig effizienten zu hoch wirksamen Verfahren. Das hatte, neben anderen Ursachen, einen Rückgang an Unkrautarten und einen Verlust an Biodiversität in der Agrarlandschaft zur Folge. Durch moderne Bekämpfungsverfahren ist es möglich, eine geringe Restverunkrautung zu tolerieren. Damit ist aber nicht der Erhalt einer vielseitigen Unkrautflora gegeben, was nach derzeitigem Kenntnisstand für eine nachhaltige Landwirtschaft auch nicht notwendig ist. Der Beitrag der Landwirtschaft zur Erhaltung der Biodiversität wird darin gesehen, dass sie durch intensive Bewirtschaftung den für die Produktion notwendigen Flächenanteil gering hält und damit den Habitatverlust für Arten außerhalb der Produktionsflächen wirksam verhindert.

Einleitung

Intensive Landwirtschaft bedeutet hohe Erträge, die mit großer Zuverlässigkeit erzeugt werden. Sie ist charakterisiert durch den Einsatz moderner Sorten und Techniken sowie synthetischer Dünge- und Pflanzenschutzmittel. Intensive Landwirtschaft wird bezichtigt, dass sie sich ökologisch negativ auswirkt. Als Gegensatz wird der ökologische Landbau angeführt, der keine synthetischen Mittel verwendet, aber auch niedrigere und oft weniger stabile Erträge erwirtschaftet. Es wird angenommen, dass er ökologisch verträglicher sei. Darüber hat sich eine internationale Diskussion entfacht, mit der Frage, ob intensive Landwirtschaft und Ökologie miteinander vereinbar sind.

In diesem Zusammenhang ist es nützlich sich zu fragen, wie Landwirtschaft (hier Ackerbau) im Hinblick auf ihre Naturverträglichkeit einzuschätzen ist. Um Landwirtschaft betreiben zu können, ist zunächst ein tiefgreifender Eingriff in das vorliegende Ökosystem nötig, um das Ziel, die Produktion von Kulturpflanzen, bewerkstelligen zu können. Meist artenreiche, stabile Ökosysteme werden in artenarme, im „Idealfall“ in Systeme mit nur einer einzigen Art, der Kulturpflanze, umgewandelt. Die dadurch entstehenden künstlichen Ökosysteme sind sehr labil. Sie sind im Sinne der Landwirtschaft nur dann zuverlässig produktiv, wenn die notwendigen Voraussetzungen für die Etablierung von Kulturpflanzen durch Bodenbearbeitung geschaffen werden, durch Düngung das Wachstum gefördert und schließlich durch Maßnahmen des Pflanzenschutzes der Kulturpflanzenbestand vor den Einwirkungen von unerwünschten Organismen geschützt wird.

Landwirtschaft so gesehen ist also eine Manipulation der Natur. Gleichzeitig ist sie aber auf sie angewiesen. Die alles entscheidende Frage ist, wie weit darf Landwirtschaft die Natur manipulieren ohne sie langfristig zu überfordern. Oder einfacher: Wie viel Natur braucht Landwirtschaft?

Im Folgenden soll in diesem Zusammenhang die Rolle des Pflanzenschutzes am Beispiel der Unkrautbekämpfung etwas näher betrachtet werden. Ohne die Bekämpfung von Unkräutern, Krankheitserregern und Schädlingen müssen Ertragsminderungen in der Größenordnung von 50-80 % hingenommen werden. Der allein durch Unkraut verursachte Ertragsverlust beträgt je nach Kultur etwa 20-40 %.

Tabelle 1: Ertragsverluste (%) durch Schadorganismen, wenn keine Pflanzenschutzmaßnahmen durchgeführt werden (verändert nach OERKE et al., 1994)

Kultur	Unkräuter	Schädlinge	Krankheitserreger
Weizen	23,9	11,3	16,7
Gerste	20,9	11,0	15,2
Mais	28,8	19,1	11,7
Reis	33,8	28,8	19,8
Baumwolle	36,3	37,0	10,2
Sojabohne	35,3	12,7	10,5

Unkräuter nehmen in der Agrobiozönose eine besondere Rolle ein, die den Umgang mit ihnen erschwert: Unkräuter schädigen nicht nur durch Konkurrenz um Wachstumsfaktoren die Kulturpflanze, sondern sind auch Wirtspflanzen von Krankheitserregern und Schädlingen und können darüber hinaus Erntearbeiten erheblich erschweren. Sie haben aber auch positive Wirkungen. So tragen sie unter anderem dazu bei, dass der Monokulturcharakter eines Kulturpflanzenbestandes durch die größere Artenvielfalt abgeschwächt wird, sie reduzieren Wasser- und Winderosion und die Verlagerung von Nährstoffen im Boden. Verschiedene Unkräuter sind Wirtspflanzen von solchen Insekten, die verschiedene Schädlinge kontrollieren (WEISS und STETTMER, 1991). Einige Schädlinge befallen sogar bevorzugt die Unkräuter, wodurch die Kulturpflanze entlastet wird (HÄNI et al., 1990). Hier fungieren Unkräuter quasi als Blitzableiter für die Kulturpflanze. Außerdem tragen Unkräuter direkt und indirekt durch die mit ihnen vergesellschafteten anderen Organismen zur Biodiversität in der Agrarlandschaft bei. Wie aber sollen wir mit dem Unkraut umgehen, wenn es einerseits schädigt und andererseits nützlich ist?

Konzepte in der Unkrautbekämpfung

Das ursprüngliche Konzept der Unkrautbekämpfung war die Bekämpfung um jeden Preis. Es hatte zum Ziel, die Verunkrautung so gering wie nur möglich zu halten, um Ertragsverluste zu minimieren und, ganz entscheidend, eine Zunahme der Verunkrautung in den Folgejahren zu vermeiden. Dieses Konzept wurde bei uns noch weit bis in dieses Jahrhundert hinein praktiziert, zu einer Zeit also, in der noch keine effizienten Bekämpfungsverfahren zur Verfügung standen. Damals musste noch ein großer Teil der Arbeitszeit für die Unkrautbekämpfung aufgebracht werden. Noch heute ist diese Situation in verschiedenen Teilen der Welt anzutreffen und dort ist die Unkrautbekämpfung meist der begrenzende Faktor für die Größe der von einer Familie bewirtschaftbaren Fläche. Der große Aufwand an menschlicher Arbeitskraft für die Unkrautbekämpfung ist meist auch mit erheblichen sozioökonomischen Auswirkungen verbunden.

Heute hat sich bei uns die Situation längst geändert und seit etwa 20 Jahren orientiert sich die Unkrautbekämpfung an dem Konzept der ökonomischen Schadensschwellen. Dieses Konzept konnte erst eingeführt werden, als Verfahren zur Verfügung standen, mit denen die Unkrautbekämpfung ohne größeren Arbeitsaufwand zuverlässig und zu relativ geringen Kosten durchgeführt werden konnte. Dies wurde erst durch die Entwicklung der chemischen Verfahren möglich. Die ökonomischen Schadensschwellen basieren auf der einfachen Überlegung, dass eine Bekämpfung nur dann lohnt, wenn die Kosten der Bekämpfung nicht höher sind als der monetäre Gegenwert des Ertragsverlustes der entsteht, wenn nicht bekämpft wird. Für eine Reihe von Kulturen stehen heute Schwellenwerte zur Verfügung und dienen dem Landwirt zur Entscheidungsfindung bei der Bekämpfung.

Die Einführung von ökonomischen Schadensschwellen war zweifellos ein Meilenstein in der Entwicklung rationaler Konzepte in der Unkrautbekämpfung. Dadurch, dass mit den ökonomi-

schen Schadensschwellen keine absolute Unkrautfreiheit angestrebt wird, leisten sie auch einen Beitrag zur Erhöhung der Biodiversität im Kulturpflanzenbestand.

Eine konsequente Erweiterung des Konzepts der ökonomischen Schadensschwellen wäre schließlich die zusätzliche Berücksichtigung des ökologischen Nutzens von Unkräutern und damit die Entwicklung eines Konzepts der ökologisch-ökonomischen Schadensschwellen. Dieses Konzept ist wesentlich komplizierter als das der ökonomischen Schadensschwellen alleine. Denn zusätzlich zur Frage: „Wie viel Unkraut können wir tolerieren?“, kommt nun die weitere Frage „Wie viel Unkraut brauchen wir?“

Das Konzept muss auch vor dem Hintergrund gesehen werden, dass (in Westeuropa) in den letzten 40 bis 50 Jahren in der Ackerunkrautflora ein Artenschwund in der Größenordnung von 20-40 % zu verzeichnen ist, und die Samenbank im Boden von früher 30.000 auf 5.000 bis 1.000 lebensfähige Unkrautsamen/m² oder noch weniger zurückgegangen ist (HURLE, 1988). Dieser Rückgang hat verschiedene Ursachen, wie veränderte Fruchtfolgen, höhere Stickstoffdüngung, dichtere Kulturpflanzenbestände, andere Bodenbearbeitungsverfahren und so weiter. Eine entscheidende Rolle spielt aber in zunehmendem Maße auch der hohe Wirkungsgrad der chemischen Unkrautbekämpfung. Es ist abzusehen, dass die Entwicklung zu noch weniger Unkraut anhalten und damit die Biodiversität in der Landwirtschaft weiter zurückgehen wird. Ökologen sehen in dieser Entwicklung einen negativen Trend. Sie gehen davon aus, dass je artenreicher ein Ökosystem ist, desto stabiler ist es auch und umgekehrt.

Die Berücksichtigung ökologischer Zusammenhänge bei der Unkrautbekämpfung mag theoretisch richtig sein, die praktische Umsetzung ist jedoch schwierig. Noch gelingt es nicht, Unkräuter in einem Bestand so zu regulieren, dass einerseits der Schwellenwert unterschritten und andererseits die Dichte und Verteilung von „guten“ Unkrautarten so gesteuert werden kann, dass ihr Nutzen den Schaden überwiegt.

Unkrautbekämpfung nach Schadensschwellen kann, zumindest auf großen Flächen, derzeit nur mit Herbiziden durchgeführt werden, weil nur mit dieser Technologie große Flächen zum richtigen Zeitpunkt behandelt werden können.

Der Einsatz von Herbiziden nimmt weltweit zu, weil mit ihnen teure und häufig nicht mehr in ausreichendem Maße verfügbare Arbeitskräfte substituiert werden können. Der Einsatz von Herbiziden führt jedoch, wie der Einsatz aller anderen Chemikalien in der Landwirtschaft, zwangsläufig zu Kontaminationen der Umwelt. Die Konzentrationen, die zum Beispiel im Wasser (Regen-, Oberflächen- und Grundwasser) gefunden werden, sind zwar in der Regel sehr gering (ng/l bis µg/l) und nach derzeitigem Wissensstand toxikologisch und ökotoxikologisch nicht relevant. Rückstände von Pflanzenschutzmitteln in der Umwelt sind aber grundsätzlich unerwünscht und die Landwirtschaft hat dafür Sorge zu tragen, dass die Konzentrationen nicht über den von der Gesellschaft festgelegten Grenzwerten liegen (z. B. für Trinkwasser: 0,1 µg Wirkstoff/l).

Eine Möglichkeit den Einsatz von Herbiziden auf das Notwendigste zu reduzieren und damit auch die Kontamination der Umwelt zu minimieren, ist ihre Anwendung unter Berücksichtigung der in aller Regel ungleichen Verteilung der Verunkrautung in einem Feld. Zur Zeit bieten sich hierfür zwei Möglichkeiten an: die teilflächenspezifische Bekämpfung mit Hilfe satellitengestützter globaler Positionierungs- und geografischen Informationssysteme und der sensorgesteuerten Bekämpfung (online-Verfahren mit Hilfe von optischen Sensoren; HURLE und KUNISCH, 1997; CHRISTENSEN und HEISEL, 1998; GERHARDS et al., 2000). Beide Verfahren sind noch nicht praxisreif. Sie werden aber künftig einen wichtigen Beitrag leisten, um die Inhomogenität der Unkrautverteilung zu berücksichtigen. Beide Verfahren sind in hervorragender Weise dazu geeignet, *precision agriculture* im Bereich der Unkrautbekämpfung umzusetzen und damit Unkrautbekämpfung umweltgerechter und ressourcenschonender als bisher durchzuführen.

Eine weitere Möglichkeit, die Unkrautbekämpfung künftig ökologisch sinnvoller zu gestalten, wird der Einsatz von herbizidresistenten Kulturen sein. Da durch sie der Herbizideinsatz wesentlich flexibler gestaltet werden kann (die Kulturpflanze wird unabhängig von ihrem Entwicklungsstadium nicht mehr geschädigt), wird es möglich sein, bei der Bekämpfung die kritische Periode (auch zeitbezogene Schadensschwelle genannt) zu berücksichtigen. Das heißt, die Unkräuter können eine gewisse Zeit im Bestand verbleiben und werden erst dann bekämpft, wenn sie beginnen die Kulturpflanze zu schädigen. Bisher ist der Bekämpfungszeitpunkt, unabhängig ob chemisch oder mechanisch bekämpft wird, weitgehend durch das Bekämpfungsverfahren bestimmt (Vor-, Nachauflauf, stadienbedingte Bekämpfbarkeit der Unkräuter bzw. stadienbedingte Verträglichkeit der Kulturpflanze), d. h. die Berücksichtigung der kritischen Periode ist bislang praktisch nicht möglich. Mit Hilfe herbizidresistenter Kulturen könnte es gelingen, die Vorteile einer zeitweiligen, nicht schädigenden(!) Verunkrautung zu nutzen. Damit kämen wir in die Nähe des Konzepts der ökonomisch-ökologischen Schadensschwellen und zu einer Unkrautbekämpfung, die sich nach den spezifischen Bedürfnissen der Kultur und nicht des Verfahrens richtet. Orientierungswerte für die kritische Periode sind bereits für Zuckerrüben (SCOTT und MOISEY, 1972; DAWSON, 1986), für Mais (KOCH und KEMMER, 1980) sowie für Sojabohnen, Reis und verschiedene Gemüsekulturen (siehe bei ZIMDAHL, 1988) erarbeitet worden.

Schlussbetrachtung

Moderne Unkrautbekämpfung verfolgt nicht das Ziel unkrautfreier Bestände, vielmehr wird eine gewisse Restverunkrautung toleriert. Das geschieht nicht aus ökologischen, sondern aus ökonomischen Gründen. Ob durch die wenigen nach einer Bekämpfung im Bestand verbleibenden Individuen Landwirtschaft ökologisch verträglicher wird, ist fraglich und wenn ja, dann wohl nur marginal. Immerhin bleiben auf diese Weise Unkrautarten erhalten. Wird das aber für alle Arten der Fall sein? Mit Sicherheit nicht! Die Unkrautflora ist einem ständigen Wandel unterworfen und ist ein Spiegelbild der praktizierten Anbausysteme. Die Reaktion der Unkrautflora darauf ist erstaunlich schnell. Künftige Anbausysteme werden also eine andere Unkrautflora aufweisen als die heutigen. Es werden Arten zurückgedrängt werden, einige werden verschwinden. Aber es werden auch neue auftreten und solche die bisher nicht auffällig waren, werden zunehmen, je nachdem wie stark sie durch das Anbausystem gefördert werden. Die meisten Ackerunkräuter sind auf den Ackerbau angewiesen. Sie sind Begleiter der Kulturpflanzen. Durch die vielfältigen Änderungen im Verlaufe der Geschichte des Ackerbaus waren sie einem sich ständig ändernden Selektionsdruck ausgesetzt. Sie haben mit ihren Artgenossen, die vor Inkulturnahme des Standorts vorhanden waren, längst nicht mehr viel gemein. Die heutigen Populationen haben sich zum Beispiel in ihrem Dormanz- und Auflaufverhalten den veränderten Bedingungen angepasst und manche widerstehen sogar Herbiziden, gegenüber denen sie noch vor ein paar Jahren hoch empfindlich waren. Zwar sind sie immer noch Wildpflanzen. Aufgrund ihrer Angepasstheit und Abhängigkeit von der Kultivierung von Kulturpflanzen können wir sie aber als Kulturfolger oder gar als „domestizierte“ Arten bezeichnen.

Trotzdem: mit zunehmender Intensivierung der Landwirtschaft gelingt uns die Bekämpfung immer besser mit der Folge, dass die heutigen Unkrautfloren artenärmer sind als die früherer Zeiten. Das ist zweifellos ein Verlust an Biodiversität auf der Ackerfläche und insgesamt. Dafür sind aber die Erträge, das primäre Ziel landwirtschaftlicher Aktivität, gestiegen. Landwirte werden keine Einwände haben, wenn weniger Unkraut auf dem Acker steht, schließlich ist es das Ziel der Bekämpfungsmaßnahmen und das seit Beginn des Ackerbaus. Ist zu befürchten, wenn es der Landwirtschaft gelänge, unkrautfreie Felder zu schaffen, dass sie weniger fruchtbar sind und die Nachhaltigkeit ihrer Produktivität nachlässt? Diese Frage lässt sich nicht eindeutig beantworten. Bisher gibt es aber keine Hinweise darauf, dass dies der Fall wäre. Es deutet also nichts darauf hin, dass für die Produktion von Kulturpflanzen Unkräuter nötig wären, wenngleich wir, wie oben beschrieben, aus einer geringen Verunkrautung mit „nützlichen“ Arten

Vorteile für das Produktionssystem sehen können. Eine gegebene Unkrautflora aus Gründen ihres Artenreichtums zu erhalten, kann aus Gründen des Naturschutzes kleinflächig durchaus sinnvoll sein, auch wenn es schwierig zu bewerkstelligen ist. Daraus aber großflächig eine Aufgabe der Landwirtschaft zu machen, würde am Ziel der Landwirtschaft vorbei führen.

Betrachtet man die Entwicklung der Landwirtschaft vor dem Hintergrund der prognostizierten Verknappung an Lebensmitteln, dann dürfte eine Wirtschaftsweise mit eher niedrigen Erträgen, aber einer etwas höheren Biodiversität, wie im ökologischen Landbau, bestenfalls regional zu rechtfertigen sein. In diesem Zusammenhang ist im Grundsatz der Forderung von AVERY (1997) zu folgen, dass eine intensive und hochproduktive Landwirtschaft geradezu die Voraussetzung für ökologische Verträglichkeit ist, weil nur so vermieden wird, dass weitere Flächen in landwirtschaftliche Nutzung überführt werden, was zu einem weit größeren Verlust an Arten durch Habitatverlust führt als es durch Intensivierung der Nutzung bisheriger, vor allem guter, landwirtschaftlicher Standorte der Fall ist. Die Landwirtschaft kann auf diese Weise indirekt einen wichtigen ökologischen Beitrag leisten. Bereits die heutigen und wohl noch mehr die sich abzeichnenden künftigen Verfahren der Unkrautbekämpfung werden dieser Forderung gerecht. Gleichwohl bleibt es eine der vordringlichsten Aufgaben agrarwissenschaftlicher Forschung auszuloten, wie weit Landwirtschaft in der Manipulation der Natur gehen darf.

Literatur

- AVERY, D.T., 1997: Saving the planet with pesticides, biotechnology and European farm reform. Brighton Crop Protection Conference - Weeds, Vol. 1, 3-18.
- CHRISTENSEN, S, HEISEL, T., 1998: Patch spraying using historical, manual and real time monitoring of weeds in cereals. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XVI, 257-263.
- DAWSON, H.J., 1986: The concept of period thresholds. Proc. EWRS Symposium, Economic Weed Control, 327-331.
- GERHARDS, R., SÖKEFELD, M., TIMMERMANN, C., KROHMANN, P., KÜHBAUCH, W., 2000: Precision Weed Control - more than just saving herbicides. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XVII, 179-186.
- HÄNI, A., AMMON, H.U., KELLER, S., 1990: Vom Nutzen der Unkräuter. Landwirtschaft Schweiz 3, 217-221.
- HURLE, K., 1988: How to handle weeds? Biological and economic aspects. Ecological Bulletins 39, 63-68.
- HURLE, K., KUNISCH, M., 1997: Sensor driven weed control - concepts and perspectives. Proceedings 10th EWRS Symposium, Poznan, 136-193.
- KOCH, W., KEMMER, A., 1980: Schadwirkung von Unkräutern gegenüber Mais in Abhängigkeit von Konkurrenzdauer und Unkrautdichte. Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent 45, 1099-1109.
- OERKE, E.-C., DEHNE, H.-W., SCHÖNBECK, F., WEBER, A., 1994: Crop production and crop protection. Elsevier, Amsterdam, 808 pp.
- SCOTT, R.K., MOISEY, F.R., 1972: The effect of weeds on the sugar beet crops. Proc. 11th British Weed Control Conference, 491-497.
- WEISS, E., STETTNER, C., 1991: Unkräuter in der Agrarlandschaft locken blütenbesuchende Nutzinsekten an. Agrarökologie 1, 104 pp.
- ZIMDAHL, R.L., 1988: The concept and application of the critical weed-free period. In: M.A. Altieri and M. Liebman (Eds.) Weed management in agroecosystems: Ecological approaches, 145-155. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.

Probleme der Unkrautbekämpfung im ökologischen Landbau aus der Sicht der Praxis

Dr. R. Marold

Öko-Landwirt, Mittelsömmern (Thüringen)

Natürliche Standortbedingungen und Betriebsstruktur

Mein im Jahre 1991 auf den ökologischen Landbau umgestellter Betrieb befindet sich im Thüringer Becken etwa 30 km nordwestlich von Erfurt und gehört dem Anbauverband Gaa Thüringen an.

Ich bewirtschafte 300 ha Ackerland und 50 ha Grünland mit einer durchschnittlichen Ackerzahl von ca. 70. Etwa zwei Drittel des Ackerlandes befinden sich auf fruchtbaren Lößböden (L61 – L63) mit Ackerzahlen von 65-85. Die Restflächen haben Muschelkalk aus Ausgangsgestein. Diese Böden sind der natürlichen Standorteinheit V3 zugeordnet, d. h. es sind schwere Muschelkalkverwitterungsböden. Sie bestehen vorwiegend aus Lehm bzw. Lehm-Ton mit Ackerzahlen von 30-45.

Die Lößböden reichen von milden und tiefgründigen schwarzerdeähnlichen Böden bis zu tiefgründigen braunen Lößböden.

Die Höhenlänge der Ackerflächen schwankt zwischen 270-340 m über NN, woraus sich die bereits etwas geringere Jahresmitteltemperatur von 8,2 °C erklärt.

Die jährliche Niederschlagssumme schwankt um 500 mm.

Insgesamt bestehen somit für den Ackerbau, insbesondere für den Anbau von Spezialkulturen, recht günstige natürliche Standortbedingungen.

Mit einer Saatgutproduktion auf 170 ha, dem Anbau von Sonderkulturen von 70 ha und einem Kartoffelanbau von 60 ha kann der Betrieb als nichttypisch für den ökologischen Landbau angesehen werden.

Die Tierhaltung besteht aus 500 Merino-Landschafen, wobei noch weitere 1400 Schafe von zwei Vertragspartnern mit Stroh versorgt werden und damit Stallung von insgesamt 1900 Schafen zur Verfügung steht.

Die Fruchtfolge auf dem hackfruchtfähigen Lößböden (240 ha) bestand bis 1998/99 aus folgenden 13 Feldern:

Erbse/Kümmel - Kümmel (Stallung und Zwischenfrucht) - Kartoffel (Stallung) – Koriander – Ackerbohne mit Untersaat Gras – Vermehrung Gras (Zwischenfrucht) – Erbse (Zwischenfrucht) – Kartoffeln (Stallung) – Mohn (Kümmel als Untersaat) – Kümmel (Zwischenfrucht) – Erbse (Zwischenfrucht) – Kartoffeln (Stallung) – Gartenkresse.

Diese Fruchtfolge wurde folgendermaßen umgestellt:

Erbse + Sommerwicke als Stilllegung (Untersaat Kümmel) – Kümmel (Stallung und Zwischenfrucht) – Getreide – Kartoffeln (Stallung) – Koriander – Ackerbohne (Untersaat Gras) – Gras – Erbse – Kartoffeln – Getreide (Stallung) – Gartenkresse – Erbse (Zwischenfrucht) – Kartoffeln.

Die Fruchtfolge enthält somit 31 % Leguminosen, 23 % Getreide, 23 % Kartoffeln und 23 % Sonderkulturen.

Im Zentrum eines Öko-Betriebes steht die Fruchtfolge. Sie ordnet u. a. die Nährstoffversorgung, die Unkrautbekämpfung, den Befall mit fruchtfolgebedingten Krankheiten und tierischen Schadern, die Arbeitswirtschaft und die Ökonomie. Bewirtschaftungsfehler schlagen im Öko-Betrieb besonders durch.

Insbesondere aus wirtschaftlichen Gründen stehen in meinem Betrieb Sonderkulturen und Kartoffeln im Mittelpunkt. Getreide und Körnerleguminosen bilden Füllglieder. Als besonders ungeeignet haben sich hierfür Blaue Lupinen, Lein und Markerbsen infolge geringer Konkurrenz-kraft erwiesen.

Unkrautaufreten und Bekämpfung

Samenunkräuter

Resultierend aus den Standort- und Bewirtschaftungsbedingungen treten Weißer Gänsefuß, Knöterich-Arten und Kamille-Arten als dominierende Unkrautarten auf. Eine geringere Bedeutung besitzen Klettenlabkraut, Flughafener, Trespen-Arten, Windhalm, Amaranth und Schwarzer Nachtschatten. Zunehmende Bedeutung erlangen Ackersenf, Ehrenpreis, Klatschmohn und Platt-erbsen. Während die Zunahme des Ackersensens vorrangig mit dem Herbizidverzicht in Verbindung steht, dürfte die Förderung der Platt-erbsen auf die unterlassene mineralische Stickstoffdüngung und den daraus resultierenden geringeren Stickstoffvorrat im Boden sowie den lichtereren Kulturpflanzenbeständen in Beziehung stehen.

Die Bekämpfung der Samenunkräuter ist im Allgemeinen unproblematisch. In Beständen von Getreide- und Körnerleguminosen gelingt es, mit mehrmaligem Striegeln vor und nach dem Auflaufen der Kulturen die Unkräuter unter Kontrolle zu halten. Als kritisch für die mechanische Unkrautbekämpfung erweisen sich jedoch verkrustete Böden und längere Feuchteperioden. Unter solchen Bedingungen sind die Bekämpfungserfolge nicht ausreichend, so dass die Arbeitsgänge wiederholt werden müssen und insgesamt durchaus 3-4 Arbeitsgänge erforderlich sind. Der Ablauf von Bodenbearbeitung, Aussaat und Pflege beim Anbau von Drillkulturen ist der Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1: Drillkulturen – Bodenbearbeitung, Aussaat und Pflege

Kulturart/ Saatmethode	Bodenvorbereitung/Saattechnik	Mechanische Pflege
Wintergetreide	Saatfurche mit Packer Aussaat, 6 m Saatbettkomb. + Drillmaschine	(Walzen nach der Saat) ¹⁾ Walzen im Frühjahr Striegeln 3-4 mal
Sommergetreide	Herbstfurche	Walzen nach der Saat
Erbsen	Abschleppen, 1 x 12 m Eggenatz	Striegeln Vorauflauf
Ackerbohnen	Aussaat, 6 m Saatbettkomb. + Drillmaschine	Striegeln zum Auflaufen
Senf		Striegeln 2 x Nachlauf
Koriander	Herbstfurche	(Walzen nach der Saat)
Gartenkresse	Abschleppen, 1 x 12 m Eggenatz Striegeln, 1 x 12 m Striegel Saatbett, 6 m Saatbettkomb. Aussaat, 6 m Spezialdrillmaschine	(Striegeln Vorauflauf) ¹⁾ 1. Maschinenhacke m. Schutzrollen 1. Handhacke 2. Maschinenhacke 2. Handhacke 3. Maschinenhacke
Mischsaat	wie Koriander und Gartenkresse	wie Koriander und Gartenkresse
Untersaat	nach Abschluss Deckfruchtpflege	Strohbergung der Deckfrucht
Gras, Klee	Einsaaten mit 6 m Drillmaschine	Beweiden mit Schafen
Kümmel	6 m Spezialdrillmaschine	2 x Reihenfräse

¹⁾ Nur im Bedarfsfall

In den Kartoffeln erfolgt die Unkrautbekämpfung mit der Rollhacke, die dreimal zum Einsatz gelangt. Sie wird zweimal in Kombination mit dem Dammstriegel eingesetzt. Der Anbau der Kartoffel erfolgt übrigens nach Dammvorformung im Herbst und Begrünung mit *Phacelia*. Die *Phacelia* dient dabei der Bindung des symbiontischen Stickstoffes aus der Erbsenvorfrucht und zur Unterdrückung des im Herbst aufgelaufenen Unkrautes.

Von großer Bedeutung für die Unterbindung der Ausbreitung der Unkräuter vom Feldrand ist eine entsprechende Feldrandhygiene, d. h. ein rechtzeitiges Mähen der Ackerraine, welches mehrfach im Jahr erfolgt.

Der Vermeidung einer Anreicherung der Samenbank der Unkräuter dient auch der Mähdrusch mit sanfter Windeinstellung. Damit kann ein großer Teil vieler Unkrautsamen mit dem Erntegut vom Feld gefahren und dem Vermehrungszyklus der Unkräuter entzogen werden.

Ausdauernde Unkräuter

Die **Quecke** ist trotz Verzicht auf Herbizide durch die intensive Stoppelbearbeitung stark zurückgegangen. Die Vermeidung ihrer Ausbreitung erfordert eine ständige mechanische Bekämpfung. Diese erfolgt nach der Ernte von Getreide und Hülsenfrüchten durch drei- bis viermaliges Bearbeiten der Stoppeln mit dem Flügelgrubber und in Kartoffeln zusätzlich durch den Einsatz der Rollhacke. Gewisse Schwierigkeiten bereitet die Bekämpfung der Quecke auf den sommertrockenen schweren Tonböden, die sich häufig nicht gut bearbeiten lassen. Auf den gut bearbeitbaren Böden ist die Bekämpfung der Quecke unproblematisch.

Die **Ackerkratzdistel** trat zu Beginn der Umstellung auf den ökologischen Landbau im Jahre 1990 nur sporadisch auf. Ihre rasche Ausbreitung wurde durch anfänglich reduzierte Bodenbearbeitung gefördert. Heute hat sich die Ackerkratzdistel auf allen guten Böden flächendeckend etabliert und stellt das Hauptproblem der Unkrautbekämpfung dar. Die Distelbekämpfung gestaltet sich außerordentlich schwierig. Neben der üblichen Stoppel- bzw. Bodenbearbeitung erfolgt die Distelbekämpfung durch Köpfen der Disteln im Knospenstadium vorwiegend im Getreide wofür etwa 6-10 AKh/ha benötigt wurden. Die Stoppelbearbeitung und das Pflügen haben sich bisher nicht so wirksam wie erhofft erwiesen. Das Hacken der Kartoffeln scheint sogar eine Förderung des Distelwachstums zu bewirken. Wünschenswert wäre die Entwicklung eines Gerätes zum Distelköpfen mit einer Arbeitsbreite von ca. 12 m, um dadurch die aufwendige Beseitigung der Disteln von Hand einsparen zu können. Eine grundsätzliche Lösung des Distelproblems kann damit unter den gegebenen Bedingungen aber sicherlich nicht erreicht werden.

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Unter meinen Standort- und Bewirtschaftungsbedingungen verläuft die Bekämpfung der Samenunkräuter meist unproblematisch. Eine intensive mechanische Unkrautbekämpfung kurz nach der Ernte und in den Kulturen ist allerdings eine unabdingbare Voraussetzung. Der Pflug steht im Zentrum der Bodenbearbeitung für den Ökobauern. Eine reduzierte, vor allem pfluglose Bodenbearbeitung brächte den ökologischen Landbau infolge einer nur mit sehr großem Aufwand zu betreibenden mechanischen Unkrautbekämpfung (einschließlich der Handhacke) längerfristig zum Erliegen.

Das gravierendste Unkrautproblem bildet das starke Auftreten der Ackerkratzdistel, welches neben Konkurrenzeffekten und Qualitätseinbußen auch einen hohen Handarbeitsaufwand zum Distelköpfen von ca. 10 AKh/ha zur Folge hat. Der einmalige Hackfruchtanbau scheint eine Vermehrung der Distel zur Folge zu haben, so dass überlegt wird, ob nicht ein mehrfacher Hackfruchtanbau hintereinander zur Eindämmung der Distel führen kann. Sanierungen von besonders

stark befallenen Flächen mittels eines mehrjährigen Klee gras-Anbaues wurden bisher noch nicht in Erwägung gezogen.

Bedingt durch die milden Winter tritt vermehrt Kartoffeldurchwuchs auf, der insbesondere im nachgebauten Koriander zur Erhöhung des Handarbeitsaufwandes zur Unkrautbekämpfung führt. Der Handarbeitsaufwand zur Unkrautbekämpfung in den Sonderkulturen beträgt häufig zwischen 100-200 AKh/ha und verursacht dementsprechend hohe Kosten.

Eine vorbeugende Unkrautbekämpfung erfordert u. a. eine entsprechende Feldhygiene. Sie umfasst das Mähen der Ackerraine und ein Abfahren von Unkrautsamen von Feld durch sanfte Windeinstellung beim Mähdrusch.

Probleme der Unkrautbekämpfung im ökologischen Gartenbau aus der Sicht der Praxis

Jan Plagge

Dipl. Ing. agr., Gartenbauberater bei der AG für biologisch-dynamischen Landbau, Versuchs- und Beratungsring Berlin-Brandenburg e. V.

Einleitung

Die Arbeitsintensität der Unkrautregulierung im ökologischen Gartenbau nimmt mit 50 bis 800 Akh/ha nach den Erntearbeiten die meisten Arbeitskapazitäten in Anspruch. Die betriebliche Ausstattung mit Technik und die Fähigkeiten des/r Betriebsleiters/in und seiner Mitarbeiter/innen bestimmen das Ausmaß arbeits- und kostenintensiver Handarbeit und damit den Erfolg einer Kultur. Anhand der Spannen zwischen erfolgreichen und weniger erfolgreichen Betrieben auf dem Gebiet der Unkrautregulierung lassen sich die Problemfelder gut erkennen.

Problemfelder

Folgende Problemfelder lassen sich für die Unkrautregulierung im ökologischen Gartenbau definieren:

- Betriebsleiter/in, Arbeitsorganisation,
- Fruchtfolge/Anbauplanung,
- Technik,
- Einsatzzeitpunkt und Wetter,
- Spezielle Problemunkrautarten.

Betriebsleiter/in

These: Ob ein Betrieb erfolgreich oder wenig erfolgreich im Unkrautmanagement ist, hängt in erster Linie von den Organisationsfähigkeiten des/r Betriebsleiter/in ab. Der/die Betriebsleiter/in entscheidet als „Unkrautmanager/in“ über die Ausgestaltung der folgenden Problemfelder und ist noch vor der Technik und den Bodengegebenheiten der wichtigste Erfolgsfaktor. Es zeigt sich in der Praxis, dass selbst unter schwierigen Bedingungen, wie z. B. anmoorige Standorte mit Niederschlägen > 800 mm/Jahr und sehr großem Potenzial an Samenunkräutern, ein erfolgreiches Unkrautmanagement möglich ist.

Fruchtfolge/Anbauplanung

Ausgangspunkt der Unkrautregulierung im ökologischen Landbau ist die Fruchtfolge und Anbauplanung. Managementfehler in diesem Bereich ziehen einen Großteil der Probleme in der Unkrautregulierung nach sich.

Beispiele:

- Spätverunkrautung mit starkem Aussamen von Samenunkräutern
 - ➔ Ab einem gewissen Kulturstadium wird eine Spätverunkrautung in den Reihen geduldet, weil die Einschätzung des Betriebsleiters häufig in die Richtung geht: „Zusätzlicher Arbeitsaufwand ist teurer als Ertrags- und Qualitätseinbußen“. Das diese Einschätzung nicht immer stimmt zeigte LABER (1999), der betriebsüblich gejätete mit unkrautfreien Varianten bei Möhren und Zwiebeln verglich. Hier ergaben sich Ertragseinbußen von bis zu 30 % bei den betriebsüblich gejäteten Varianten gegenüber den unkrautfreien Beständen. Außerdem wird häufig die Auswirkung der Spätverunkrautung auf den Unkrautdruck im Folgejahr unterschätzt.

- Zu wenig Zeit für Bodenbearbeitung zwischen zwei Kulturen
 - ➔ Die Bodenvorbereitung, vor allem vor langstehenden Säkulturen, hat einen sehr großen Einfluss auf den späteren Unkrautdruck. 10 bis 14 Tage Bearbeitung mit einer flach unterschneidenden Hacke oder einem Striegel (bei Trockenheit kombiniert mit Beregnung) vor der Kultur kann den Unkrautdruck stark verringern. In weniger erfolgreichen Betrieben wird dieser Art vorbeugender Unkrautbekämpfung wenig Bedeutung zugemessen.
- Zu intensive Nutzung mit Marktfrüchten – zu wenig mehrjähriges Klee gras
 - ➔ Auch im ökologischen Landbau nimmt der wirtschaftliche Druck enorm zu. Daraus folgt, dass z. T. auch in der Fruchtfolge kurzfristig auf schnellen betriebswirtschaftlichen Erfolg geschaut wird. Verstärkt wird die sinkende Bedeutung von mehrjährigem Klee gras von dem vorherrschenden Prämiensystem bei den Druschfrüchten und der schlechten ertraglichen Lage der Tierproduktion. Da mehrjähriges Klee gras nicht prämiensberechtig ist und nur in einigen Bundesländern als Agrar-Umweltmaßnahme anerkannt wird, sinkt der Anteil zugunsten der Marktfrüchte. Diese Ungleichgewichte in den Fruchtfolgen ziehen eine Erhöhung des Unkrautdruckes vor allem bei den Samenunkräutern nach sich.
- Verqueckung durch fehlende Schwarzbrachen.

Insgesamt nimmt in 80 – 90 % der Betriebe der fruchtfolgebedingte Unkrautdruck nach der Umstellung tendenziell zu. Mit zumeist bekannten Maßnahmen lassen sich diese Probleme größtenteils lösen.

Technik

Die technische Entwicklung ist im Bereich der Hacktechnik schon weit fortgeschritten. In den allermeisten Fällen zeigt jedoch eine einfache Scharhacke das beste Preis/Leistungsverhältnis. Hauptprobleme und ungelöste Fragestellungen aus der Praxis sind:

- Gärtnerische Säkulturen wachsen anfangs meist langsamer als Unkräuter; deshalb funktionieren viele neue Verfahren nicht, wie z. B. Druckluft.
- Mechanische Beseitigung des Unkrauts in der Reihe.
- Ungehackter Bereich neben der Reihe häufig noch sehr groß – Einsparpotentiale in der Handhacke durch besseres Einstellen und schärferes Hacken (dazu exakte Saat/Pflanztechnik Voraussetzung).
- Einsatz von Striegeln in Gemüsekulturen.
- Einfaches, boden- und kulturschonendes Ab-/Aufdecken von Netzen und Vliesen zum Hacken.

Einsatzzeitpunkt, Wetter

Eines der Hauptprobleme bei der Unkrautregulierung ist das Hacken/Abflammen zum richtigen Zeitpunkt. Das ist in erster Linie ein Managementproblem. In vielen Betrieben tauchen hier Probleme auf:

- Fehlende Sensibilität auf das Unkraut, was man (noch) nicht sieht und Unterschätzung des daraus resultierenden Unkrautdruckes,
- zu viele unterschiedliche Reihenabstände, zu hohe Rüst/Umbauzeiten,
- zu wenig Zuggeräte,

- Zulassung von starker Spätverunkrautung aufgrund von Zeitmangel und Sensibilität,
- Unterschätzung der Ertragsauswirkung von Spätverunkrautung

Neben den Managementproblemen stellen auch die natürlichen Bedingungen die Betriebsleiter/innen vor große Herausforderungen:

- Die Bestimmung des richtigen Abflammzeitpunktes ist z. B. dann besonders schwierig, wenn die Bodenverhältnisse des abzuflammenden Schlages sehr unterschiedlich sind. An einer kühlen nassen Senke keimt der Möhrensamen langsamer, als an einer warmen leicht feuchten Stelle. Hier sind in Zukunft mit den Methoden der Bilderkennung eventuell Lösungsansätze zu suchen.

Spezielle Problemunkrautarten

Im ökologischen Gartenbau bereiten insbesondere folgende Unkrautarten große Probleme:

- Quecke (auf leichten Standorten),
- Weißer Gänsefuß,
- Hühnerhirse (besonders in der Spätverunkrautung),
- Franzosenkraut (auf humosen, intensiv genutzten Flächen, geschützter Anbau),
- Disteln (vor allem im Erbsenanbau).

Zusammenfassung und Ausblick

Die mechanische und thermische Unkrautregulierung stellt viele Bio-Betriebe vor große Probleme. Die Anforderungen an das Know-how des/der Betriebsleiters/in sind sehr hoch. Es mangelt nach Ansicht des Autors aus Sicht der Praxis nicht nur an neuen technischen Lösungen, sondern vielmehr an Hilfestellungen im Bereich des gesamtbetrieblichen Unkrautmanagement und der Umsetzung. Hier ist eine engere Zusammenarbeit von Betrieben, Beratern und der Forschung sehr wünschenswert.

Literatur

LABER, H., 1999: Effizienz mechanischer Unkrautregulierungsmaßnahmen im Freilandgemüsebau, Dissertation Universität Hannover.

Unkrautbekämpfung im ökologischen Landbau in der Schweiz

Dr. Urs Niggli und Hansueli Dierauer

Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), CH-5070 Frick

Übersicht über die Situation der ökologischen Betriebe in der Schweiz mit Fokus Unkraut

Entwicklung des ökologischen Landbaus

In der Schweiz werden 8,5 % der Landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) ökologisch bewirtschaftet. Nach Österreich (9 bis 10 %) hat sie damit weltweit den zweithöchsten Anteil an Ökobetrieben. Im Gegensatz zu Österreich, wo die Umstellung seit drei Jahren stagniert, wächst der Ökolandbau in der Schweiz immer noch, wobei sich das Wachstum verlangsamt: 1996: plus 74 %, 1997: plus 16 %, 1998: plus 11 %, 1999: plus 10 %, 2000: plus 6 %. Der größte Teil der Schweizer Ökobetriebe liegt im Hügel- oder Berggebiet. Im Alpenkanton Graubünden z. B. sind 36 % aller Landwirtschaftsbetriebe auf ökologischen Landbau umgestellt. In den intensiven Ackerbaugebieten der Westschweiz und des Mittellandes liegt der Anteil mit 2 bis 3 % jedoch im europäischen Durchschnitt. Sehr hoch ist der Anteil von Ökobetrieben auch im Gemüsebau: Bereits 10 % der gesamten inländischen Produkte stammen aus dem ökologischen Anbau.

Als Gründe für den Erfolg des ökologischen Landbaus sind zu erwähnen: Kritische Verbraucherinnen und Verbraucher, gut ausgebaute Vermarktungskanäle (55 % in den Supermarktketten COOP und Migros, 33 % in Fachgeschäften und 12 % in der Direktvermarktung), ein national sehr bekanntes, einheitliches Bio-Label (BIO SUISSE Knospe), dauerhafte jährliche Direktzahlungen des Bundes für die Ökobetriebe (wird in reduzierter Form auch der kontrollierten integrierten Produktion gewährt) sowie eine gegenüber Deutschland tiefere Preisdifferenz zwischen ökologischen und konventionellen Produkten.

Technischer Stand der Unkrautregulierung in der Praxis

Kurz zusammengefasst werden in der Praxis folgende Erfahrungen mit der Unkrautregulierung gemacht:

Grünland

Wegen des sehr hohen Anteils von Grünlandbetrieben stehen Unkrautprobleme im Futterbau im Vordergrund. Da in der Beratung die schonende und nach Standorteigenschaften abgestufte futterbauliche Nutzung im Vordergrund steht, haben ökologische Betriebe mit Ausnahme des Stumpfblättrigen Ampfers (*Rumex obtusifolius*) keine schwerwiegenden Probleme. Zur Regulierung des Stumpfblättrigen Ampfer – auf vielen Betrieben eine "Erbschaft" zu intensiver Nährstoffversorgung und zahlreicher Nutzungsfehler – besteht jedoch ein dringender Bedarf an arbeitswirtschaftlich einfacheren Methoden. Bei der Umstellung im Grünlandgebiet wird der Ampfer häufig als Haupthindernis erwähnt. Zahlreiche Forschungsarbeiten zur Regulierung des Ampfers mit biologischen Maßnahmen (Insektenfraß, Pilzinfektionen) sind in den letzten 20 Jahren fehlgeschlagen. Die bei den biologisch-dynamischen Landwirten empfohlene Methode der Veraschung von Ampfersamen und der Ausbringung in potenzierten Präparaten ergab in einem Versuch keine naturwissenschaftlich messbare Wirkung. Eine Entwicklung des FiBL, mittels eines Grubbers die Ampferbekämpfung zu mechanisieren (Unterschneiden der Grasnarbe, Abschneiden des Ampferhizoms) war nicht praxistauglich. Ebenfalls konnte die Einzelstockbehandlung des Ampfers nicht motorisiert werden (tragbare Schneid- oder Bohrgeräte). Die alte Methode des Ausstechens mittels eines doppelringigen Werkzeuges bleibt die einzige direkte Maßnahme. In der Schweiz werden in der Praxis drei verschiedene Typen des Ampfer-Eisens verwendet. Die Forschung im Bereich Ampferregulierung wurde in der Schweiz eingestellt.

Gemüsebau

Gemüsebaubetriebe haben zum Teil große Probleme mit Ackerkratzdisteln (*Cirsium arvense*), Winden (*Convolvulus* spp.) und Sommerkeimern wie Portulak (*Portulaca oleracea*), Franzosenkraut (*Galinsoga parviflora*), Hirsen und Amaranth (*Amaranthus* spp.). Die meist konkurrenzschwachen Gemüsekulturen verlangen viel Handarbeit. Die Unkrautregulierung ist deshalb der wichtigste Faktor, welcher den Unterschied in den Gestehungskosten zwischen ökologischem und integriertem Gemüse (letzteres wird in der Schweiz auch unter einem Label IP SUISSE angeboten) verursacht. Je nach Kultur und Unkrautdruck ist der Arbeitsaufwand für die Unkrautbekämpfung enorm: In Karotten z. B. werden gemäß DIERAUER und STÖPPLER (1994) bis zu 350 bis 500 Stunden Handarbeit pro Hektar aufgewendet. Die Hauptmöglichkeiten, arbeitswirtschaftlich günstiger zu produzieren, liegen in den Vorbeugungsmaßnahmen: Fruchtfolgen mit Grünbedeckungen, Saatbettvorbereitung mit sogenannten Unkrautkuren. Abflammen im Voraufbau hat die größte Bedeutung in gesäten Kulturen; ohne diese Methode gäbe es z. B. keinen wirtschaftlichen Karottenanbau. In der Praxis wird zunehmend auch mit dem Striegeln in den Kulturen, ähnlich wie im Getreide, gearbeitet. Die Beikrautregulierung ist im Detail im FiBL-Merkblatt «Unkrautregulierung im Biogemüsebau» (1997) dargestellt.

Ackerbau

Im Ackerbau könnte die ökologische Produktion noch beträchtlich ausgedehnt werden. So beträgt die aktuelle ökologische Brotgetreideproduktion 6.000 Tonnen, was nur 40 % des Inlandbedarfes von rund 15.000 Tonnen ausmacht. In der konventionellen und integrierten Produktion besteht dagegen eine leichte Überproduktion. Der Respekt vor Unkrautproblemen ist ein wichtiges Umstellungshindernis in Regionen, wo der Ackerbau dominiert. Der zweite hemmende Faktor ist die Schwierigkeit, auf viehlosen Ackerbaubetrieben nach einer Umstellung die Nährstoffversorgung sicherzustellen.

Das Hauptproblem im ökologischen Ackerbau sind mehrjährige Unkräuter, hauptsächlich die Ackerkratzdistel (*Cirsium arvense*) und der Stumpfbältriger Ampfer (*Rumex obtusifolius*).

In einer gesamtschweizerischen Studie wurden von 1991 bis 1996 110 Pilotbetriebe, welche sich auf die drei Bewirtschaftungstypen «konventionell», «integriert» und «ökologisch» aufteilten, agronomisch, ökologisch und produktionstechnisch unter die Lupe genommen (Schlussbericht der nationalen Projektgruppe Öko-Pilotbetriebe, 1998). Die Unkrautregulierung war einer der untersuchten Bereiche. Die chemische Unkrautbekämpfung, das zeigen die Untersuchungen, bleibt auch in ökologisch optimierten konventionellen Anbausystemen (in der Schweiz als IP extenso oder IP SUISSE auch als Labelprodukte auf dem Markt) die wichtigste phytomedizinische Maßnahme, während in diesen Produktionsformen die Fungizid- und Insektizidbehandlungen stark reduziert werden können (siehe Abbildungen 1, 2 und 3). Mechanische Beikrautregulierung, das Markenzeichen des ökologischen Landbaus, wird in der IP im Getreide-, Mais- und Kartoffelanbau nur ansatzweise praktiziert. In den weiteren großflächigen Kulturen wie Raps und Zuckerrüben wird in der IP kaum mechanische Beikrautregulierung durchgeführt.

Im ökologischen Winterweizenanbau erfolgen gemäß der 6-jährigen Pilotstudie je nach Jahr durchschnittlich 2,5 bis 4,0 Arbeitsgänge. Striegeln ist die Hauptmaßnahme (1,5 bis 2,5 Durchgänge), Hackgeräte werden nur in Ausnahmefällen eingesetzt (durchschnittlich über alle Betriebe weniger als 0,5 Durchgänge). Trotzdem hat sich aus Gründen der Vorsicht der Reihenabstand 16 cm durchgesetzt, um jederzeit mit Hackgeräten einer stärkeren Verunkrautung Meister werden zu können. Dank der kleineren Betriebsstrukturen ist es in der Schweiz auf Biobetrieben nach wie vor üblich, größere Wurzelunkräuter wie Disteln und Ampfer von Hand zu entfernen.

Da Winterweizen betriebswirtschaftlich interessant ist, sind unsere Fruchtfolgen zu stark auf Getreide ausgerichtet. Bei einem Anteil von mehr als 50 % in der Fruchtfolge können Probleme mit gut verwurzelten Unkräutern wie Hahnenfuß (*Galeopsis tetrahit*), Klettenlabkraut (*Galium aparine*), Wicken, Ampfer und Disteln auftreten.

Im **Maisanbau** werden drei bis vier mechanische Behandlungen durchgeführt. Hacken ist hier die wichtigere Maßnahme als Striegeln (Blindstriegeln kurz vor dem Auflaufen und dann wieder ab 3- bis 4-Blattstadium des Maises). Abflammen in der Reihe ist nicht praxistauglich, da diese Maßnahme zu aufwendig ist. Die Praxis des ökologischen Landbaus hat auch die IP beeinflusst, indem die mechanische Unkrautregulierung zwischen den Reihen mit chemischen Bandspritzungen in den Reihen zunehmend Eingang in die IP-Betriebe gefunden hat. Streifenfräsaaten im Mais können sich im ökologischen Landbau nicht durchsetzen.

Bei den **Kartoffeln** werden im Durchschnitt 2 bis 2,5 mechanische Durchgänge ausgeführt. Sehr hoch ist der Handarbeitsaufwand in Kartoffeln (im Durchschnitt der Betriebe und Jahre ein Durchgang).

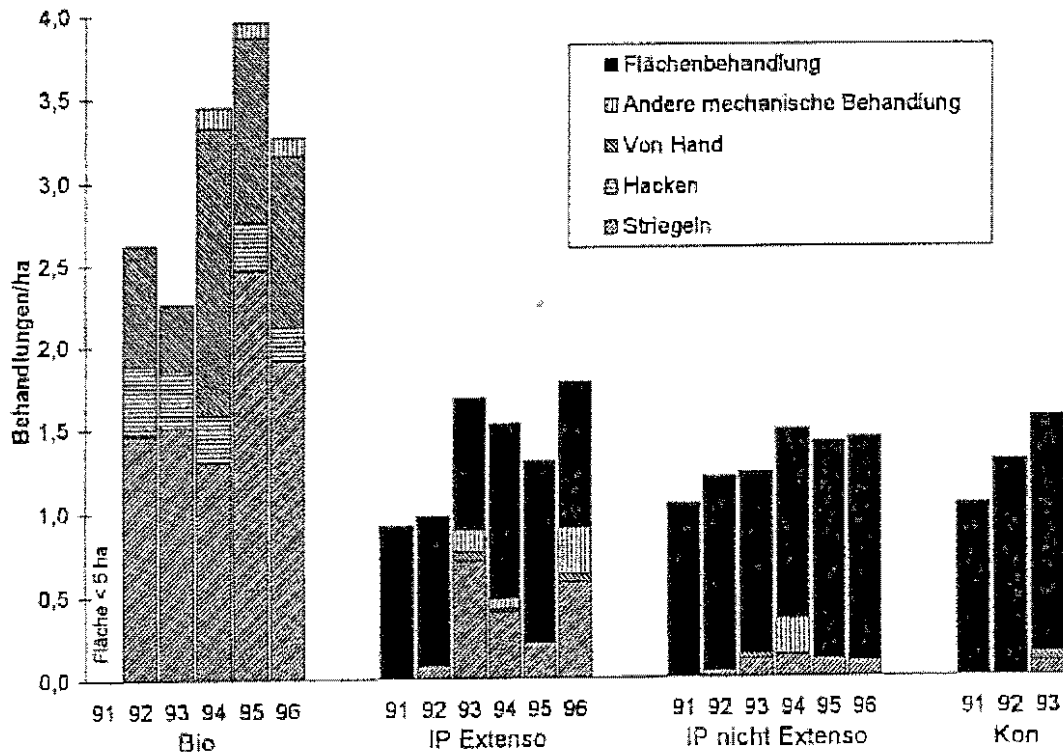


Abb. 1: Vergleich der Beikrautregulierung im Winterweizen auf den 110 Pilotbetrieben in den Jahren 1991 bis 1996

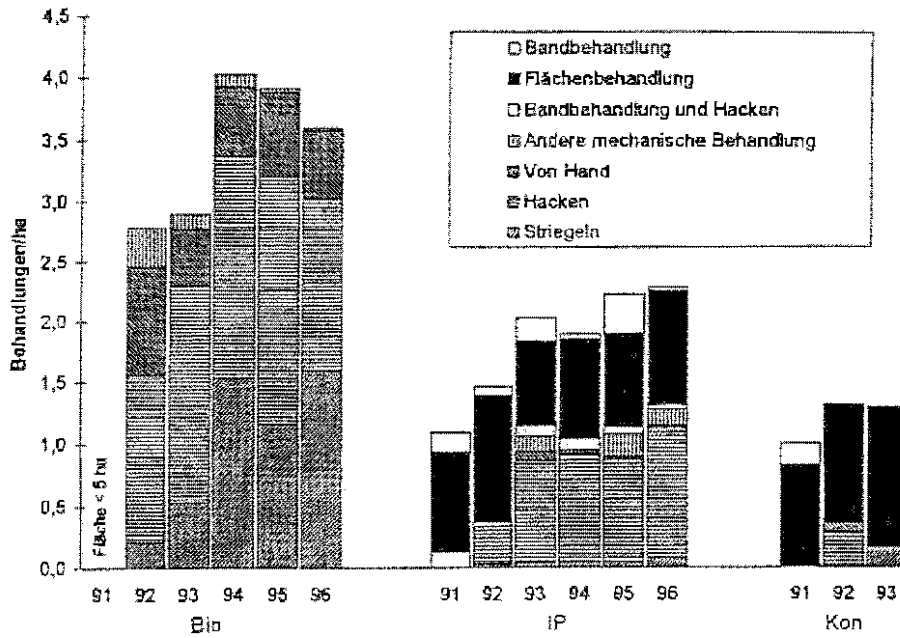


Abb. 2: Vergleich der Beikrautregulierung im Mais auf den 110 Pilotbetrieben in den Jahren 1991 bis 1996

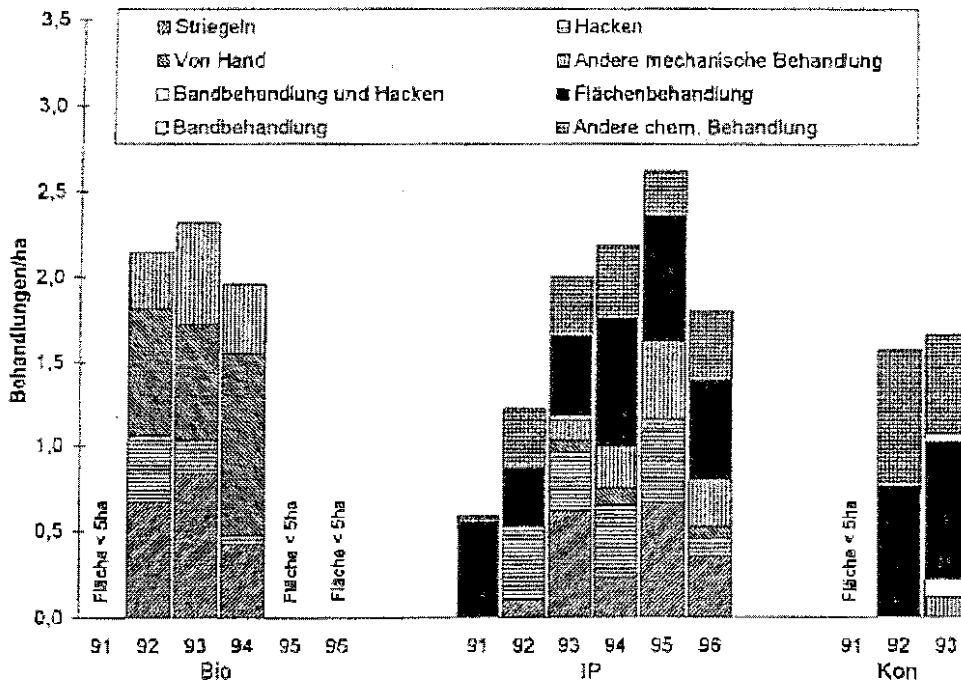


Abb. 3: Vergleich der Beikrautregulierung in Kartoffeln auf den 110 Pilotbetrieben in den Jahren 1991 bis 1996

Sonderkulturen

Im **Weinbau** hat sich in der integrierten wie in der ökologischen Produktion die flächendeckende Begrünung der Weinberge durchgesetzt. Im ökologischen Weinbau steht die Nützlingsförderung und die hohe ökologische Qualität solcher Flächen bei der Begrünung im Vordergrund. Da keine Herbizide angewendet werden können, ist die Lenkung der Grünbedeckung im ökologischen Anbau schwieriger als in der integrierten Produktion. Die Bewirtschaftung des organischen Nährstoffpools (Wurzel- und Sprossmaterial der Grünbedeckung, organische Substanz der Böden) ist sehr anspruchsvoll. Fehler in der Praxis führen weniger zu Ertragsausfällen als zu Qualitätseinbußen bei den Weinen.

Im **Obstbau** wird der Baumstreifen in jüngeren Pflanzungen vorwiegend mechanisch unkrautfrei gehalten. In älteren Obstanlagen wird zwischen den Stämmen gemulcht. Bei Hack- wie bei Mulchgeräten ist die Technik mit Tastarmen und Schwenkmechanismus soweit entwickelt, dass die exakte Arbeit in den Baumreihen und um die feinen Baumstämme herum möglich ist. Die Geräte sind aber teuer, wartungsintensiv und die Arbeitsgeschwindigkeit ist wegen Verletzungsgefahr der Bäume reduziert. Geländeunebenheiten führen zu einer weiteren Reduktion der Arbeitsgeschwindigkeit (Hebelwirkungen erzeugen Stammverletzungen). Das FiBL hat deswegen das sogenannte «Sandwich-System» entwickelt (SCHMID, 1999), welches auf einfachste Weise die Grünbedeckung soweit lenkt, dass Wasser- und Nährstoffversorgung der schwach wachsenden Unterlagen saisongerecht optimiert sind. Das System lässt die Unkräuter in einem Streifen von 20 cm direkt in der Stammlinie wachsen und bearbeitet links und rechts davon je einen 20 cm breiten Streifen unkrautfrei. Die Bäume richten ihr Wurzelwachstum automatisch auf diesen Streifen aus, wo keine Konkurrenzsituation herrscht. Damit können Tast- und Steuerungsvorrichtungen eingespart und die Arbeitsgeschwindigkeit massiv erhöht werden. Die Idee des «Sandwich-Systems» des FiBL findet in der Praxis großes Interesse.

Ausgewählte Ergebnisse aus der CH-Forschung

Wie ist die Unkrautsituation auf Ackerbaubetrieben?

Im Jahr 1986 wurde in der Schweiz letztmals eine breite Untersuchung der Unkrautsituation auf den ökologischen Praxisbetrieben durchgeführt (BUGMANN und BOSSHARD, 1986). Auf 36 Betrieben wurden in Winterweizen zum Zeitpunkt der Bestockung der Unkrautbestand (Arten, Dichte) bestimmt und mit den Bewirtschaftungsmaßnahmen in Zusammenhang gebracht. Die Betriebe hatten unterschiedliche Unkrautgesellschaften, verschieden intensive Fruchtfolgen, unterschiedliche Nährstoffversorgungen und Standortbedingungen. Erwartungsgemäß ergab eine multivariate Korrelation von Faktoren deutliche Zusammenhänge der Unkrautprobleme mit der Ausgestaltung der **Fruchtfolge** und der Art und Intensität der **Bodenbearbeitung**. Signifikant mehr Unkrautprobleme traten auf bei:

- hohem Anteil von Getreide in der Fruchtfolge,
- tiefem Anteil von Klee gras in der Fruchtfolge,
- später Stellung des Getreides in der Fruchtfolge,
- weniger häufiger Nutzung des Pfluges und
- bei weniger häufigem Striegeln oder Hacken.

Während drei Jahren wurde zusätzlich jeweils im Frühjahr und im Herbst auf ausgewählten Dauerflächen der Samenvorrat bestimmt (DIERAUER, 1990). Im Durchschnitt der untersuchten Ackerflächen betrug der Samenvorrat im Boden 25.000 Samen pro m². Dieser Wert ist doppelt so hoch wie auf konventionellen Flächen. Eine neuere Untersuchung von MAYOR et al. (1994) ergab einen Samenvorrat von 16.000 Samen pro m² bei mehrjähriger mechanischer Unkrautbekämpfung, von 12.000 bei integrierter Produktion mit Berücksichtigung der Schadschwellen und

von 3.000 bei konsequenter Anwendung von Bodenherbiziden. Interessanterweise zeigen aber die Praxiserhebungen, dass zwischen der Höhe des Samenvorrates und der Verunkrautung in den Kulturen kein signifikanter Zusammenhang besteht.

Bei **optimaler** mechanischer Unkrautbekämpfung verändert sich unter gleichen Bodenbedingungen und bei gleicher Fruchtfolge der Samenvorrat nicht. Dies zeigte der DOK-Versuch in Therwil/Schweiz (NIGGLI et al., 1995). Hier wurden unter standardisierten Bedingungen im Zeitraum von 21 Jahren verschiedene Anbausysteme mit der gleichen siebenjährigen Fruchtfolge auf einem tiefgründigen Lösslehm und einer durchschnittlichen Jahresniederschlagsmenge von 900 mm verglichen (DUBOIS et al., 1998). Die Anzahl keimfähiger Samen pro m^2 schwankte in allen Anbausystem nach 19 Jahren ununterbrochener gleicher Bewirtschaftung zwischen 4.000 und 6.000 Unkräutern. Zwischen den ökologischen Anbausystemen «organisch-biologisch» und «biologisch-dynamisch» einerseits und den konventionellen Systemen «integriert» und «mineralisch» andererseits bestand kein statistisch signifikanter Unterschied im Samenvorrat. Einzig die während 19 Jahren ungedüngte Variante D0 hatte einen praktisch doppelt so hohen Samenvorrat. Dies ist auf die extrem lückigen Bestände aufgrund der dramatischen Nährstoffmangelsituation zurückzuführen.

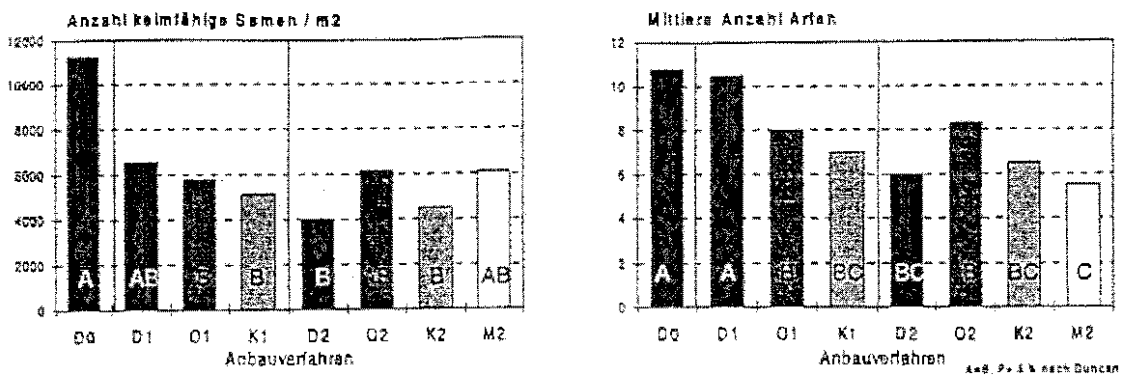


Abb. 4: Mittlere Anzahl keimfähige Samen pro m^2 und mittlere Artenzahl im Samenvorrat im Boden 19 Jahre nach Umstellung auf unterschiedliche Anbausysteme im DOK-Versuch. Anbauverfahren: D = biologisch-dynamisch, O = organisch-biologisch, K = konventionell mittelintensiv (IP), M = mineralisch gedüngt, konventionell. Nährstoffniveau: 2 = praxisüblich, 1 = die Hälfte von Stufe 2, 0 = ohne Düngung. (DUBOIS et al., 1998).

Unkrautstrategien

Von 1986 bis 1993 wurden in Exaktversuchen des FiBL für die meisten landwirtschaftlichen und gemüsebaulichen Kulturen die optimale Beikrautregulierung entwickelt. Ein Teil dieser Ergebnisse sind in DIERAUER und STÖPPLER (1994) dargestellt. Für die Landwirte wurden die Versuchsergebnisse in einfachen Merkblättern dargestellt (Merkblätter «Getreide», «Mais», «Kartoffeln», «Futtermüsen», «Regulierung der Ackerkratzdistel», «Unkrautregulierung im Biogemüsebau», alle zu beziehen bei FiBL, CH-5070 Frick oder www.fibl.ch).

Ökologische Betrachtungen der physikalischen Unkrautbekämpfung

Die physikalische Unkrautbekämpfung stellt – wie die chemische – einen Eingriff in den Naturhaushalt dar, belastet den Boden und verbraucht Ressourcen. In verschiedenen Untersuchungen haben wir deshalb die Relevanz dieser Beeinträchtigungen untersucht und mit der konventionellen Unkrautbekämpfung verglichen.

Energiebilanzen

Im bereits erwähnten 21-jährigen DOK-Versuch konnten aufgrund der detaillierten Aufzeichnungen aller Maßnahmen, In- und Outputs sowie der verwendeten Geräte Energie- und Ökobilanzen gerechnet werden. Über die ganze siebenjährige Fruchtfolge war der Verbrauch an nicht-erneuerbaren Energieressourcen bezüglich **Treibstoff** zwar im ökologischen Landbau bezogen auf den Ertrag 13 % höher als in der integrierten Produktion (ALFÖLDI et. al., 1999), der **gesamte Energieverbrauch** war jedoch im ökologischen Landbau um 20 % tiefer, da der Energiebedarf für die Inputmittel sehr hoch war. Einzig die Ökokerntoffeln weisen eine der integrierten Produktion vergleichbare Energiebilanz auf, alle andern Kulturen sind im ökologischen Landbau energieextensiver (Abbildungen 5 und 6).

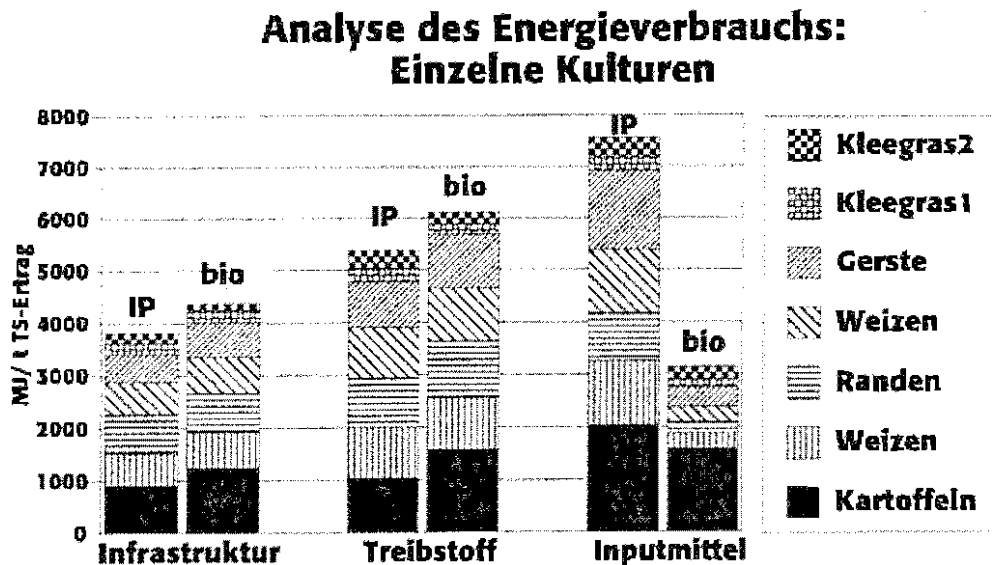


Abb. 5: Verbrauch an nichterneuerbaren Energieressourcen pro Tonne Ertrag im DOK-Versuch (Berechnungsbasis sind die Jahre 1985 bis 1991)

Energieverbrauch über die gesamte Fruchtfolge pro Tonne Ertrag (TS)

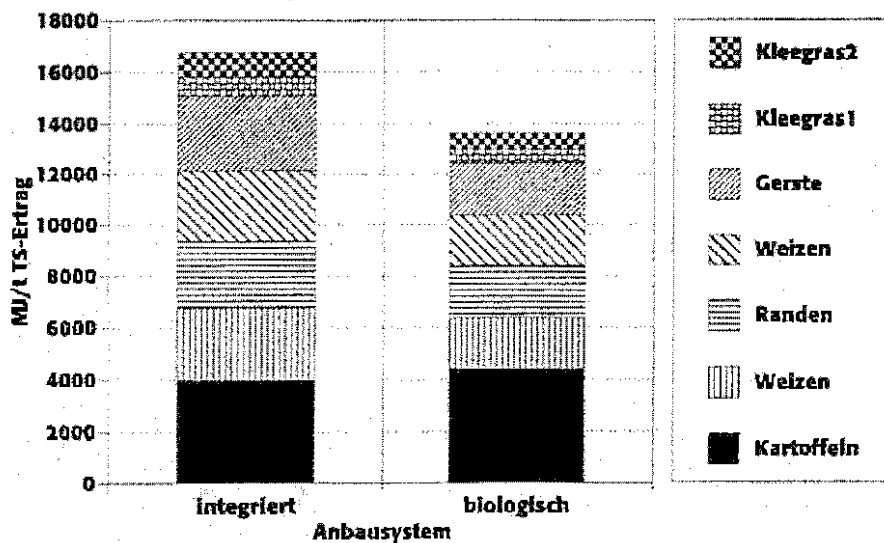


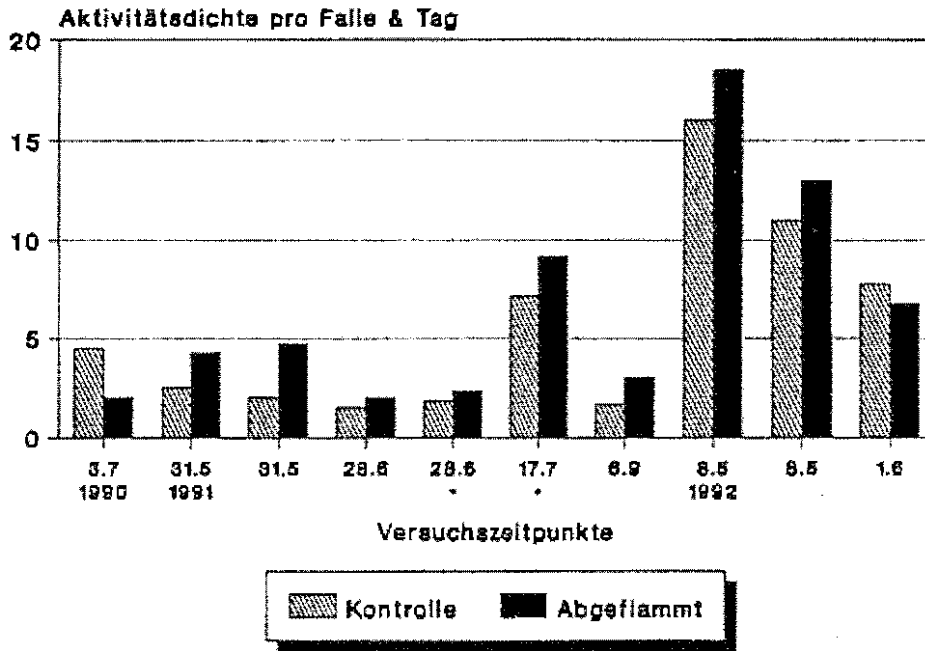
Abb. 6: Verbrauch an nichterneuerbaren Energieressourcen pro Tonne Ertrag im DOK-Versuch (Berechnungsbasis sind die Jahre 1985 bis 1991)

Nebenwirkungen auf Nützlingsfauna

Die Bodenbearbeitung beeinflusst sehr stark wichtige Bodentiere, wie z. B. die Regenwürmer oder die epigäische Nützlingsfauna. Im DOK-Versuch wurde die Entwicklung und die Artenvielfalt der Bodentiere Regenwürmer, Laufkäfer, Kurzflügler und Spinnen untersucht (NIGGLI et al., 1995; PFIFFNER et al., 1993, 1995, 1997). Gegenüber der konventionellen Bewirtschaftung war die Regenwurmbiomasse im ökologischen Landbau um 45 bis 105 % erhöht (Mittelwerte von vier Jahren). Die Zahl der Arthropoden war um 80 bis 100 % erhöht. Vor allem letztere wurden stark durch die Art der Unkrautbekämpfung beeinflusst. Restverunkrautung, wie sie bei der mechanischen Beikrautregulierung üblich ist, führte zu attraktiveren Lebensräumen, erhöhte das Nahrungsangebot in den Getreidefeldern und erzeugte eine grobscholligere Bodenoberfläche, welche unzählige Schutz- und Unterkunftsmöglichkeiten für die Nützlinge boten.

Nebenwirkungen des Abflämmens auf die Nützlinge

Schlecht ist ohne Zweifel die Energiebilanz beim Abflammen. Diese Methode wird deshalb fast ausschließlich im Gemüsebau angewandt. Das Abflammen rechtfertigt sich aus dem sehr hohen Arbeitsbedarf in konkurrenzschwachen Kulturen. Uns interessierte, wie sich das Abflammen auf die Nützlinge auswirkt. In zehn Versuchen wurden speziell die Laufkäfer untersucht, und zwar deren Aktivitätsdichten wie auch deren Artenspektrum. In den Versuchsanlagen wurden jeweils unbehandelte Kontrollparzellen mit abgeflämmten verglichen (DIERAUER und PFIFFNER, 1993). Insgesamt wurde in allen Versuchen weder eine Beeinträchtigung der Größe noch der Zusammensetzung der Laufkäfer-Populationen festgestellt. In einem einzigen Versuch war eine vorübergehende, leichte Abnahme der Laufkäfer-Aktivitätsdichte festzustellen. Schuld daran war eine unüblich dichte Unkrautdecke, welche die Laufkäfer zu einer hohen Aktivität während des Tages verführte, so dass sie dem Abflammen ausgesetzt waren.



• ohne Einzäunung (Freiland)

Abb. 7: Auswirkungen des Abflammens auf Laufkäfer in 10 Feldversuchen (1990, 1992).

Ausblick für die Unkrautforschung

Aus unserer Sicht können folgende Schlussfolgerungen für die weitere Diskussion des Forschungsbedarfes gezogen werden:

- Die Bio-Pioniere haben in der Regel das Beikraut im Griff, es ist aber in vielen Kulturen mit einem hohen Handarbeitsaufwand verbunden.
- Neuumsteller, welche vorher integrierte Produktion praktiziert haben, können vor allem im Ackerbau aber auch im Grünland in große Probleme geraten, weil sie in ihrem Denken die Korrekturmaßnahme «Herbizid» verinnerlicht haben. Zudem fehlen in diesen Betrieben die Arbeitskräfte. Viele dieser Betriebe kämpfen mit schweren Problemen, wie z. B. *Rumex obtusifolius*, *Cirsium arvense* und *Agropyron repens*.
- Die Extensivierung und Ökologisierung, wie sie in der Schweiz mit ökologischen Ausgleichsflächen, Krautsäumen, Buntbrachen etc. praktiziert und finanziert wird, schaffen im Acker- und Gemüsebau neue Unkrautprobleme.
- Die in der integrierten Produktion verbreitete konservierende Bodenbearbeitung (Minimalbodenbearbeitung) ist für den ökologischen Landbau nicht praktikabel, da sie das Unkrautproblem massiv verschärfen würde. Forschungsbedarf besteht deshalb bezüglich Stickstofftransfer in pflugbetonten Fruchtfolgen.
- Insgesamt ist deshalb die Unkrautforschung gefordert, für den ökologischen Landbau neue Strategien zu entwickeln. Bisherige Ansätze in der mechanischen und physikalischen Unkrautbekämpfung können durch technologische Fortschritte noch optimiert werden. Es braucht aber auch langfristige Forschungsansätze, die z. B. in der Züchtung liegen könnten. Bio-Herbizide werden, sofern sie in den nächsten Jahren vereinzelt zur Praxisreife gelangen, eine intensive Diskussion bezüglich ihrer Wünschbarkeit im ökologischen Landbau auslösen.

4. Literatur

- ALFÖLDI, T., SCHMID, O., GAILLARD, G., DUBOIS, D., 1999: IP- und Bio-Produkte: Ökobilanzierung über eine Fruchtfolge. *Agrarforschung* 6 (9), 337-340.
- DIERAUER, H., 1990: Agronomisch und ökologisch vertretbare Unkrautregulierung in Getreide und Mais. *FiBL*, 88 S.
- DIERAUER, H., 1999: Regulierung der Ackerkratzdistel. Merkblatt, *FiBL*, 3 S.
- DIERAUER, H., ALFÖLDI, T., 1998: Getreide. Merkblatt, *FiBL*, 5 S.
- DIERAUER, H., PETER, M., LICHTENHAHN, M., BAUMANN, D., 1997: Unkrautregulierung im Gemüsebau. Merkblatt, *FiBL*, 8 S.
- DIERAUER, H., PFIFFNER, L., 1993: Auswirkungen des Abflammens auf Laufkäfer. *Gesunde Pflanzen*, 6, 226-229.
- DIERAUER, H., SPEISER, B., 1999: Kartoffel. Merkblatt, *FiBL*, 6 S.
- DIERAUER, H.-U., STÖPPLER-ZIMMER, H., 1994: Unkrautregulierung ohne Chemie. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 134 S.
- DUBOIS D., SCHERRER C., GUNST L., JOSSI W. and STAUFFER W., 1998. Effect of different farming systems on the weed seed bank in the long term-trials Chaiblen and DOK. *Journal of Plant Diseases and Protection. Special Issue XVI: 67-74.*
- HELLER, S., 1997: Futterrüben. Merkblatt, *FiBL*, 3 S.
- HELLER, S., 1997: Mais. Merkblatt, *FiBL*, 3 S.
- NIGGLI, U., ALFÖLDI, T., MÄDER, P., PFIFFNER, L., SPIESS, E., BESSON, J.-M., 1995: DOK-Versuch: vergleichende Langzeit-Untersuchungen in den drei Anbausystemen biologisch-dynamisch, organisch-biologisch und konventionell. VI. Synthese, 1. und 2. Fruchtfolgeperiode. *Schweizerische Landwirtschaftliche Forschung, Sonderheft DOK, Nr. 4*, 34 S.
- PFIFFNER, L., MÄDER, P., BESSON, J.-M., NIGGLI, U., 1995: DOK-Versuch: vergleichende Langzeit-Untersuchungen in den drei Anbausystemen biologisch-dynamisch, organisch-biologisch und konventionell. III. Boden: Untersuchungen über die epigäischen Nutzarthropoden, insbesondere über die Laufkäfer (Col. Carabidae), in Winterweizenparzellen. *Schweizerische Landwirtschaftliche Forschung, Sonderheft DOK, Nr. 1*, 15 S.
- PFIFFNER, L., MÄDER, P., BESSON, J.-M., NIGGLI, U., 1993: DOK-Versuch: vergleichende Langzeit-Untersuchungen in den drei Anbausystemen biologisch-dynamisch, organisch-biologisch und konventionell. III. Boden: Untersuchungen über die Regenwurmpopulationen. *Schweizerische Landwirtschaftliche Forschung*, 32 (4), 547-564.
- PFIFFNER, L., MÄDER, P., BESSON, J.-M., NIGGLI, U., 1997: Effects of Biodynamic, Organic and Conventional Production Systems on Earthworm Populations. *Entomological Research in Organic Agriculture*. AB Academic Publishers. 3-10.
- SCHMID, A., 1999 : Das Sandwich-System in der Bodenpflege von Obstanlagen. Interner Bericht *FiBL*, CH-5070 Frick.
- SRVA, LBL, *FiBL*, FAT, 1998: Ökologische und produktionstechnische Entwicklung landwirtschaftlicher Pilotbetriebe 1991 bis 1996. Schlussbericht der Nationalen Projektgruppe Öko-Pilotbetriebe. *FAT, Tänikon*, 169 S.

Sortenwahl - Ein Element zur Unkrautunterdrückung

Dr. Peter Niemann

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Unkrautforschung, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig

Zusammenfassung

Es wird ein Überblick über das Phänomen der sortengebundenen Unkrautunterdrückung gegeben. Diese Eigenschaft findet sich weltweit in nahezu sämtlichen Kulturpflanzenassortimenten. Es handelt sich dabei um ein indirektes Wirkprinzip mit einem Wirkungsgrad von etwa 50 %. Das komplexe Merkmal Unterdrückung lässt sich ursächlich auf die überdurchschnittliche Ausprägung bestimmter Einzelmerkmale wie Deckungsgrad, Wuchshöhe und Wachstumsgeschwindigkeit einer Sorte zurückführen. Obwohl die Variabilität dieser Merkmale in den Sortimenten bereits jetzt schon hoch ist, ließe sie sich durch gezielte Züchtungsschritte noch weiter steigern. Eine routinemäßige Prüfung und Bewertung des Unkrautunterdrückungsvermögens von Sorten wären im Rahmen des Zulassungsverfahrens für Sorten grundsätzlich möglich. Die praktische Nutzung dieser kostenneutralen Sorteneigenschaft in ganzheitlichen Konzepten zur Unkrautbekämpfung ist sowohl im ökologischen als auch im konventionellen Landbau problemlos zu realisieren.

Einleitung

Bei dem vielfältigen Erscheinungsbild von Sorten ist zu erwarten, dass von diesem Phänomen auch Einflüsse auf das Wachstum von Unkräutern in den Kulturpflanzenbeständen ausgehen können. „Für die Forschung und Züchtung bietet sich auf diesem Gebiet noch ein erfolgversprechendes Betätigungsfeld“ (RADEMACHER, 1938). Diese Einschätzung hat in Jahrzehnten nichts an Bedeutung eingebüßt. Es hat allerdings eines halben Jahrhunderts bedurft, bis diesen ersten Überlegungen weltweite wissenschaftliche Aktivitäten in nennenswertem Umfang gefolgt sind. Die neueren Arbeiten sind u. a. durch den Wunsch nach Ergänzungen zur chemischen Unkrautbekämpfung ausgelöst worden. Am deutlichsten zeigt sich dies am Beispiel Australiens, dem Land mit den wohl gravierendsten Problemen von Herbizidresistenz bei Unkräutern. Zur Problemlösung sollen hier neben anderen anbautechnischen Maßnahmen auch konkurrenzstärkere Weizensorten beitragen (COUSENS und MOKHTARI, 1998). Aus nahe liegenden Gründen sind unkrautunterdrückende Sorten überdies für den ökologischen Landbau von besonderer Bedeutung (COSSER et al., 1997). In Deutschland wurden Beiträge zur sortenspezifischen Unkrautunterdrückung im laufenden Jahrzehnt insbesondere durch die Dissertationen von EISELE (1992), VERSCHWELE (1994) und KORR (1997) geleistet. Im Folgenden soll ein konzentrierter Überblick über den gegenwärtigen Stand des Wissens und die Nutzungsmöglichkeiten gegeben werden.

Ursachen und Wirkungsweisen der sortenspezifischen Unkrautunterdrückung

Zwischen Kulturpflanzenbeständen und Unkräutern bestehen vielfältige Wechselwirkungen. Diese werden mit dem übergeordneten Begriff Interferenz bezeichnet, der sich in die beiden Komplexe Konkurrenz und Allelopathie aufgliedern lässt. Unter Konkurrenz ist der Wettbewerb um die Wachstumsfaktoren Licht, Nährstoffe und Wasser zwischen Organismen zu verstehen, während die Allelopathie die Wirkung sekundärer Stoffwechselprodukte einer Pflanze auf eine andere kennzeichnet. Beide Phänomene, interspezifische Konkurrenzkraft und Allelopathie, sind nicht nur auf Artebene bedeutend, sondern sie können überdies auch sortenspezifisch ausgeprägt sein. Im Folgenden soll primär auf die Ursachen einer herausragenden interspezifischen Konkurrenzkraft von Sorten eingegangen werden. Gleichwohl gewinnt auch die sortengebundene Alle-

lopathie als ein Ansatz zur Regulierung von Unkrautwachstum zunehmend an Interesse (WU et al., 1999).

Die überdurchschnittliche Konkurrenzkraft von bestimmten Sorten wird übereinstimmend auf deren hohe Bodenbeschattung als Folge einer besonderen Sprossmorphologie zurückgeführt. Neben einem hohen Deckungsgrad stellen auch die Wuchshöhe in Verbindung mit einem zügigen Jugendwachstum entscheidende Einzelmerkmale für die Herausbildung des komplexen Merkmals Unkrautunterdrückung dar (WALL, 1983). Diese Feststellung gilt generell für alle Kulturarten. Verstärkend kann die Bestandesdichte als eine Komponente der Kulturkonkurrenz hinzu kommen, die das Getreide mit Bestandesdichten von mehreren Hundert Pflanzen pro m^2 gegenüber weitreihigen Kulturen wie Zuckerrüben mit teilweise nur zehn Pflanzen pro m^2 begünstigt. Die volle Wirksamkeit der sortengebundenen Unkrautunterdrückung entfaltet sich erst nach dem Schließen des Bestandes. Bei weitreihigen Kulturen kann daher lediglich die Spätverunkrautung nennenswert unterdrückt werden, während bei Getreide die wirksame Phase bereits früher einsetzt. Die Unterdrückung des Unkrauts manifestiert sich in einer Wuchsminderung, ohne jedoch die Reproduktion vollständig zu unterbinden. Es handelt sich also um eine indirektes Bekämpfungsprinzip, das nicht wie ein direktes auf die Abtötung gerichtet ist. Über die Rolle einer sortenspezifischen Wurzelmorphologie oder -leistung für die Herausbildung einer differenzierten Unkrautunterdrückung liegen bisher noch keine hinreichend gesicherten, allgemein gültigen Informationen vor.

Kulturartenspektrum und Wirkungsgrade

Eine sortenspezifische Unkrautunterdrückung lässt sich weltweit an den Sortimenten nahezu sämtlicher Kulturarten nachweisen. Der festgestellte Wirkungsgrad beträgt im Mittel etwa 50 %, wenn Sorten mit extremen Merkmalsausprägungen gegenübergestellt werden (Abbildung 1). Die meisten Ergebnisse liegen mit Getreide vor, seltener wurden bisher breitblättrige Kulturen wie Gemüsearten, aber auch Raps, Lupinen und Sonnenblumen untersucht (Tabelle 1). Letztere sind wegen ihrer Nutzung als nachwachsende Rohstoffe und der teils geringen Verfügbarkeit von zugelassenen Herbiziden (Lückenindikationen) lohnende Forschungsobjekte.

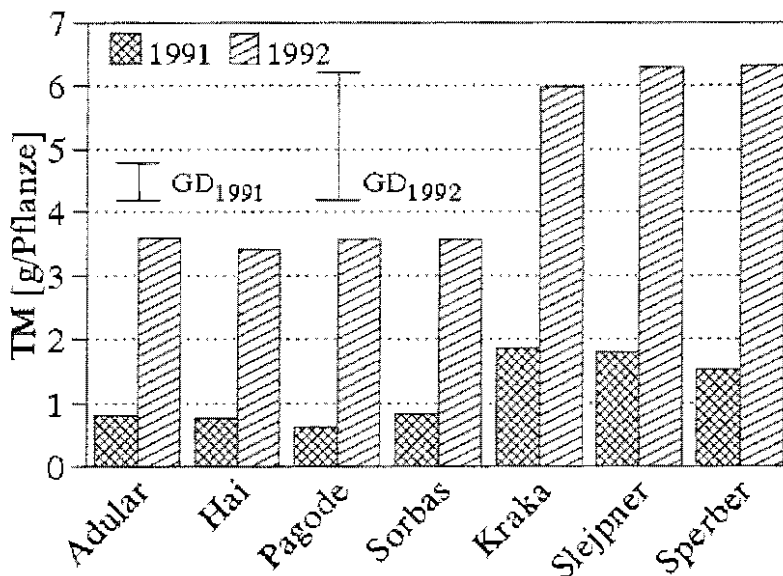


Abb. 1: Sprossmasse von *Myosotis arvensis* [TM g/Pflanze] in Abhängigkeit von der Winterweizensorte und dem Jahr (VERSCHWELE, 1994).

Tabelle 1: Literatúrauswahl zur sortenspezifischen Unkrautunterdrückung

Kultur	Land	Maximaler Effekt	Quelle
Weizen	Australien	3,5fach geringerer Ertragsverlust	COUSENS und MOKHTARI, 1998
Weizen	Deutschland	50 % Unkrautunterdrückung	EISELE, 1992
Gerste	Dänemark	60 % Unkrautunterdrückung	CHRISTENSEN, 1995
Reis	Philippinen	75 % Unkrautunterdrückung	GARRITY et al., 1992
Soja	USA	9,5fach höhere Kulturkonkurrenz	JORDAN, 1992
Kartoffel	Deutschland	75 % Unkrautunterdrückung	KORR, 1997
Mais	USA	30 % höherer Ertrag	FORD und PLEASANT, 1994
Raps	Deutschland	30 % Unkrautunterdrückung	NIEMANN, 1998 a
Zuckerrübe	Niederlande	75 % weniger Unkrautsamen	GROENEVELD et al., 1992
Bohne	Kanada	35 % Unkrautunterdrückung	MALIK et al., 1993
Sonnenblume	Deutschland	60 % Unkrautunterdrückung	NIEMANN, 1998 b
Lupine	Deutschland	50 % Unkrautunterdrückung	NIEMANN, unveröffentlicht

Nutzungsmöglichkeiten

Die Bindung der gewünschten Eigenschaft an die Sorte eröffnet die Möglichkeit, bereits mit der Sortenwahl eine wichtige Vorentscheidung über die weiteren Maßnahmen der Unkrautbekämpfung in einer Kultur vorzunehmen. Die Sorte stellt in zunehmendem Maße ein zentrales pflanzenbauliches Produktionsmittel dar, mit dem bereits bei der Saat grundlegende und weitreichende Festlegungen getroffen werden. Neben Ertrag, Qualität und Krankheitsresistenz wird mit der Sortenwahl über weitere produktionstechnisch wichtige Aspekte wie Standortkompatibilität, Ansprüche an Vorfrucht und Saatzeit sowie Kältetoleranz und Lagerfestigkeit entschieden. In diese Aufzählung ließe sich das Merkmal Unkrautunterdrückung problemlos einreihen. Die Sortenwahl zeichnet sich zudem dadurch aus, dass sie kostenneutral ist. Die gewünschten Merkmale werden quasi gratis mitgeliefert. Wegen der eingeschränkten Wirkung gegen Unkräuter ist es allerdings erforderlich, neben der Sorte weitere Maßnahmen in ein ganzheitliches Konzept zur ausreichenden Unkrautbekämpfung mit einzubeziehen. Generell bieten sich hierzu sämtliche verfügbaren Maßnahmen an. Speziell im ökologischen Landbau haben dabei nicht-chemische Verfahren wie Mechanik oder z. B. die Reihendüngung (Abbildung 2) einen hohen Stellenwert, während im konventionellen Anbau u. a. Herbizidunterdosierungen (Abbildung 3) in Betracht kommen können. In einer bedarfsgerechten und zielkonformen Kombination aller verfügbaren Möglichkeiten der Unkrautbekämpfung liegt die Chance einer vermehrten Nutzung auch der graduell wirkenden Verfahren.

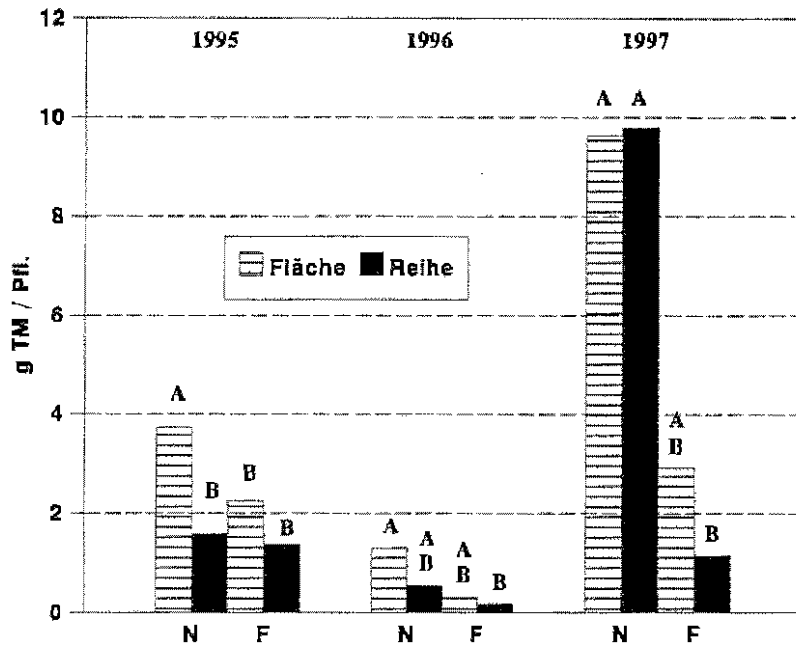


Abb. 2: Trockenmasse (g) von *Solanum nigrum* in Abhängigkeit von der Sonnenblumensorte (N = Naindor, F = Frankasol), der N-Platzierung (Flächen- bzw. Reihendüngung) und dem Jahr. Gleiche Buchstaben bedeuten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Werten (TUKEY-Test, $\alpha = 0,05$) (NIEMANN, 1998 b).

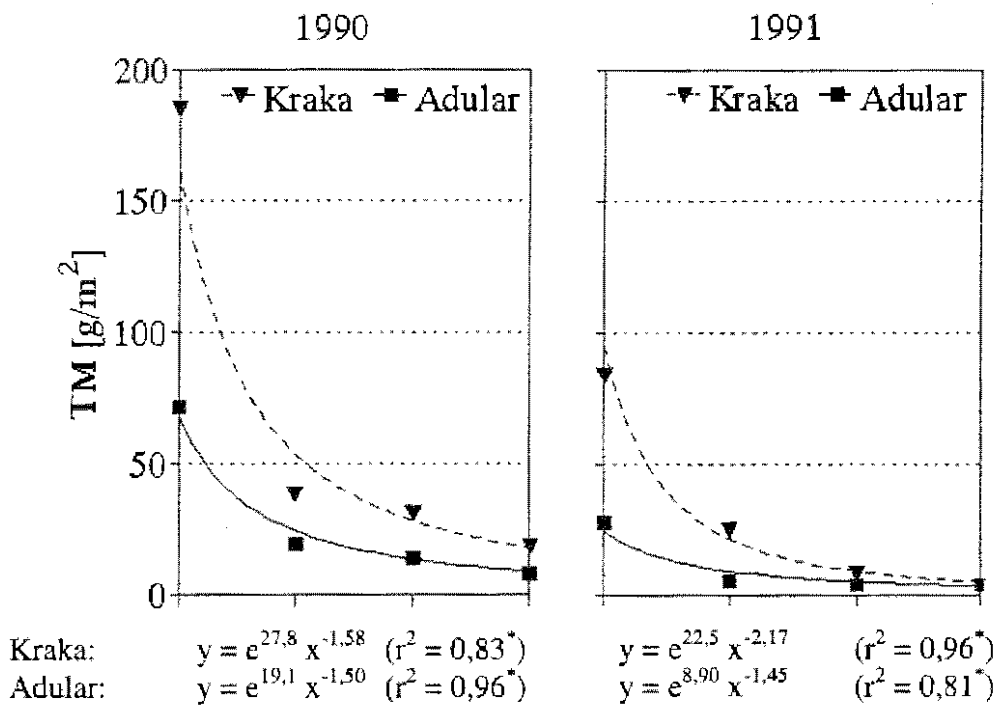


Abb. 3: Beziehung zwischen der Aufwandmenge von Arelon fl. (Isoproturon) [l/ha] und der Unkraut-Sprossmasse [TM g/m²] in Abhängigkeit von der Winterweizensorte und dem Jahr (VERSCHWELE, 1994).

Züchtungsansätze

Im Vorfeld einer zielgerichteten Züchtung lässt sich das Phänomen der sortengebundenen Unkrautunterdrückung bereits heute nutzen, da die Sortimente eine hinreichende Variabilität des gewünschten Merkmals aufweisen (NIEMANN, 1992; VERSCHWELE, 1994). In zeitlich und räumlich voneinander unabhängigen jeweils mehrjährigen Untersuchungen wurden zudem einige Winterweizensorten bezüglich der Ausprägung dieses Merkmals übereinstimmend bewertet. So sind nach EISELE (1992) und VERSCHWELE (1994) 'Apollo' und 'Obelisk' konkurrenzstarke Sorten, 'Sperber' hingegen eine konkurrenzschwache. Nach Angaben von CHRISTENSEN (1994) und VERSCHWELE (1994) ist 'Rektor' als intermediär und 'Slejpner' als sehr konkurrenzschwach einzustufen. Diese deutliche Übereinstimmung spricht für die Umweltstabilität des Merkmals Unkrautunterdrückung. Es ist überdies auch durchaus möglich, dass neben einer hohen interspezifischen Konkurrenzkraft eine Vielzahl weiterer produktionstechnisch erwünschter Eigenschaften auf ein und derselben Sorte vereint sind, wie das Beispiel der Winterweizensorte 'Batis' belegt (Tabelle 2). Auch gibt es unter den Weizensorten, die für den ökologischen Landbau empfohlen werden (GRUBER, 1999), bereits jetzt solche, die herbologisch als positiv gelten, wie 'Bussard' und 'Pegassos' (NIEMANN, unveröffentlicht). Durch systematische und fortlaufende Bonitierungen der aktuellen Sortimente auf die relevanten morphologischen Merkmale Deckungsgrad und Wuchshöhe ließe sich der Wissensstand über das Unkrautunterdrückungsvermögen ständig aktualisieren und erweitern und könnte zudem unmittelbar in Abbauempfehlungen für die Praxis einfließen.

Tabelle 2: Bewertung der beiden Standard-Winterweizensorten 'Batis' und 'Ritmo' nach Angaben in der Beschreibenden Sortenliste (BUNDESSORTENAMT, 1999).

Merkmal	Batis	Ritmo
Vermehrungsfläche 1998	3.800 ha (3. Sorte)	7.300 ha (1. Sorte)
Qualitätsgruppe	A	B
Kornertrag	6	7
Mehltauanfälligkeit	3	5
Lagerneigung	5	3
Tausendkorngewicht	7	5
Auswinterungsneigung	5	3
Unkrautunterdrückung ¹⁾	8	4

¹⁾ nach eigenen Bonitierungen

Ein fortgeschritteneres Züchtungsstadium würde das Selektieren auf relevante Einzelmerkmale wie die Blattfläche darstellen. Dieser Weg wird u. a. in Australien beschritten (LEMERLE et al., 1996). Weiterhin kann schließlich durch Einkreuzen die Merkmalsausprägung zielgerichtet optimiert werden. Dabei erscheint allerdings ein Rückgriff auf "alte" Sorten nicht unbedingt erforderlich zu sein, da diese die gewünschten Merkmalsausprägungen nicht in jedem Fall aufweisen (Tabelle 3).

Tabelle 3: Blattfläche (mm²/Pfl.), gemittelt für jeweils fünf „alte“ und fünf „neue“ Sommerweizensorten (FEIL, 1987).

Sorten	gesamt	7. Blatt	6. Blatt	5. Blatt	4. Blatt
„alte“	18.090	4.380	5.230	5.010	3.470
„neue“	18.470	4.700	5.770	4.900	3.100
GD _{0,05}	n. s.	n. s.	.470	n. s.	.280

Sortenprüfung und -zulassung

Sorten unterliegen vor ihrer Markteinführung einem behördlichen Zulassungsverfahren. Hierzu werden mehrortige Prüfversuche angelegt, denen in der Regel eine Vielzahl produktionstechnischer Eignungstests auf Länderebene (Landessortenversuche) folgen. Es bietet sich daher an, das Merkmal Unkrautunterdrückung in diesen Versuchen mit zu prüfen, ohne zusätzliche spezielle Tests durchführen zu müssen. Bei Getreide könnte eine destruktionsfreie indirekte Prüfung der Eigenschaft Unkrautunterdrückung im Rahmen der Landessortenversuche, die bundesweit jährlich sehr zahlreich angelegt werden, erfolgen. Neben dem Deckungsgrad und der Wuchshöhe könnte vereinfachend auch eine Gesamtnote vergeben werden, die alle relevanten Einzelmerkmale integriert (Tabelle 4). Bei Getreide wären die drei Entwicklungsstadien BBCH 27, 32, und 55 terminlich für die Bonitierungen optimal, wie ein eigens hierzu an drei Orten über zwei Jahre durchgeführter Optimierungsversuch ergab (NIEMANN, unveröffentlicht).

Tabelle 4: Bewertung der interspezifischen Konkurrenzkraft von Winterweizensorten nach verschiedenen Kriterien (VERSCHWELE und NIEMANN, 1993).

Sorte	Deckungsgrad	Höhe	Wachstum	Note
Orestis	++	0	+	++
Pagode	++	0	-	++
Obelisk	++	0	+	++
Boheme	+	0	+	+
Rektor	+	0	0	+
Astron	+	0	0	+
Kanzler	0	+	0	0
Andros	+	0	0	0
Contra	0	-	+	0
Tristan	0	+	0	0
Sperber	--	+	0	-
Kraka	--	+	-	-
Slejpner	-	--	-	--

+ hohe, 0 mittlere, - niedrige Ausprägung

Schlussfolgerungen

In den aktuellen Sortimenten von fast sämtlichen Kulturpflanzenarten findet sich eine hinreichende Variabilität der gewünschten morphologischen Merkmale, die unmittelbar genutzt werden könnte. Durch eine gezielte Züchtung ließe sich der unkrautunterdrückende Effekt von Sorten noch weiter optimieren. Die Wirkung ist, wie bei allen indirekten Verfahren, graduell, und sie wird erst nach Bestandesschluss voll erreicht. Dadurch ist das Getreide begünstigt, wohingegen bei weitreihigen Kulturen ein Effekt in erster Linie gegen die Spätverunkrautung zu erwarten ist. Ein ganzheitliches Konzept zur Unkrautbekämpfung muss – aufbauend auf der Sortenwahl – weitere indirekte und direkte Maßnahmen in Betracht ziehen, um die produktionstechnisch notwendigen Wirkungsgrade nachhaltig zu erzielen.

Literatur

- BUNDESSORTENAMT, 1999: Beschreibende Sortenliste Getreide, Mais, Ölfrüchte, Leguminosen, Hackfrüchte. Hannover, Landbuch Verlagsgesellschaft mbH.
- CHRISTENSEN, S., 1994: Weed crop competition and herbicide performance in cereal species and varieties. *Weed Res.* **34**, 29-36.
- CHRISTENSEN, S., 1995: Weed suppression ability of spring barley varieties. *Weed Res.* **35**, 241-248.
- COSSER, N. D., GOODING, M. J., THOMPSON, A. J., und FROUD-WILLIAMS, R. J., 1997: Competitive ability and tolerance of organically grown wheat cultivars to natural weed infestations. *Ann. Appl. Biol.* **130**, 523-535.
- COUSENS, R. D., und MOKHTARI, S., 1998: Seasonal and site variability in the tolerance of wheat cultivars to interference from *Lolium rigidum*. *Weed Res.* **38**, 301-307.
- EISELE, J.-A., 1992: Sortenwahl bei Winterweizen im Organischen Landbau unter besonderer Berücksichtigung der morphologisch bedingten Konkurrenzskraft gegenüber Unkräutern. Dissertation Universität Bonn.
- FEIL, B., 1987: Untersuchungen zur Physiologie und Morphologie alter und neuer Weizensorten (*Triticum aestivum* L.) unter besonderer Berücksichtigung des Stickstoffhaushalts. Dissertation Universität Kiel.
- FORD, G. T., und PLEASANT, J. M., 1994: Competitive ability of six corn (*Zea mays* L.) hybrids with four weed control practices. *Weed Technol.* **8**, 124-128.
- GARRITY, D. P., MOVILLON, M., und MOODY, K., 1992: Differential weed suppression ability in upland rice cultivars. *Agron. J.* **84**, 586-591.
- GROENEVELD, R. M. W., und LOTZ, L. A. P., 1992: Effects of sugar beet cultivars on survival and reproduction of late emerging weeds. *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent* **57/3b**, 1009-1011.
- GRUBER, H., 1999: Mehl nur bei hohem Klebergehalt. *Bauernzeitung* (38), 30-31.
- JORDAN, N., 1992: Differential interference between soybean (*Glycine max*) varieties and common cocklebur (*Xanthium strumarium*): a path analysis. *Weed Sci.* **40**, 614-620.
- KORR, V., 1997: Auswirkungen direkter und indirekter Regulierungsmaßnahmen auf Ressourcenkonkurrenz und Artenvielfalt der Unkrautflora in extensiven Landnutzungssystemen. Dissertation TU München.
- LEMERLE, D., VERBEEK, B., COUSENS, R. D., und COOMBES, N. E., 1996: The potential for selecting wheat varieties strongly competitive against weeds. *Weed Res.* **36**, 505-513.

- MALIK, V. S., SWANTON, C. D., und CHANDLER, J. M., 1993: Interaction of white beans (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars, row spacing, and seedling density with annual weeds. *Weed Sci.* **41**, 62-68.
- NIEMANN, P., 1992: Unkrautunterdrückendes Potential von Wintergerstensorten. *Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderh.* **XIII**, 149-159.
- NIEMANN, P., 1998 a: Zur Sortenfrage bei der Unkrautunterdrückung durch Rapsbestände. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem, Heft* **340**, 62-83.
- NIEMANN, P., 1998 b: Sortenwahl und Reihendüngung als Elemente einer integrierten Unkrautbekämpfung bei Sonnenblumen. *Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderh.* **XVI**, 467-474.
- RADEMACHER, B., 1938: Gedanken zur Fortentwicklung der Unkrautbekämpfung im Getreide. *Pflanzenbau* **14**, 449-465.
- VERSCHWELE, A., 1994: Sortenspezifische Kulturkonkurrenz bei Winterweizen als begrenzender Faktor für das Unkrautwachstum. Dissertation Universität Göttingen.
- VERSCHWELE, A., und NIEMANN, P., 1993: Indirekte Unkrautbekämpfung durch Sortenwahl bei Weizen. 8th EWRS Symposium, Braunschweig, 799-806.
- WALL, P. C., 1983: The role of plant breeding in weed management in the advancing countries. In: *Improving weed management. FAO Rome. Plant Production and Protection Paper (44)*, 40-49.
- WU, H., PRATLEY, J., LEMERLE, D., und HAIG, T., 1999: Crop cultivars with allelopathic capability. *Weed Res.* **39**, 171-180.

Unkrautunterdrückung und -bekämpfung durch Fruchtfolgegestaltung, Bodenbearbeitung, Aussaatzeit, Saatmenge und Stickstoffversorgung

Dr. Bernhard Pallott

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für integrierten Pflanzenschutz, Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow

Zusammenfassung

Von den indirekten Maßnahmen zur Unkrautbekämpfung bzw. -unterdrückung bildet die Fruchtfolge den wichtigsten Einzelfaktor. Ihre Wirkung auf die Zurückdrängung der Unkräuter ist beim jährlichen Wechsel von Blatt- und Halmfrüchten am stärksten.

Die Grundbodenbearbeitung, die wendend oder nichtwendend erfolgen kann, hat einen erheblichen Einfluss auf die Verunkrautung. Nach unkrautarmen Blattfrüchten kann durch eine nichtwendende Bodenbearbeitung der Unkrautauflauf bis um 50 % vermindert werden, während in getreidebetonten Fruchtfolgen durch den Pflugverzicht *Apera spica-venti*, *Alopecurus myosuroides* und *Bromus*-Arten zunehmen. Die Unkrautbekämpfung in der Vorfrucht erhält bei nichtwendender Bodenbearbeitung einen höheren Stellenwert. Selbst ein nur sporadisch vorkommender höherer Unkrautbesatz in der Vorfrucht ist bei Pflugverzicht mit einem sofortigen starken Unkrautauflauf in der Nachfrucht verbunden und wurde vor allem bei *Matricaria*-Arten und *Galium aparine* beobachtet.

Die Stoppelbearbeitung trägt vor allem zur Reduzierung ausdauernder Arten, wie *Agropyron repens* und *Cirsium arvense* bei. Ihre Wirkung gegen einjährige Arten erreicht meist nur Werte bis zu ca. 20 %. Alle Maßnahmen, die die Konkurrenzkraft von Kulturpflanzenbeständen fördern, führen zu einer besseren Unkrautunterdrückung. Hierzu gehören u. a. günstige Vorfrüchte sowie standortbezogene Aussaatmengen, Aussaatzeiten und Stickstoffgaben. Im Vergleich zu direkten mechanischen und chemischen Bekämpfungsmaßnahmen wirken indirekte Möglichkeiten zur Einschränkung der Verunkrautung wesentlich schwächer, so dass eine wirtschaftlich bedeutsame Unkrautunterdrückung mit den indirekten Methoden nur mit einem ganzheitlichem Konzept erreicht werden kann.

Einleitung

Indirekte Maßnahmen zur Unkrautbekämpfung, wie die Fruchtfolgegestaltung sowie die Variation von Aussaatzeit, Aussaatmenge und Stickstoffversorgung, sind auf die Förderung der Konkurrenzkraft des Kulturpflanzenbestandes durch Begünstigung des Wachstums der Kulturpflanzen und Schaffung ungünstiger Auflauf- und Wachstumsbedingungen für Unkräuter gerichtet. Die höchste Unkrautunterdrückung ist meist beim pflanzenbaulichen Optimum der jeweiligen Kulturpflanze gegeben (KOCH u. WALTER, 1985).

Einfluss von ausgewählten acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen auf die Verunkrautung

Fruchtfolge

Von den indirekten Maßnahmen bildet die Fruchtfolge den wichtigsten Einzelfaktor zur Beeinflussung der Verunkrautung. Große Veränderungen in der Unkrautflora treten ein, wenn die Fruchtfolge stark vereinfacht und im Extremfall bis zur Monokultur reduziert wird. Demgegenüber fördert eine ausgewogene Fruchtfolge dichte, gesunde, stark beschattende und damit konkurrenzstarke Kulturpflanzenbestände.

Die Beeinflussung der Verunkrautung durch die Fruchtfolge resultiert vor allem aus:

- der unterschiedlichen Begünstigung des Auflaufens von Herbst- und Frühlingskeimern (z. B. Wechsel von Winter- und Sommergetreide),
- dem Wachstum und damit der Konkurrenzwirkung der angebauten Kultur in Abhängigkeit von der Vorfrucht (Auflaufzeit, Bestandesdichte, Wüchsigkeit),
- dem Anteil konkurrenzstarker bzw. infolge ihrer Anbautechnik unkrautarmer Kulturen,
- der standortgerechten Kulturartenauswahl in der Fruchtfolge und der damit besseren Unkrautunterdrückung.

Unter den Standortbedingungen Ostdeutschlands konnte in Langzeitversuchen mit unterschiedlichen Standortbedingungen der Unkrautauflauf in Getreidebeständen im Vergleich zu Beständen in getreidebetonten Fruchtfolgen durch einen jährlichen Wechsel von Blatt- und Halmfrüchten mehr als halbiert werden (Tabelle 1).

Tabelle 1: Unkrautauflauf (Pflanzen/m²) im Getreide in Abhängigkeit von der Fruchtfolge

1. Kötschau 1982 (nach 7-jähriger Laufzeit; Lößlehm)

	Getreideanteil (%)					
	50		80		100	
Stoppelbearbeitung und Striegeln	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit
Unkräuter insgesamt	88	46	238	100	536	240

2. Glaubitz 1992 (nach 7-jähriger Laufzeit; sandiger Lehm)

	Getreideanteil (%)	
	50	100
Unkräuter insgesamt	153	410
<i>Apera spica-venti</i>	6	92

3. Glaubitz (1994-1998)

	Wintergetreideanteil (%)	
	50	80
Unkräuter insgesamt	266	667
<i>Apera spica-venti</i>	17	213
dikotyle Unkräuter insgesamt	249	434
<i>Stellaria media</i>	30	9
<i>Viola arvensis</i>	29	76
Lamium-Arten	33	71
<i>Veronica hederifolia</i>	40	66
<i>Matricaria inodora</i>	28	59
<i>Centaurea cyanus</i>	16	91

4. Ewiger Roggenbau Halle/S. 1979 (nach 100-jähriger Laufzeit, lehmiger Sand)
(KARCH und SPERI, 1979)

	Ewiger Roggenbau	Roggen/Kartoffeln ¹⁾
Unkräuter insgesamt	496	183
<i>Matricaria chamomilla</i>	63	7
<i>Apera spica-venti</i>	250	60

¹⁾ Umstellung nach 80-jähriger Laufzeit infolge von *Equisetum arvense* auf $\frac{2}{3}$ der Fläche

Diese allein aus der Fruchtfolge resultierende Reduktion des Unkrautauflaufs wurde auf dem Standort Kötschau durch Stoppelbearbeitung und Striegeln zwar in der Höhe aber kaum in der Relation verändert.

In Abhängigkeit von der Ausgangsverunkrautung und den Standortbedingungen fördert ein hoher Getreideanteil in der Fruchtfolge besonders *Agropyron repens* (Abbildungen 1 und 2), *Cirsium arvense* (Abbildung 3) und *Apera spica-venti* (Abbildung 4), wobei die Zunahme von *Agropyron repens* und *Cirsium arvense* erst durch die Unterlassung der Stoppelbearbeitung ermöglicht wurde. Aber auch einzelne dikotyle Arten, wie z. B. *Matricaria*-Arten, *Lamium*-Arten, *Veronica*-Arten, *Centaurea cyanus* und *Viola arvensis*, profitieren von einem hohen Getreideanteil.

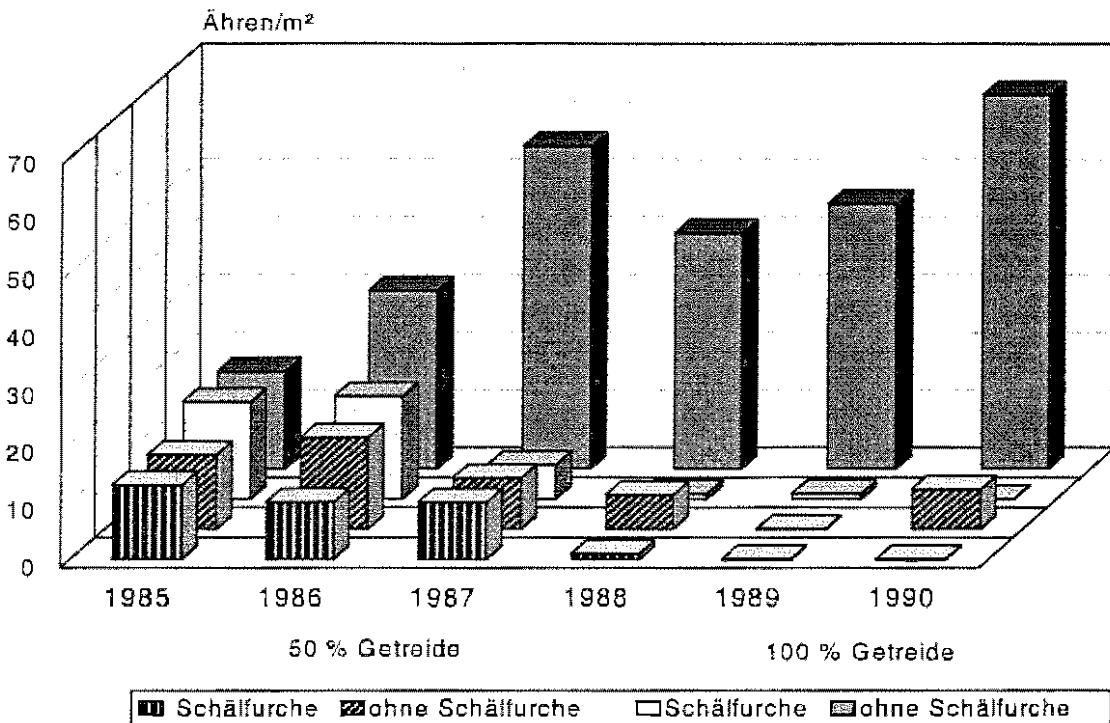


Abb. 1: Populationsdynamik von *Agropyron repens* (Ähren/m²) in Abhängigkeit von der Stoppelbearbeitung und dem Getreideanteil in der Fruchtfolge Glaubitz 1985-1990

Das Ausmaß der fruchtfolgebedingten Zunahme dieser Unkrautarten hängt in starkem Maße von der Jahreswitterung ab, wie dies am Beispiel von *Apera spica-venti* dokumentiert wird (Abbildung 4).

Neben einem überhöhten Getreideanteil kann aber auch eine nicht standortgerechte Fruchtfolgegestaltung zur Verschärfung von Unkrautproblemen führen (Tabelle 2). Auf einem Grenzstandort für den Weizenanbau konnte selbst durch eine Herbizidanwendung der Besatz mit *Apera spica-venti* infolge des schlecht entwickelten Weizenbestandes nicht ausreichend eingeschränkt werden. Mit dem Ersatz des Weizens durch den besonders unter solchen Bedingungen wesentlich konkurrenzstärkeren Roggen ging der Besatz mit *Apera spica-venti* drastisch zurück.

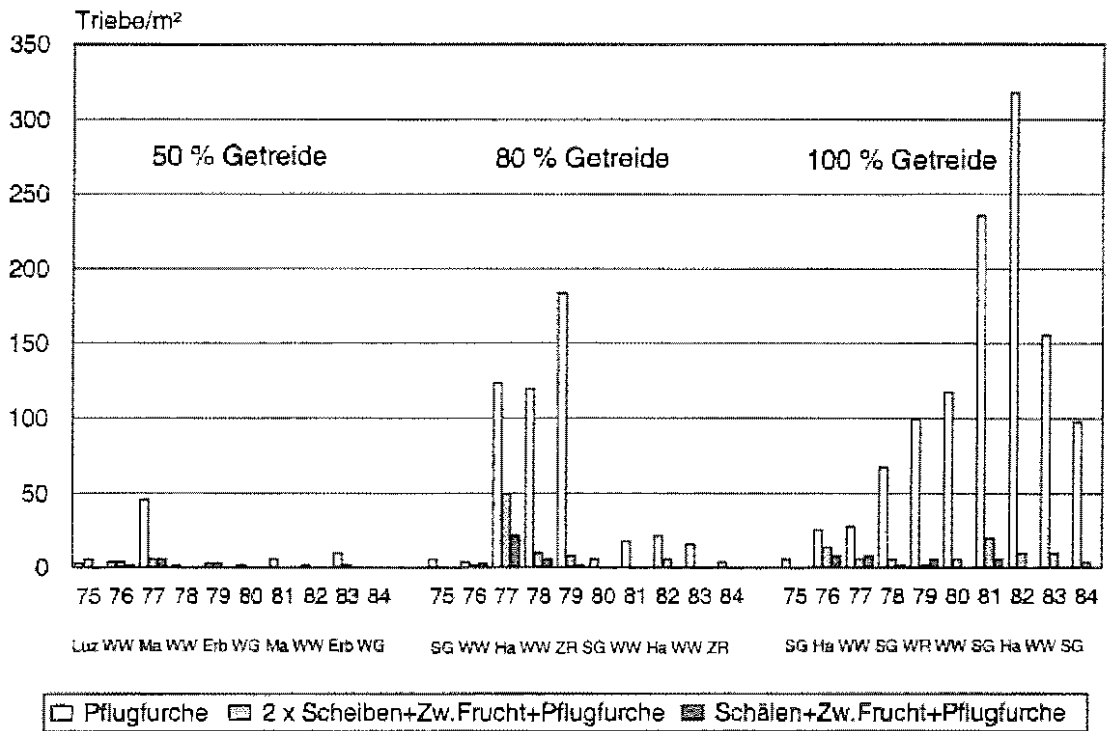


Abb. 2: Populationsdynamik von *Agropyron repens* in Abhängigkeit von der Stoppelbearbeitung und dem Getreideanteil, Köttschau, 1975-1984

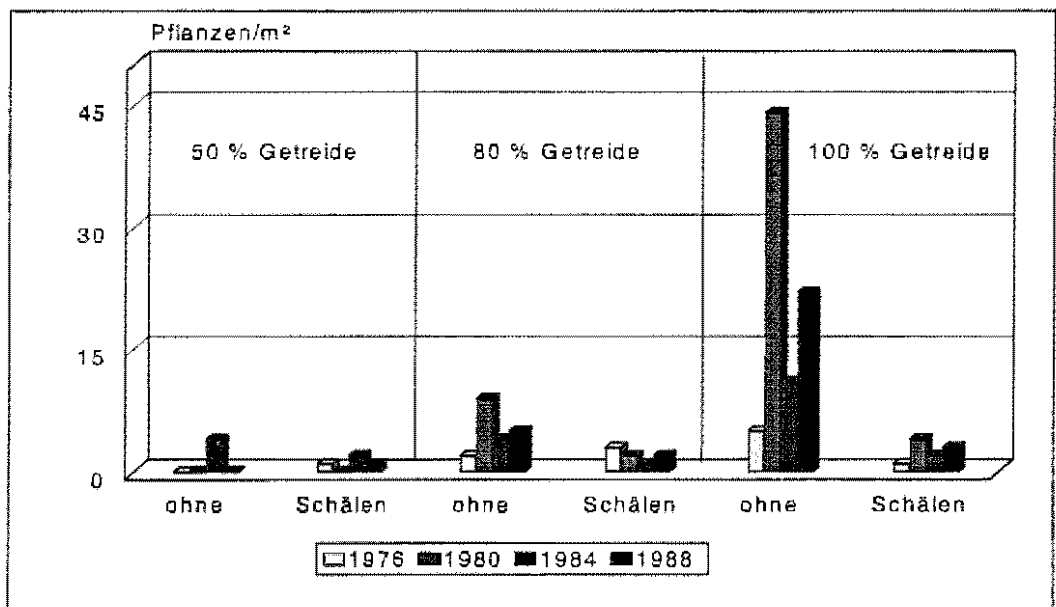


Abb. 3: Populationsdynamik von *Cirsium arvense* in Abhängigkeit von der Fruchtfolge und der Stoppelbearbeitung, Köttschau, 1975-1988

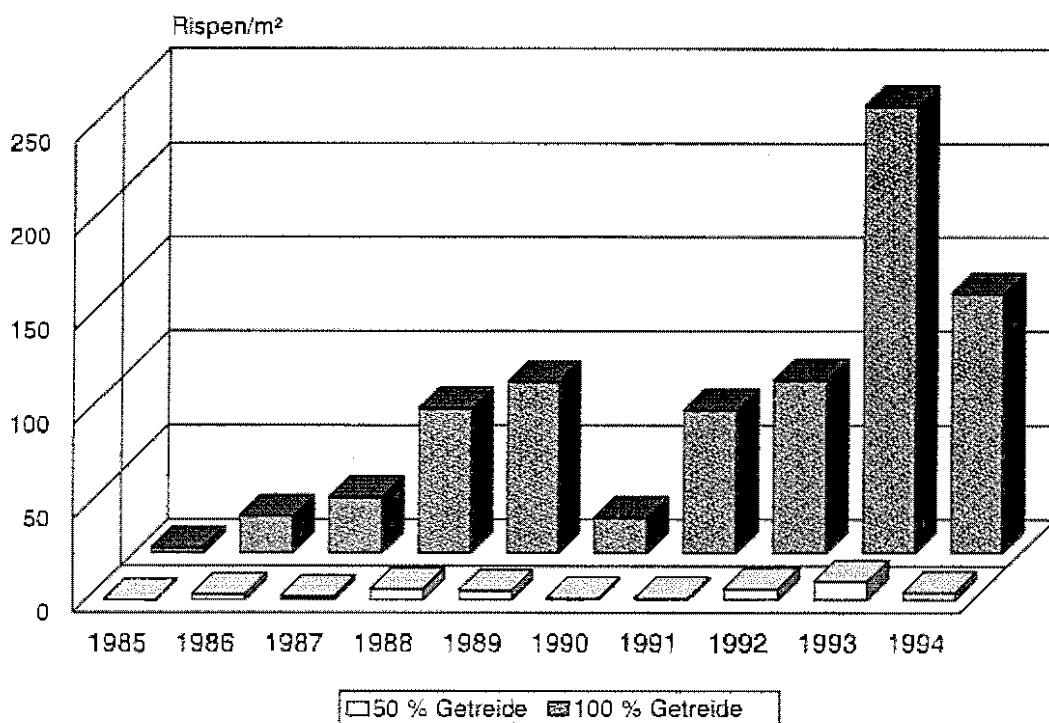


Abb. 4: Populationsdynamik von *Apera spica-venti* in Abhängigkeit vom Getreideanteil Glaubitz, 1985-1994 (Mittel Winterweizen und Wintergerste)

Tabelle 2: Besatz mit *Apera spica-venti* in Wintergetreide bei Anwendung von Nitrofen + Simazin, Witzelroda 1976-1978 (lehmiger Sand)

Fruchtfolge	Zeitraum	Rispen/m ²
Kartoffeln – Winterweizen – Sommergerste	1976-1978	100-240
Kartoffeln – Winterroggen – Sommergerste	1979-1988	ca. 2

Das Vorkommen von *Cirsium arvense* hängt in starkem Maße vom Klee- und Luzerneanteil in der Fruchtfolge ab. Der Luzerneanbau bildet aufgrund des ähnlichen Wurzeltiefganges und damit starker Konkurrenz um Wasser und Nährstoffe ein wirksames Mittel zur Zurückdrängung von *Cirsium arvense* (KUTSCHERA, 1960 u. 1961). So beobachtete auch PLAKOLM (1986), dass in Betrieben mit Klee- und Luzerneanbau *Cirsium arvense* eine untergeordnete Bedeutung besitzt.

Bodenbearbeitung

Die Effekte der **Stoppelbearbeitung** zeigten sich insbesondere im Besatz mit ausdauernden Unkrautarten (Abbildungen 1, 2 und 3). Die Zunahme von sowohl *Agropyron repens* als auch *Cirsium arvense* konnte in einem Langzeitversuch auf den Standorten Glaubitz und Kötschau durch Stoppelbearbeitungsmaßnahmen nahezu verhindert werden. Erwartungsgemäß schnitt dabei die Scheibenegge schlechter als der Schälflug ab (Abbildungen 2 und 5). Der als Zwischenfrucht angebaute Senf besaß auf dem Standort Kötschau infolge des schwachen Wachstums nur einen geringen Einfluss auf das Unkrautwachstum. Der gegenwärtig übliche Einsatz des Schwergrubbers zur Stoppelbearbeitung dürfte in seiner Wirkung gegen *Agropyron repens* in etwa der des Schälfluges entsprechen. Gegen *Cirsium arvense* ist jedoch im Vergleich zum Schälen mit einer Abnahme des Bekämpfungserfolges zu rechnen.

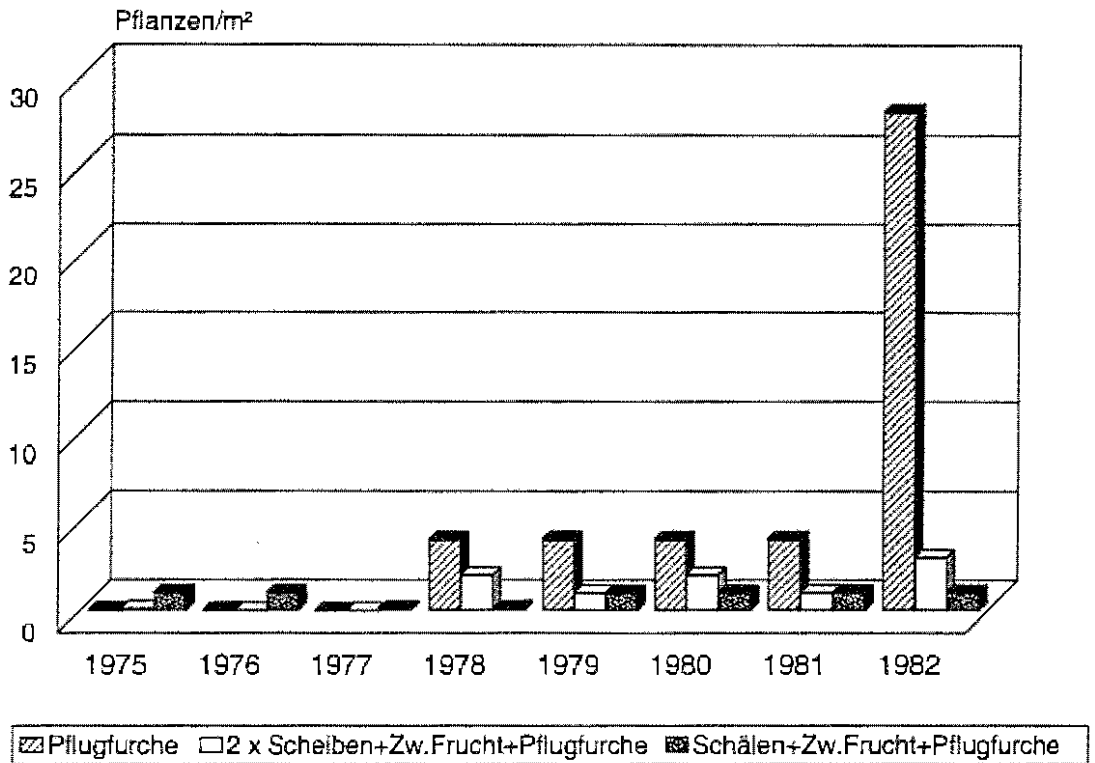


Abb. 5: Populationsdynamik von *Cirsium arvense* in einer Fruchtfolge mit 80 % Getreide in Abhängigkeit von der Stoppelbearbeitung
Kötschau, 1975-1982, (Mittel der Getreidefelder Winterweizen, Sommergerste, und Hafer)

Demgegenüber ist der Einfluss der Stoppelbearbeitung auf einjährige Unkräuter mit einer Auf-
laufverringerung um bis zu ca. 20 % weniger bedeutsam.

Erhebliche Auswirkungen auf den Unkrautauflauf übt die **Grundbodenbearbeitung** aus (PALLUTT, 1998). Sie kann wendend oder nichtwendend erfolgen. Die durch die Bodenbearbeitung verursachten Veränderungen im Unkrautauflauf hängen vor allem von der Fruchtfolge bzw. der Verunkrautung in der Vorfrucht (Tabelle 3) und darüber hinaus von den Witterungsbedingungen ab.

Tabelle 3: Unkrautauflauf (Pflanzen/m²) in Wintergetreide in Abhängigkeit von Bodenbearbeitung und Vorfrucht (Mittelwert Glaubitz 1994-1998)

Vorfrucht	Kartoffeln/Mais		Wintergetreide	
	wendend	nichtwendend	wendend	nichtwendend
Unkräuter insgesamt	266	136	772	849
<i>Apera spica-venti</i>	12	13	258	411
<i>Lamium</i> -Arten	25	12	93	32
<i>Matricaria</i> -Arten	10	8	55	93
<i>Veronica hederifolia</i>	48	15	57	71
<i>Viola arvensis</i>	30	15	84	45

Nach unkrautarmen Kartoffel- und Maisbeständen konnte mit pflugloser Bodenbearbeitung der Unkrautauflauf um bis zu 50 % verringert werden. Im Gegensatz dazu nahm nach Getreidevorrüchten die Verunkrautung bei pflugloser Bodenbearbeitung insbesondere jedoch nach verunkrauteten Vorrüchten zu.

Die Zunahme resultiert im Allgemeinen aus dem stärkeren Auflauf von Gräsern, wie *Apera spica-venti*, *Alopecurus myosuroides* und *Bromus*-Arten (AMANN, 1991; WILSON et al., 1989; BALGHEIM u. KIRCHNER, 1998). Von den dikotylen Arten können sich vor allem *Matricaria*-Arten bei pflugloser Bodenbearbeitung stärker durchsetzen. Eine pfluglose Bodenbearbeitung nach verunkrauteten Vorrüchten fördert nahezu alle in der Vorrucht vorhandene Arten. Die stärkste Verunkrautung ist daher bei pflugloser Bodenbearbeitung nach selbstbegrünten Brachen zu verzeichnen.

Aussaatzeit

Der Aussaattermin beeinflusst über die jahreszeitliche Rhythmik des Unkrautauflaufes, die Witterungsbedingungen nach der Aussaat und die spätere Beschattung durch die Kulturpflanze sowohl die Keimung als auch das Wachstum der Unkräuter.

Im Allgemeinen entwickelt sich die Verunkrautung nach früher Aussaat stärker als nach später und führt ferner zu einer veränderten Zusammensetzung der Unkrautflora (Tabelle 4). Einjährige sommerannuelle Unkrautarten treten nach früher Aussaat infolge hoher Deckungsgrade der Kulturpflanzen im Frühjahr nur vereinzelt auf.

Tabelle 4: Einfluss der Aussaatzeit auf die Zusammensetzung und Dichte der Unkrautflora sowie das Unkrautwachstum in Winterweizen, Güterfelde 1990/91 (lehmi-ger Sand)

1. Unkrautflora und Unkrautdichte

Aussaat-termin	Unkrautdichte (Pflanzen/m ²)								
	Unkraut insges.	VIOAR	CAPBP	MYOAR	STEME	CHEAL	POLCO	RAPRA	APESV
27.09. ¹⁾	416	353	16	10	7	-	-	-	30
30.10. ²⁾	96	22	14	-	2	35	5	2	16

¹⁾ Mittelwert aus drei Versuchen

²⁾ Mittelwert aus sechs Versuchen

2. Unkrautwachstum

Aussaattermin	GDG (%) ³⁾	APESV Rispen/m ²	Rispen/Pflanze	Wuchshöhe (cm)
27.09. ¹⁾	14	25	0,8	38
30.10. ²⁾	3	30	1,9	61

¹⁾ Mittelwert aus drei Versuchen

²⁾ Mittelwert aus sechs Versuchen

³⁾ GDG = Gesamtdeckungsgrad (%) Mitte Mai

Einer verspäteten Aussaatzeit zur Begrenzung des Unkrautwachstums sind aber infolge der Abnahme des Ertrages wirtschaftliche Grenzen gesetzt (Tabelle 5).

Tabelle 5: Einfluss der Aussaatzeit auf den Getreideertrag und die Unkrautkonkurrenz in Winterweizen, Güterfelde 1990/91

Aussaattermin	Ertrag (dt/ha)	unkrautbedingter Minderertrag (dt/ha)
27.09. ¹⁾	61,3	8,0
30.10. ²⁾	52,5	1,7

¹⁾ Mittelwert aus drei Versuchen

²⁾ Mittelwert aus sechs Versuchen

Praktikabler erscheint die Möglichkeit, den Unkrautaufbau durch einen möglichst langen Abstand zwischen Pflügen und Saatbettbereitung zu reduzieren (Tabelle 6).

Tabelle 6: Einfluss des Zeitraumes zwischen Pflugfurche und Saatbettbereitung auf den Unkrautaufbau (Pflanzen/m²), Güterfelde 1994

Zeitraum zwischen Pflügen und Saatbettbereitung	Unkraut insgesamt	VIOAR	APESV
7 Tage	314	226	69
18 Tage	172	62	69

Aussaatmenge und Stickstoffdüngung

Die Konkurrenzkraft von Getreidebeständen kann sowohl durch die Aussaatmenge als auch durch die Stickstoffversorgung beeinflusst werden. Beide Faktoren wirken mittels der Bestandesdichte vor allem über die Beschattung durch den Kulturpflanzenbestand auf das Wachstum der Unkräuter ein. Bezüglich eines erhöhten Stickstoffangebotes besteht allerdings die Frage, ob davon stärker die Kulturpflanze oder das Unkraut profitiert. Dies hängt insbesondere von den Unkrautarten aber auch der Höhe und der Verteilung der Stickstoffgaben ab (Tabelle 7).

Tabelle 7: Verunkrautung von Wintergetreide in Abhängigkeit von der Intensität der Stickstoffdüngung

Glaubitz 1997 und 1998 (Mittelwerte von Winterweizen und Wintergerste des vierten und fünften Jahres eines Langzeitversuches)

Intensität Stickstoffdüngung	Unkrautbekämpfung								
	ohne				2-4 mal Striegeln				
	Verunkrautung insges. ¹⁾	MATN ¹⁾	GALAP ¹⁾	APESV ²⁾	Verunkrautung insges. ¹⁾	MATIN ¹⁾	GALAP ¹⁾	APESV ²⁾	Mehrertrag ³⁾ (dt/ha)
Ohne	42	13	0,1	142	26	8	1	27	12,4
Gering	53	18	3	83	28	6	1	23	12,1
Mittel	52	14	4	57	26	2	3	19	8,5
Optimal	42	4	15	22	17	2	8	13	7,0
Überoptimal	34	3	19	16	15	2	8	9	6,2

¹⁾ Deckungsgrad (%)

²⁾ Rispen/m²

³⁾ Mehrerträge durch Striegeln

Eine angemessene Stickstoffversorgung stärkt somit die Konkurrenzkraft des Getreides gegenüber den meisten Unkräutern. *Viola arvensis*, *Matricaria*-Arten, *Veronica*-Arten aber auch *Apera spica-venti* werden durch ein stärkeres Getreidewachstum besser unterdrückt. Besonders deutlich kommt die Schwächung der Konkurrenzkraft des Getreidebestandes durch Verzicht auf die mineralische Stickstoffdüngung in der Förderung des Wachstums von *Cirsium arvense* zum Ausdruck (Abbildung 6).

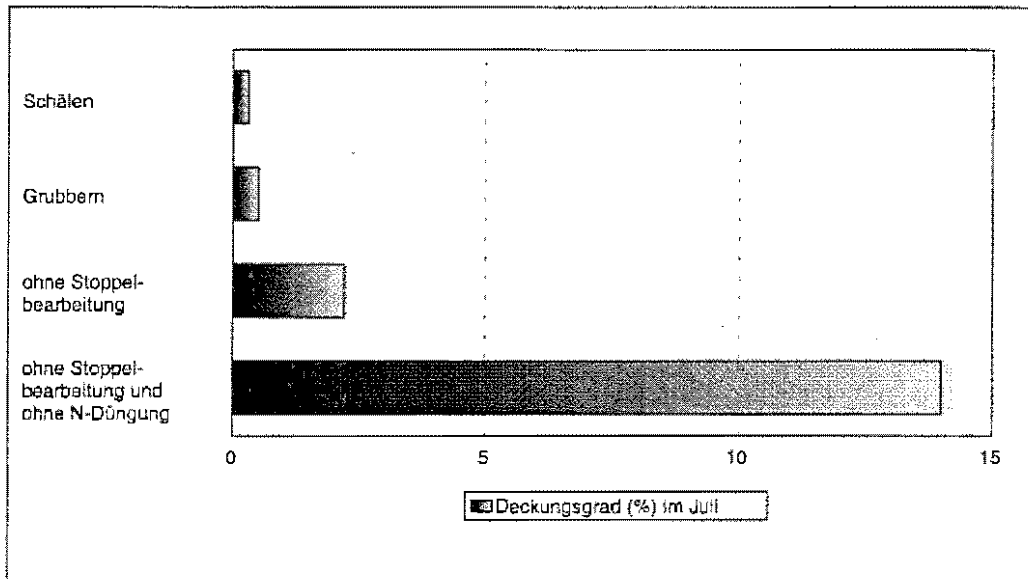
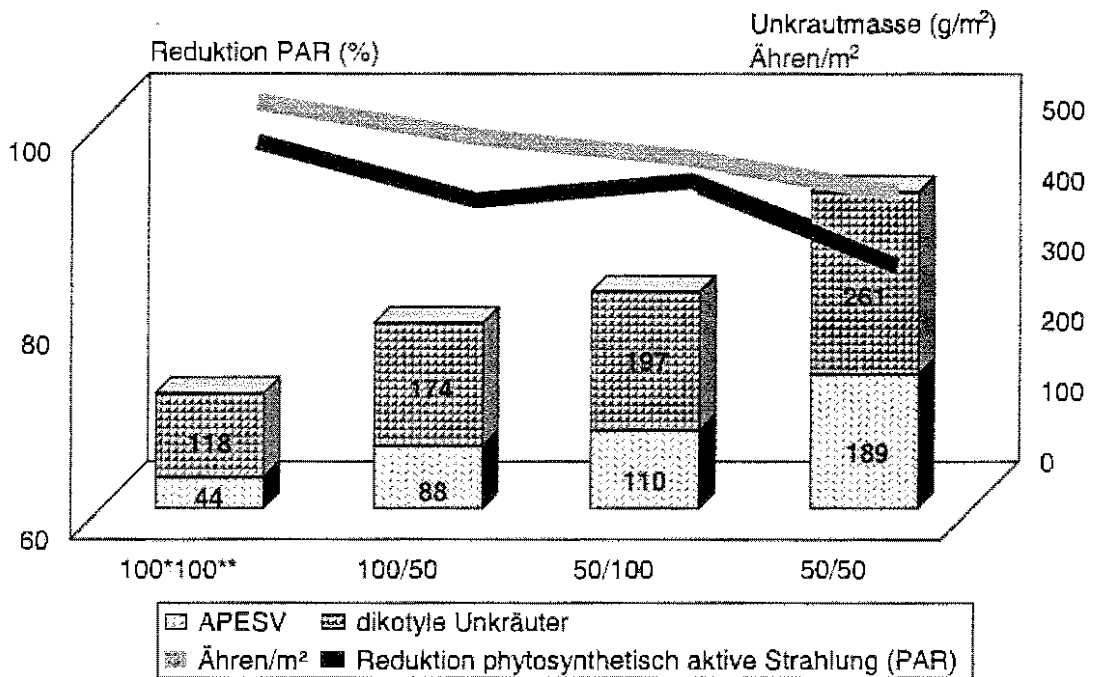


Abb. 6: Besatz mit *Cirsium arvense* in Abhängigkeit von der Stoppelbearbeitung und Stickstoffdüngung bei Getreidedaueranbau
Noitzsch, 1976-1987 (HINTZSCHE u. PALLUTT, 1995)

Im Gegensatz dazu korreliert die Förderung des Wachstums von *Galium aparine* besonders mit höheren Stickstoffgaben (Tabelle 7).

Während populationsdynamische Effekte meist erst nach vier bis fünf Jahren zu erkennen sind, zeigen sich durch veränderte Aussaatmengen und Stickstoffgaben verursachte Unterschiede in der Unkrautunterdrückung beim Getreidebau bereits im gleichen Jahr. Mehrjährige Untersuchungen bestätigten, dass die Konkurrenzkraft des Getreides mit einer Erhöhung von Aussaatmenge und Stickstoffdüngung bis zum standortspezifischen Optimum erheblich verbessert werden kann (Abbildung 7).



100* = Weizen 450; Roggen 275; Triticale 325; Gerste 375 keimfähige Körner/m²
 100** = ca. 150 kgN/ha in drei Gaben

Abb. 7: Beziehungen zwischen Bestandesdichte, Reduktion der photosynthetisch aktiven Strahlung und dem Unkrautwachstum in Abhängigkeit von Aussaatmenge und Stickstoffdüngung
 Güterfelde, 1993-1995 (Mittelwert aus Weizen, Roggen, Triticale und Gerste)

In diesen Versuchen betrug die mittlere Verunkrautung im Weizen 156 Pflanzen/m² (APESV 34 Pflanzen/m², VIOAR 92 Pflanzen/m²); im Roggen 191 Pflanzen/m² (APESV 35 Pflanzen/m², VIOAR 117 Pflanzen/m²); in Triticale 138 Pflanzen/m² (APESV 28 Pflanzen/m², VIOAR 86 Pflanzen/m²) und in Gerste 107 Pflanzen/m² (APESV 13 Pflanzen/m², VIOAR 69 Pflanzen/m²).

Es konnte das Wachstum von sowohl niedrigwachsenden dikotylen Arten wie *Viola arvensis* und *Veronica hederifolia* als auch vom höher werdenden *Apera spica-venti* durch entsprechende Aussaatmengen und Stickstoffgaben in allen Getreidearten erheblich eingeschränkt werden. Diese aus der Bestandesführung des Getreides resultierenden Unterschiede im Unkrautwachstum können durch direkte Unkrautbekämpfungsmaßnahmen meist nicht völlig ausgeglichen werden. Die Verminderung der Konkurrenzkraft des Getreidebestandes durch eine halbierte Aussaatmenge und Stickstoffversorgung zeigte sich erwartungsgemäß auch in der Zunahme des unkrautbedingten Minderertrages (Tabelle 8).

Tabelle 8: Zunahme unkrautbedingter Mindererträge (dt/ha) durch Halbierung von Aussaatmenge und Stickstoffdüngung, Güterfelde 1993-1995

Getreideart	Halbierung Aussaatmenge	Halbierung Stickstoffdüngung	Halbierung Aussaatmenge und Stickstoffdüngung
Weizen	0	1,1	3,2
Roggen	1,1	3,7	3,6
Triticale	4,1	6,5	8,8
Gerste	2,1	0,9	6,5

Unkrautbedingter Ertragsverlust (dt/ha) bei optimaler Aussaatmenge und Stickstoffdüngung:
Weizen: 6,3; Roggen: 4,3; Triticale: 2,7; Gerste: 5,2.

Fazit

Der Einfluss von acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen auf den Auflauf, das Wachstum und die Populationsdynamik der Unkräuter hängt in starkem Maße von der Ausgangsverunkrautung, den natürlichen Standortbedingungen und dem jährlichen Witterungsverlauf ab.

Diese Maßnahmen besitzen einzeln meist keine durchschlagende Wirkung auf die Verunkrautung. Sie sind deshalb in ganzheitliche Konzepte der Unkrautabwehr und -bekämpfung einzubeziehen und besonders im ökologischen Landbau von Bedeutung.

Von den untersuchten acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen ist eine ausgewogene Fruchtfolge als wichtigste Einzelmaßnahme zur Begrenzung der Verunkrautung anzusehen. Sie schließt eine standortgerechte Kulturartenauswahl ein, die ebenfalls zur Verminderung der Verunkrautung beiträgt. In der Regel stellt ein jährlicher Wechsel von Blatt- und Halmfrüchten das Optimum dar.

Gegen das in den Betrieben des ökologischen Landbaus beobachtete stärkere Auftreten von *Cirsium arvense* sollte der mehrjährige Luzerne- bzw. Klee gras-Anbau einbezogen werden, da er neben der direkten Konkurrenzwirkung um Wasser und Nährstoffe und die direkte Bekämpfung durch das mehrmalige Schneiden ferner durch die Stickstoffanreicherung zu konkurrenzstärkeren Nachfrüchten führt, die dadurch *Cirsium arvense* besser unterdrücken.

Die Art der Grundbodenbearbeitung, die wendend oder nichtwendend erfolgen kann, hat sich aus der Sicht der Unkrautregulierung nach der Vorfrucht vor allem nach ihrer Verunkrautung zu richten. Nach unkrautarmen Vorfrüchten, insbesondere nach Kartoffeln, Zuckerrüben und Mais, kann eine nichtwendende Bodenbearbeitung den Unkrautbesatz im folgenden Getreide halbieren, während nach verunkrauteten Vorfrüchten die Verunkrautung nach unterlassener Pflugfurche stark zunimmt. Die nichtwendende Bodenbearbeitung fördert in getreidebetonten Fruchtfolgen Ungräser, wie *Apera spica-venti*, *Alopecurus myosuroides* sowie *Bromus*-Arten. Bei nichtwendender Grundbodenbearbeitung erhält die Unkrautbekämpfung in der Vorfrucht und nach deren Ernte einen höheren Stellenwert.

Stoppelbearbeitungsmaßnahmen unterbinden vor allem die Ausbreitung ausdauernder Unkräuter und den Auflauf von Ausfallkulturen in den Nachfrüchten.

Die in den letzten Jahren häufiger praktizierten Dünnsaaten führen in Verbindung mit einer frühen Aussaat zur Zunahme der Verunkrautung und sollten besonders im ökologischen Landbau vermieden werden.

Zur besseren Unkrautunterdrückung ist die Konkurrenzkraft der Kulturpflanzenbestände zu fördern. Neben der Nutzung günstiger Vorfrüchte trägt auch eine optimale Stickstoffversorgung bei Getreide dazu bei. Die Möglichkeiten im ökologischen Landbau beschränken sich hierbei auf den Anbau von bevorzugt mehrjährigen Leguminosen als Vorfrucht und die organische Düngung, die es in Verbindung mit einer darauf gerichteten Fruchtfolge besonders zur Zurückdrängung von *Cirsium arvense* zu nutzen gilt.

Literatur

- AMANN, A., 1991: Einfluss von Saattermin und Grundbodenbearbeitung auf die Verunkrautung in verschiedenen Kulturen. Diss. Univ. Hohenheim.
- BALGHEIM, R., KIRCHNER, M., 1998: Trespen – ein zunehmendes Problem im hessischen Wintergetreideanbau. Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderh. XVI, 475-483.
- HINTZSCHE, E. U. PALLUTT, B., 1995: Ursachen für das Auftreten der Ackerkratzdistel und Möglichkeiten zu ihrer Bekämpfung. Dow Elanco GmbH, Die Distel – ein zunehmendes Problem, 11-16.
- KARCH, K.; SPERI, P., 1979: Unkrautauftreten und Unkrautbekämpfung im Versuch „Ewiger Roggenbau“, 100 Jahre Ewiger Roggenbau, Kongress- und Tagungsberichte der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 72-81.
- KOCH, W.; WALTER, H., 1985: Die Unkrautbekämpfung im integrierten Pflanzenschutz in den Tropen. Giessener Beitr. Entwicklungsforsch. Reihe 1, 12, 103-124.
- KUTSCHERA, L., 1960: Wurzelatlas mitteleuropäischer Ackerunkräuter und Kulturpflanzen. DLG Verlag, Frankfurt/Main, 574 p.
- KUTSCHERA, L., 1961: Erfolgreiche Landwirtschaft durch Pflanzensoziologie, Eigenverlag, Klagenfurt, 70 p.
- PALLUTT, B., 1999: Einfluss von Fruchtfolge, Bodenbearbeitung und Herbizidanwendung auf Populationsdynamik und Konkurrenz von Unkräutern in Wintergetreide. Gesunde Pflanzen, 51, Heft 4, 109-120.
- PALLUTT, B., 2000: Einfluss der Konkurrenzkraft von Getreidebeständen auf das Unkrautwachstum und den Getreideertrag. Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderh. XVII, 265-274.
- PLAKOLM, G., 1989: Unkrauterhebungen in biologisch und konventionell bewirtschafteten Getreideäckern Oberösterreichs, Diss. Univ. f. Bodenkultur, Wien, 269 p.
- WILSON, B.J., MOSS, S.R., WRIGHT, K.J., 1989: Long-term studies of weed populations in winter wheats as affected by straw disposal, tillage and herbicide use. Brighton Crop Protection Conference - Weeds, Vol. 1, 131-136.

Alternative Verfahren zur Unkrautbekämpfung

Dr. Barbara Jüttersonke

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Folgenabschätzung im Pflanzenschutz, Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow

Zusammenfassung

Es wird der internationale und nationale Stand der Forschung zu alternativen Verfahren der Unkrautbekämpfung, d. h. der thermischen Verfahren, der Nutzung der Allelopathie sowie der biologischen Unkrautbekämpfung zusammenfassend dargestellt. Alle Verfahren können als umweltschonend bewertet werden, haben aber auch Nachteile. Ihre Weiterentwicklung ist unbedingt notwendig, um die ökonomischen und ökologischen Ziele sowie die notwendige Zuverlässigkeit der Bekämpfung zu erreichen. Die thermischen Verfahren sind bisher am weitesten entwickelt. Auf dem Gebiet der Allelopathie sowie der biologischen Bekämpfung müssen noch intensive Forschungsarbeiten geleistet werden, um sie im ökologischen Landbau in Deutschland effektiv einsetzen zu können.

Thermische Verfahren der Unkrautbekämpfung

Verfahrensweisen der thermischen Unkrautbekämpfung sind

- Mikrowellenbestrahlung
- Solarisation
- Kälteanwendung
- Elektrische Entladungen
- Heißdampf
- Abflammen
- Infrarotbestrahlung

Die Mikrowellenbestrahlung nutzt Ultra-Hochfrequenz-(UHF-)Strahlung, die wasserhaltige Pflanzenorgane durch innere Selbsterhitzung abtötet. Der Vorteil der Mikrowellenanwendung liegt darin, dass neben Keimpflanzen auch Samen bis zu einer Bodentiefe von etwa 7 cm abgetötet oder geschädigt werden können. HÖSCHLE (1984) berichtet, dass sich nach Untersuchungen mit verschiedenen Unkrautarten eine artabhängige Reaktion auf die Mikrowellenbestrahlung bei Samen zeigte. Es ist möglich, dass die Mikrowellenbestrahlung vorrangig im stationären Betrieb (z. B. Erddesinfektion) eingesetzt wird. Gegen den mobilen Betrieb sprechen u. a. der hohe Energiebedarf, die Schwierigkeit optimaler Strahleranpassung im offenen System und die unbedingt nötigen aufwendigen Sicherheitsvorrichtungen für das Bedienpersonal.

Die Solarisation, welche die Selbsterhitzung des Bodens unter Plastikfolien als thermischen Effekt nutzt, ist nur in Ländern oder Regionen mit hoher Einstrahlung erfolgreich einzusetzen.

Die Kälteanwendung ist ebenfalls nicht praxisreif.

Bei Unkräutern, die über den Kulturpflanzenbestand herausragen, können spezielle Techniken, wie die elektrische Unkrautregulierung, angewendet werden. Aus dem Bestand herausragende Pflanzen werden durch Stromstöße bei Kontakt mit den überfahrenden Elektroden infolge Zell-erhitzung abgetötet. In den USA und in Europa wurden verschiedene Gerätetypen entwickelt, von denen in den USA eines im Handel ist (DIERAUER und STÖPPLER-ZIMMER, 1994).

Zielsetzung der thermischen Behandlung von Pflanzen ist nicht die Veraschung sondern die kurzzeitige Erhitzung des Pflanzengewebes, wobei durch irreversible Eiweißdenaturierung und durch Zerreißen der Zellen das Absterben herbeigeführt wird. Der Wärmeeintrag kann durch eine Gasflamme (Abflamngerät) oder durch die Wärmestrahlung einer glühenden Keramikplatte (Infrarotgerät) erfolgen. In der Praxis konnte sich aufgrund des größeren Einsatzspektrums und der geringeren Investitionskosten die Abflamntechnik mehr durchsetzen.

Grundsätzlich eignet sich die Abflamntechnik für alle Anwendungen vor dem Auflaufen der Kulturpflanzen und langsam keimenden Säkulturen, wie Möhren und Zwiebeln. Bei entsprechender Abschirmung kann die Abflamntechnik auch im Nachauflauf angewendet werden, z. B. in Zwiebeln und Mais. Es ist so möglich, das Unkraut auch in der Reihe zu bekämpfen, ohne die Kulturpflanze nachhaltig zu beeinträchtigen. Entscheidend ist aber, dass sich in dem Zeitraum zwischen Aussaat und Auflaufen eine gut bekämpfbare Unkrautflora ausgebildet hat (DIERAUER und STÖPPLER-ZIMMER, 1994).

Die Wirkung des Abflammens ist vom Entwicklungsstadium der Unkrautarten abhängig. Gräser werden durch Abflammen nur unzureichend erfasst, die Bekämpfungserfolge liegen zwischen 15 und 35 %. Ausdauernde Arten, wie Gewöhnliche Quecke (*Elytrigia repens*), Acker-Kratzdistel (*Cirsium arvense*), Große Brennessel (*Urtica dioica*) und Giersch (*Aegopodium podagraria*) sind durch Abflammen kaum bekämpfbar (Tabelle 1).

An der Technischen Universität München-Weihenstephan wird intensiv an der Entwicklung und Verbesserung der Verfahren der Abflamntechnik gearbeitet (BERTRAM und MEYER, 1998.)

Neueste Entwicklungen der Abflamntechnik wurden 1999 anlässlich der EWRS-Tagung in Basel vorgestellt. In Finnland wurden Geräte zur Vorauflopfanwendung (mit einem Gasverbrauch von 20-30 kg/ha) und zur Reihenbehandlung für Zwiebeln oder Mais entwickelt. Ferner wurden ein Infrarotgerät sowie Weihenstephaner Streifenabflamngeräte - alle mit möglichst geringem Gasverbrauch - vorgeführt (KURSTJENS et al., 1999).

Zu Wirkungen der Abflamntechnik auf den Naturhaushalt liegen Untersuchungen nur in geringerem Umfang vor. Es erfolgt kein Eintrag von direkt toxischen Stoffen in die Umwelt. Eine besondere Beachtung erfordert jedoch der Eintrag von Kohlendioxid in die Atmosphäre, das sowohl bei der Verbrennung des Brennergases als auch mit dem Abgas des Fahrzeuges in die Atmosphäre geleitet wird. Letzteres ist besonders zu beachten, da durch die sehr geringe Flächenleistung der Abflamntechnik nur maximal 4-6 km/h Fahrgeschwindigkeit möglich sind. Die Technik gefährdet alle Organismen, insbesondere Insekten, die bei Behandlung auf der Pflanze sind. Streifenabflammen erfasst dagegen nur einen Teil der auf den Pflanzen sowie über dem Boden vorhandenen Organismen. Zu einer Abnahme der Dichte von Laufkäfern kann es im speziellen Fall eines Unterblattabflammens in Mais kommen (DIERAUER und PFEIFFNER, 1993). Bei Collembolen wurde nur eine geringfügige Beeinflussung festgestellt (GEISSEN-BROICH, 1992).

Das Abflammen wird auf der einen Seite wegen der Methodik der direkten statt vorbeugenden Problembewältigung, wegen des Energieverbrauchs und der hohen Kosten für die Geräte skeptisch betrachtet. Auf der anderen Seite wird im ökologischen Landbau die Abflamntechnik aber befürwortet, weil sie nach Meinung der Öko-Landbauern eine umweltverträgliche, wenig selektive und arbeitssparende Technik darstellt.

Tabelle 1: Hitzeempfindlichkeit verschiedener Unkrautarten bei der Abflammttechnik (nach DIERAUER und STÖPPLER-ZIMMER, 1994)

<u>Hitzetolerante Pflanzen (treiben nach einem einmaligen Abflammen wieder aus):</u>	
<i>Elytrigia repens</i>	Quecke
Hirsen	alle Arten
<i>Poa annua</i>	Einjähriges Rispengras
<i>Cirsium arvensis</i>	Acker-Kratzdistel
<i>Convolvulus arvensis</i>	Ackerwinde
<i>Rumex obtusifolius</i>	Stumpfbblätteriger Ampfer
<i>Urtica dioica</i>	Große Brennessel
<i>Myosotis arvensis</i>	Acker-Vergissmeinnicht
<i>Aegopodium podagraria</i>	Giersch
<i>Portulaca oleracea</i>	Portulak
<i>Rorippa sylvestris</i>	Wilde Sumpfkresse
<u>Abflammen ist nur in früherem Stadium (Keimblatt) effizient:</u>	
<i>Fallopia convolvulus</i>	Gewöhnlicher Windenknöterich
<i>Polygonum aviculare</i>	Vogel-Knöterich
<i>Sinapis arvensis</i>	Acker-Senf
<i>Brassica napus</i>	Raps
<i>Viola arvensis</i>	Acker-Stiefmütterchen
<i>Lamium purpureum</i>	Rote Taubnessel
<i>Amaranthus blitum</i>	Aufsteigender Amaranth
<u>Abflammen ist im Keimblatt- bis 2- Blatt-Stadium wirksam:</u>	
<i>Matricaria recutita</i>	Echte Kamille
<i>Chrysanthemum segetum</i>	Saat-Wucherblume
<i>Polygonum lapathifolium</i>	Ampfer-Knöterich
<i>Polygonum persicaria</i>	Floh-Knöterich
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Gewöhnliches Hirtentäschel
<i>Solanum nigrum</i>	Schwarzer Nachtschatten
<i>Senecio vulgaris</i>	Gewöhnliches Kreuzkraut
<i>Tripleurospermum maritimum</i>	Geruchlose Kamille
<u>Abflammen ist auch später, im 4-Blatt-Stadium möglich:</u>	
<i>Chenopodium album</i>	Weißer Gänsefuß
<i>Stellaria media</i>	Vogelmiere
<i>Galium aparine</i>	Kletten-Labkraut
<i>Urtica urens</i>	Kleine Brennessel
<i>Fumaria officinalis</i>	Gewöhnlicher Erdrauch
<i>Geranium spp.</i>	Storchschnabel- Arten
<i>Veronica spp.</i>	Ehrenpreis- Arten

Nutzung von Allelopathie-Effekten für die Unkrautbekämpfung

MOLISCH (1937) prägte den Begriff „Allelopathie“. Es wird darunter die Abgabe von organischen Stoffen aus den Wurzeln, Blättern, Samen (Früchten) sowie aus Pflanzenrückständen verstanden, die eine gegenseitige Beeinflussung von höheren Pflanzen bewirken können. Über die Bedeutung allelopathischer Erscheinungen für die Landwirtschaft und hier insbesondere über die gegenseitige Beeinflussung von Kulturpflanzen und Unkräutern liegen inzwischen zahlreiche Arbeiten vor. An der Konkurrenzkraft von Gerste, Roggen, Buchweizen und anderen Kulturarten sind aller Wahrscheinlichkeit nach allelopathische Wirkungen beteiligt (ROSENTHAL et al., 1984). Sowohl lebende Gerste als auch Gerstenmulch und Gerstenextrakt können z. B. *Stellaria media* (Vogelmiere) stark und *Capsella bursa-pastoris* (Gewöhnliches Hirtentäschel) teilweise hemmen (OVERLAND, 1966). Bestimmte Hafersorten scheiden mehr Scopoletin aus, das Wurzelwachstum verhindern kann, als andere (FAY und DUKE, 1977). Es gibt eine Anzahl von Laborversuchen, in denen Pflanzenextrakte zur Beeinflussung von Unkrautkeimung und Entwicklung hergestellt wurden. Neueste Arbeiten, z. B. aus Bosnien-Herzegowina (ĐIKIĆ, 1999) zeigen, dass aromatische und Arzneipflanzen-Extrakte die Keimung von Unkrautsamen negativ beeinflusst. So wurde die Keimung von *Anthemis arvensis* (Acker-Hundskamille) durch *Mentha piperita* (Pfeffer-Minze) gehemmt. Extrakte von *Matricaria recutita* (Echte Kamille) reduzierten die Keimung von *Amaranthus retroflexus* (Zurückgebogener Amarant).

Ein Problem für die praktische Anwendung der allelopathischen Effekte ist die Sorption der sehr geringen Wirkstoffkonzentrationen durch Bodenkolloide.

Biologische Unkrautbekämpfung

SCHROEDER (1992) definiert die biologische Unkrautbekämpfung als den gezielten Einsatz von Phytopathogenen und phytophagen Arthropoden zur Reduzierung der Unkrautdichte unter die ökonomische Schadensschwelle.

Es gibt verschiedene Methoden der biologischen Unkrautbekämpfung (MÜLLER-SCHÄRER und WYSS, 1994):

1. Die klassische Methode (inokulativ): die Bekämpfung meist eingeschleppter Arten wurde vorwiegend durch die Einfuhr und Freilassung der aus dem ursprünglichen Herkunftsgebiet dieser Unkrautarten stammenden Antagonisten praktiziert.
2. Die Bioherbizid-Methode (inundativ): pilzliche Phytopathogene werden zu Mykoherbiziden entwickelt, registriert und in den Markt eingeführt. Sie können inundativ, ähnlich einem synthetischen Herbizid und zusammen mit anderen Pflanzenschutzmitteln angewandt werden und sind hauptsächlich für die Unkrautbekämpfung in landwirtschaftlichen Kulturen entwickelt worden.
3. Die Erhaltung und Förderung von Antagonisten: die Regulierung einheimischer Unkräuter durch Erhaltung und Förderung der einheimischen Antagonisten.

Im internationalen Maßstab ist der Wissensstand über die potentiellen biologischen Agenzien (Insekten und Pilze) zur Bekämpfung von Unkräutern sehr groß. In einem Weltkatalog von JULIEN (1992) sind die Unkrautarten und die dazu gehörenden Organismen zur Bekämpfung oder als potentielle Agenzien im entsprechenden Land aufgeführt. Die biologische Unkrautbekämpfung wurde mit beachtlichen Erfolgen gegen Unkräuter auf Weideflächen und in aquatischen Habitaten angewandt.

Durch die Zusammenarbeit mehrerer Länder sind besonders gute Kenntnisse zur Bekämpfung von sehr aggressiven (exotischen) Unkräutern, die z. B. in Afrika oder Australien vorkommen, vorhanden. So gibt es Erfolge in der biologischen Bekämpfung von *Eichhornia crassipes* (Wasserhyazinthe) mit *Alternaria*- und *Fusarium*-Arten. Es besteht dazu zur Zeit ein internationales Forschungsprogramm (MORIN, 1998). Auch wurde intensiv über die biologische Bekämpfung von parasitischen Unkräutern *Orobanche* sp. (Sommerwurz) und *Striga* sp., ein Braunwurzgewächs, mit Erfolg geforscht. Hervorzuheben sind dabei u. a. die Forschungsarbeiten an den Universitäten Gießen und Hohenheim sowie die Initiativen in Kanada (z. B. KROSCHER et al., 1996; THOMAS et al., 1998; CIOTOLA et al., 1995).

In den USA bzw. Kanada sind Mykoherbizide „DeVine“ (flüssige Formulierung der Chlamydosporen von *Phytophthora palmivora*), „Collego“ (*Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *aeschyromene*) und „BioMal“ (*Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *malvae*) bereits gegen Problemlinien, wie *Xanthium spinosum* (Dornige Spitzklette), *Morrenia odorata* (Seidenpflanzen-gewächs), *Aeschynomene virginica* (Knotenwicke) oder *Malva pusilla* (Kleinblütige Malve) im Handel (GREAVES, 1993). Es wurden verschiedene Formulierungen entwickelt. Bewährt hat sich inzwischen die Maisöl/Wasser-Emulsion. Neu entwickelt wurde eine „PASTA“-Formulierung. Dies sind teigwarenähnliche Granulate auf der Basis von Gries, Reismehl und Kaolin und dem entsprechenden Pilz (ZIMMERMANN, 1999).

Zur Zeit gibt es eine Reihe internationaler Projekte, die an der Weiterentwicklung der Bioherbizide für den Einsatz gegen schwer zu bekämpfende Unkräuter in Übersee forschen.

Erwähnenswert ist z. B. die internationale Arbeitsgruppe an der Universität in Florida, die an der Bekämpfung von *Cyperus* spp. (Zypergras) mit dem Pathogen *Dactylaria higginsii* arbeitet. Sie führt auch Feldversuche durch. In Brasilien gibt es Projekte zur Bekämpfung von *Cyperus rotundus* und *Alternanthera philoxeroides* (Amarantgewächs) mit Pilzpathogenen. An der Bekämpfung von *Reseda* spp. in Südaustralien mit *Cercospora resedae* wird in Großbritannien gearbeitet (FOX, 1998).

Auch in Neuseeland wurde mit einem neuen Projekt begonnen. Es geht um die Bekämpfung der eingeschleppten Ginsterarten *Ulex europaeus* und *Cytisus scoparius* mit *Fusarium tumidum*. Neue Granulat-Formulierungen wurden erfolgreich eingesetzt (FRÖHLICH, 1999; ZIMMERMANN, 1999).

Im Mai 1999 wurde die Genehmigung erteilt, den neotropischen Rostpilz *Puccinia melampodii* zur Bekämpfung des Korbblütlers *Parthenium hysterophorus*, der u. a. in einjährigen Kulturen vorkommt, nach Australien zu exportieren. In einem System, das Arthropoden und Pilze zur Bekämpfung einschließt, soll das Unkraut unterdrückt werden (SEIER, 1999).

Gräser (*Echinochloa crus-galli* und *Leptochloa chinensis*) in Reiskulturen werden in China und Thailand zur biologischen Bekämpfung gemeinsam untersucht. Es gelang eine Massenproduktion von *Alternaria alternata* und *Curvularia lunata*, zwei Pathogene gegen *Echinochloa crus-galli*. Hoch virulente Isolate wurden von *Exserohilum* sp. auf *Leptochloa chinensis* (WATSON, 1999) gewonnen.

Europäische Wissenschaftler hatten hauptsächlich Projekte mit dem Ziel durchgeführt, Unkräuter europäischen Ursprungs in ihren Einschleppungsgebieten biologisch zu kontrollieren. Neben dem Einsatz von Graskarpfen gegen Wasserunkräuter gab es nur wenige Projekte mit dem Ziel, die potentielle Anwendung biologischer Bekämpfung gegen einheimische Unkräuter zu studieren. Beispiele sind die Bekämpfung von *Ambrosia artemisiifolia* (Beifuß-Ambrosie), *Acroptilon repens* (Asteraceae) und *Orobanche* spp. (IGRC und MACELJSKI, 1993; KOVALEV et al., 1973; LECIC, 1974).

Hervorzuheben sind auch Ergebnisse in der Ampferbekämpfung mit potentiellen Antagonisten wie dem Pilz *Uromyces rumicis* und dem Chrysoliden *Gastrophysa viridula* sowie dem Rüsselkäfer *Apion miniatum* (HATCHER, 1999; KOHOUT und KOHOUTOVA, 1994).

Für Europa sind vor allem die Forschungen und Ergebnisse im Rahmen der COST (European Co-operation of Scientific and Technical Research)-Action 816 zu nennen, die von 1994 bis 1999 lief. An der Action waren etwa 14 Länder beteiligt. Hier wurden wirtschaftlich bedeutende Unkrautarten *Chenopodium album* (Weißer Gänsefuß), *Amaranthus* spp. (Amarant-Arten), *Convolvulus arvensis/Calystegia sepium* (Acker-Winde/Zaun-Winde) und *Senecio vulgaris* (Gewöhnliches Kreuzkraut) (letztere vor allem als Modellpflanze) sowie *Orobancha* spp. bearbeitet (MÜLLER-SCHÄRER und SCHEEPENS, 1997).

Erfolgreiche Ergebnisse wurden mit *Chenopodium album* und dem Pilz *Ascochyta caulina* in Labor- und Gewächshausversuchen erzielt, aber auch relativ gut gelang die Applikation in Mais und Rüben gegen *Ch. album*. In Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium der Pflanzen und den Umweltbedingungen wurden unter Feldbedingungen 70 % der Pflanzen mit dem Pilz bekämpft. Dafür sind aber bestimmte Umweltbedingungen (Länge der Tauperiode) sowie eine Formulierung als Sporensuspension für gute Effekte notwendig. In Schweden fand man eine gute Wirkung von Rhizobakterienisolaten gegen *Chenopodium album*. Hier wird die schnelle Wirkung auf das Bakterientoxin zurückgeführt. Aus Italien liegen Informationen über die gute Wirkung des Toxins Ascaulitoxin aus *Ascochyta caulina* auf *Chenopodium album* vor (u. a. SCHEEPENS et al., 1997; VURRO et al., 1999).

Untersuchungen an *Amaranthus* spp. wurden vor allem in Großbritannien und der Schweiz vorgenommen. Man erzielte gute Erfolge mit der Applikation der Pilze *Alternaria alternata* und *Trematophoma lignicola*. Ein *Alternaria*-Stamm wurde als Granulat formuliert und bei hoher Luftfeuchtigkeit und langer Tauperiode erfolgreich in Gewächshausversuchen eingesetzt. Weitere Arbeiten an der Formulierung und den Applikationsparametern werden vorgenommen. In der Slowakei wurde der Rüsselkäfer *Lixus subtilis* als potentielles Agens zur Bekämpfung von *Amaranthus* spp. ermittelt (BÜRKI et al., 1997).

In der Schweiz und Großbritannien wurde ein Systemmanagement zur Bekämpfung von *Senecio vulgaris* mit dem Rostpilz *Puccinia lagenophorae* und einem Bärenspinner *Thyria jacobaeae* untersucht. Unter ganz bestimmten Bedingungen könnte die Bekämpfung mit diesem System möglich sein (FRANTZEN und HATCHER, 1997; FRANTZEN und MÜLLER-SCHÄRER, 1998).

In der Schweiz wurden Versuche zur biologischen Bekämpfung von *Convolvulus arvensis* und *Calystegia sepium* in Zusammenarbeit mit Großbritannien vorgenommen. Gute Erfolge wurden mit dem Pilz *Stagonospora convolvuli* in Verbindung mit Untersaaten in Mais im Feldversuch erzielt (PFIRTER et al., 1997; PFIRTER und DÉFAGO, 1998).

Eine biologische Unkrautbekämpfung in der landwirtschaftlichen Praxis in Deutschland gibt es bisher nicht. In der Forschung wurden z. B. gute Ergebnisse im Labor und Gewächshaus zur Bekämpfung von *Cirsium arvense* (Acker-Kratzdistel) mit dem Rostpilz *Puccinia punctiformis* erzielt (BOYLE und SCHULZ, 1994). Untersuchungen an *Fallopia japonica* (Japan-Knöterich) mit Pilzen wurden von DIAZ und HURLE (1994) durchgeführt.

Auf dem Gebiet der Forschung zur biologischen Unkrautbekämpfung insgesamt gibt es große Fortschritte. Das Interesse daran ist steigend, da sie in bestimmten Fällen als alternative Methode zur chemischen Unkrautbekämpfung angewandt werden kann. Viele Probleme sind für die Anwendung jedoch noch ungelöst. So gelingen die Versuche im Labor und Gewächshaus gut, jedoch wesentlich schlechter im Freiland. Der Grund dafür ist z. B., dass nur unter ganz bestimmten Temperaturen und relativer Luftfeuchtigkeit oder einer langen Tauperiode eine gute Wirkung

der Phytopathogene zu erzielen ist. Ziel in der biologischen Unkrautbekämpfung ist es, eine Unabhängigkeit von der Dauer der Tauperiode zu erreichen.

Eines der größten Probleme besteht in der Formulierung des Mykoherbizids und der Technik der Applikation. Intensive Untersuchungen dazu laufen vor allem in Großbritannien in Long Ashton (LAWRIE et al., 1997).

Weitere Probleme bei der biologischen Unkrautbekämpfung sind die Variabilität sowohl innerhalb der Unkrautarten (JÜTTERSONKE, 1996) als auch die Variabilität der Phytopathogene. So wurden von uns durch Untersuchungen an *Amaranthus retroflexus*-Biotypen zur Variabilität mit spontanem Pilzbefall (*Albugo amaranthi*) im Freilandexperiment eine unterschiedliche Anfälligkeit innerhalb der Art *A. retroflexus* ermittelt. Kleinwüchsige Biotypen waren meist anfällig gegen den Pilz (Abbildung 1).

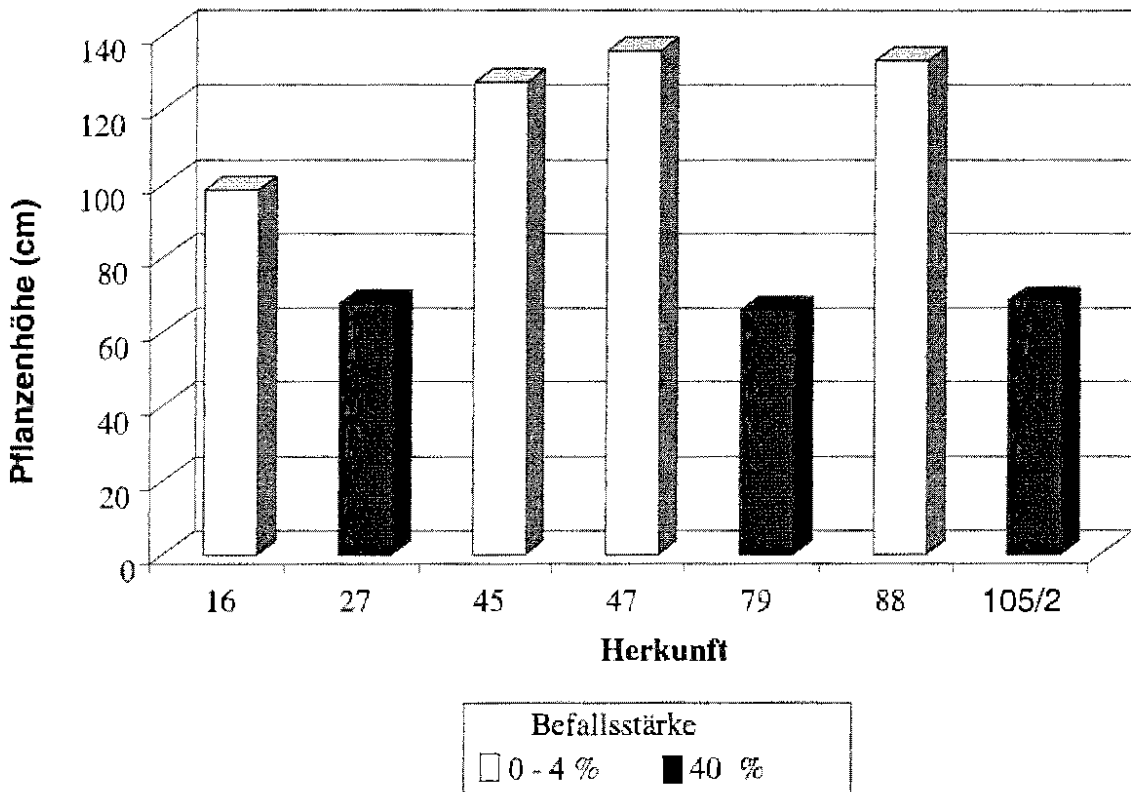


Abb.1: Anfälligkeit ausgewählter Herkünfte von *Amaranthus retroflexus* gegen *Albugo amaranthi* (Freilanduntersuchungen 1999)

Außerdem wirken Mykoherbizide im Allgemeinen nur auf eine Unkrautart und nicht auf die gesamte zu bekämpfende Unkrautgemeinschaft, so dass die Gefahr besteht, dass bei erfolgreicher Bekämpfung einer Art deren Lebensraum von anderen Arten besetzt wird.

Sehr wesentlich für den weiteren Fortschritt auf dem Gebiet der biologischen Unkrautbekämpfung, die immer auf bestimmte Problemarten – vor allem in Dauerkulturen ohne obligatorische Fungizidbehandlung – abzielen wird, ist die Entwicklung von Formulierungen, welche die starke

Abhängigkeit der Wirksamkeit der Mykoherbizide von Umweltbedingungen, vor allem der Länge der Tauperiode, herabsetzt.

Schließlich muss daraufhingewiesen werden, dass die Einführung von Agenzien zur biologischen Bekämpfung durch nationale und internationale beschränkende Vorschriften erschwert wird.

Insgesamt ist die biologische Unkrautbekämpfung eine geeignete alternative Bekämpfungsmethode, da sie bei weitgehender Schonung der Umwelt hoch selektiv wirkt und so eine optimale Biodiversität im Agrarökosystem erhalten kann.

Literatur

- BERTRAM, A., MEYER, J., 1998: Möglichkeiten zur Kostenreduktion bei der thermischen Unkrautbekämpfung. Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderh. XVI, 309-316.
- BOYLE, C., SCHULZ, B., 1994: Alternative biologische Bekämpfungsstrategien gegen die Acker-Kratzdistel. Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderh. XIV, 243-252.
- BÜRKI, H.-M., SCHROEDER, D., LAWRIE, J., CAGAN, L., VRABLOVA, M., EL AYDAM, M., SZENTKIRALYI, F., GHORBANI, R., JÜTTERSONKE, B., 1997: Biological control of pigweeds (*Amaranthus retroflexus* L., *A. powellii* S. Watson and *A. bouchonii* Thell.) with phytophagous insects, fungal pathogens and crop management. Integrated Pest Management Reviews 2 (2), 51-59.
- CIOTOLA, M., WATSON, A.K., HALLETT, S. G., 1995: Discovery of an isolate of *Fusarium oxysporum* with potential to control *Striga hermonthica* in Africa. Weed Research 35, 303-309.
- DÍAZ, M., HURLE, K., 1994: Der Japanknöterich (*Fallopia japonica* (Houtt.) Ronse Decraene): Zielorganismus einer biologischen Kontrolle mit Pilzen. Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderh. XIV, 211 - 216.
- DIERAUER, H. U., PFEIFFNER, L., 1993: Auswirkungen des Abflammens auf Laufkäfer. Gesunde Pflanzen 45 (6), 226-229.
- DIERAUER, H.-U., STÖPPLER-ZIMMER, H., 1994: Unkrautregulierung ohne Chemie. Stuttgart: Ulmer, 133 S.
- DIKIC, M., 1999: Allelopathic effect of the extract of aromatic and medicinal plants on the germination of weed seeds. Proceedings 11th EWRS (European Weed Research Society) Symposium 1999, Basel, 75.
- FAY, P. K., DUKE, W. B., 1977: An assessment of allelopathic potential in *Avena* germ-plasm. Weed Sci. 25, 224-228. Zit. in: DIERAUER und STÖPPLER-ZIMMER, 1994.
- FOX, R. T. V., 1998: Graduate students, University of Reading, UK. International Bioherbicide Group IBG News 7, 5-6.
- FRANTZEN, J., HATCHER, P. E., 1997: A fresh view on the control of the annual plant *Senecio vulgaris*. Integrated pest Management Reviews 2 (2), 77-85.
- FRANTZEN, J., MÜLLER-SCHÄRER, H., 1998: A theory relating focal epidemics to crop-weed interaction. Phytopathology 88, 180-184.
- FROHLICH, J., 1999: Landcare Research, New Zealand. International Bioherbicide Group IBG News 8, 10-11.

- GEIBEN-BROICH, V., 1992: Die Auswirkungen unterschiedlicher Bewirtschaftungsweisen und Unkrautregulierungsmaßnahmen auf die Collembolenfauna landwirtschaftlich genutzter Flächen am Niederrhein. Dissertation, Rheinische Friedrich-Wilhelm-Universität.
- GREAVES, M. P., 1993: Formulation of Microbial Herbicides to improve performance in the Field. 8th EWRS Symposium „Quantitative approaches in weed and herbicide research and their practical application“, Braunschweig, 1993, 219-225.
- HATCHER, P. E., 1999: A long-term study of the effects and fungi on *Rumex obtusifolius* the first two years. Proceedings 11th EWRS (European Weed Research Society) Symposium 1999, Basel, 95.
- HÖSCHLE, I., 1984: Einfluss von Mikrowellen auf höhere Pflanzen und Bodenorganismen im Hinblick auf ihre Anwendung im Pflanzenschutz. PLITS 2, (2), Dissertation, 133 S.
- IGRC, J. M., MACELJSKI, M., 1993: Some possible strategies of an integrated weed control. In J.-M. Thomas (Ed.) Communications of the 4th International Conference on „Non chemical weed control“, 1, 187-190. Dijon, France: IFOAM. Zit. in: MÜLLER-SCHÄRER und WYSS, 1994.
- JULIEN, M. H., 1992: Biological control of weeds – A world catalogue of agents and their target hosts. CAB International, Wallingford, UK. Third Edition, 118 S.
- JÜTTERSONKE, B., 1996: Untersuchungen zur Reaktion europäischer Herkünfte von *Amaranthus retroflexus* L. auf Umweltfaktoren und Pilzbefall. Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderh. XV, 107-112.
- KOHOUT, V., KOHOUTOVA, S., 1994: Possibilities of utilization of species *Apion miniatum* Germar in biological control of genus *Rumex*. Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderh. XIV, 217-220.
- KOVALEC, O. V., DANILOV, L. G., IVANNOVA, T. S., 1973: Method of controlling Russian knapweed. Opisanie Izorbriteniia Kavtorskomu Svedelet'stuv Byulletin 38, 1-2. Zit. in: MÜLLER-SCHÄRER und WYSS, 1994.
- KROSCHER, J., HUNDT, A., ABBASHER, A. A., SAUERBORN, J., 1996: Pathogenicity of fungi collected in northern Ghana to *Striga hermonthica*. Weed Research 36, 515-520.
- KURSTJENS, D. A. G., KOUWENHOVEN, J. K., BLEEKER, P., van der WEIDE, R. Y., ASCARD, J., BAUMANN, D. T., 1999: Recent Developments in Physical Weed Control. Documentation for Excursion EWRS Symposium. 11th EWRS Symposium, Basel 1999, 1-12.
- LAWRIE, J., GREAVES, M. P., CHASSOT, A., DOWN, V. M., 1997: Some effects of spray droplet size in distribution, germination of and infection by mycoherbicides spores. Aspects of Applied Biology, 48, 175-182.
- LEKIC, M., 1974: Investigations of the dipteran *Phytomyza orobanchia* Kaltb. as a controller of parasitic phanerogames of the genus *Orobanche*. Savremena Poljopriveda 22, 93-99. Zit. in: MÜLLER-SCHÄRER und WYSS, 1994.
- MOLISCH, H., 1937: Der Einfluss der Pflanze auf die Andere – Allelopathie. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- MORIN, L. (Ed.), 1998: International Bioherbicide Group IBG News 7, (1), 9 S.
- MÜLLER-SCHÄRER, H., SCHEEPENS, P. C., 1997: Biological control of weeds in crops: a coordinated European research programme (COST-816). Integrated Pest Management Reviews 2 (2), 45-50.

- MÜLLER-SCHÄRER, H., WYSS, G. S., 1994: Das Gemeine Kreuzkraut (*Senecio vulgaris* L.): Problemunkraut und Möglichkeiten der biologischen Bekämpfung. Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderh. XIV, 201 – 209.
- OVERLAND, L., 1966: The role of allelopathic substances in the „smother trop“ barley. Amer. J. Bot. 53, 423-432. Zit. in: DIERAUER und STÖPPLER-ZIMMER, 1994.
- PFIRTER, H. A., AMMON, H. U., GUNTLLI, D., GREAVES; M. P. DÉFAGO; G., 1997: Towards the management of field bindweed (*Convolvulus arvensis*) and hedge bindweed (*Calystegia sepium*) with fungal pathogens and cover crops. Integrated Pest Management Reviews 2. (2), 61-69.
- PFIRTER, H. A., DÉFAGO, G., 1998: The potential of *Stagonospora* sp. as a mycoherbicide for field bindweed. Biocontrol Science and Technology 8, 93-101.
- ROSENTHAL, S. S., MADDOX, D. M., BRUNETTI, K., 1984: Biological Methods of Weed Control. Monograph No 1, California Weed Conference, Thomson, Sacramento/Cal. Zit. in: DIERAUER und STÖPPLER-ZIMMER, 1994.
- SCHEEPENS, P. C., KEMPENAAR, C., ANDREASEN, C., EGGERS, TH., NETLAND, J., VURRO, M., 1997: Biological control of the annual weed *Chenopodium album*, with emphasis on the application of *Ascochyta caulina* as a microbial herbicide. Integrated Pest Management Reviews 2 (2), 71-76.
- SCHROEDER, D., 1992: Biological control of weeds: A review of principles and trends. Pesq. agropec. brs. 27, 191-212. Zit in: MÜLLER-SCHÄRER und WYSS, 1994.
- SEIER, M., 1999: Status report of CABI Bioscience UK Centre, Ascot. International Bioherbicide Group IBG News 8, 11-12.
- THOMAS, H., SAUERBORN, J., MÜLLER-STÖVER, D., ZIEGLER, A., BEDI, J., KROSCHEL, J., 1998: Potential of *Fusarium oxysporum* f. sp. *orthoceras* as a biological control agent for *Orobanche cumana* in sunflower. Biological Control 13, 41-48.
- VURRO, M., ZONNO, M. C., EVIDENTE, A., CAPASSO, R., ANDOLFI, A., 1999: Phytotoxins of *Ascochyta caulina* in Integrated Management of *Chenopodium album*. Proceedings 11th EWRS (European Weed Research Society) Symposium 1999, Basel, 94.
- WATSON, A. K., 1999: Status report of the International Rice Research Institute in the Philippines. International Bioherbicide Group IBG News 8, 10.
- ZIMMERMANN, G., 1999: Mitteilungen – 6. Internationaler Mykologenkongreß (IMC 6) in Jerusalem, Israel, 23. bis 28. 8. 1998. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 51, 98-100.

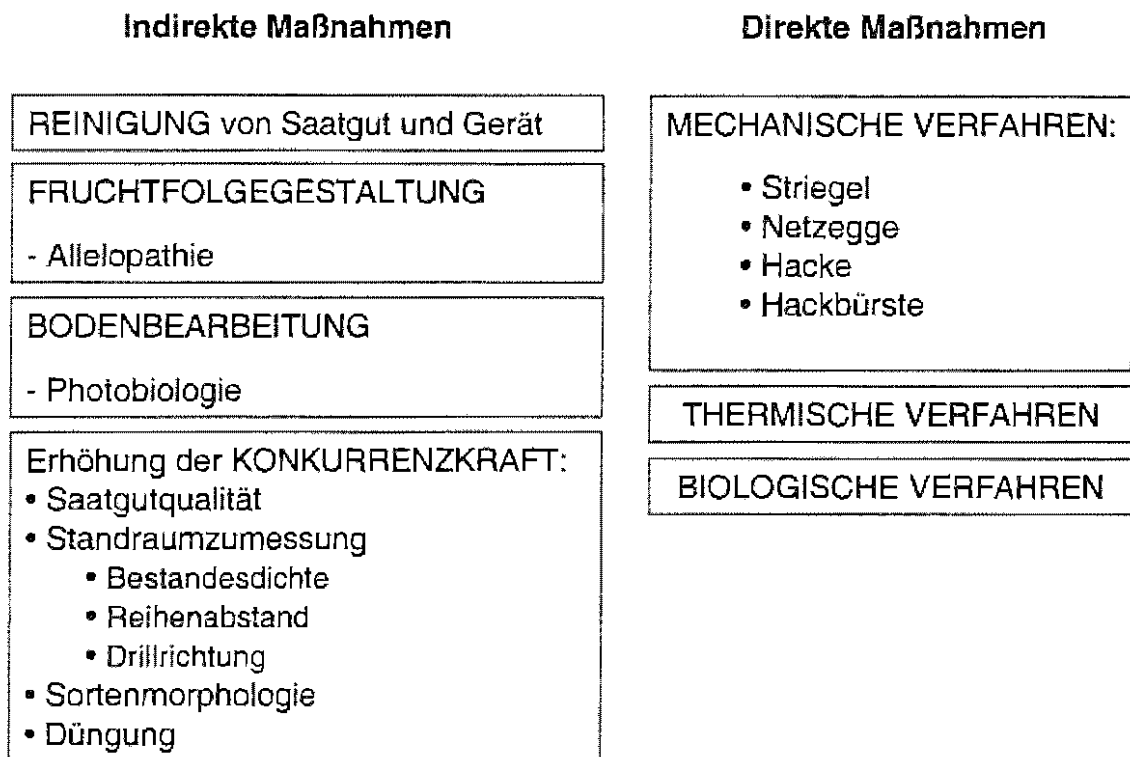
Konzept der Unkrautregulierung im ökologischen Landbau

Prof. Dr. U. Köpke

Institut für Organischen Landbau, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Katzenburgweg 3, 53115 Bonn

Die Maßnahmen nicht-chemischer Kontrolle der Ackerbegleitflora, die dem organischen Landbau zur Verfügung stehen, lassen sich in direkte und indirekte Verfahren gliedern (Übersicht 1).

Übersicht 1: Maßnahmen nicht-chemischer Kontrolle der Ackerbegleitflora



Indirekte Kontrollmaßnahmen umfassen alle pflanzenbaulichen Verfahren, die auf die Optimierung der kulturpflanzlichen Umwelt abzielen, die Verbreitung von Vermehrungsorganen der Ackerwildflora einschränken und deren Entwicklung im Kulturpflanzenbestand u. a. durch Erhöhung der Konkurrenzkraft der Kulturpflanze behindern. Direkte Eingriffe zur Kontrolle der Begleitflora erfolgen mechanisch, thermisch oder biologisch.

Direkte Unkrautkontrolle

Im Vergleich zur chemischen Kontrolle der Begleitflora mit Wirkungsgraden bis 100 % ist der Wirkungsgrad direkter nicht-chemischer Maßnahmen deutlich geringer. Mit mechanischen Verfahren, beispielsweise dem Einsatz von **Hackstriegel** und **Netzege**, werden in der Regel Wirkungsgrade von maximal 60 % erreicht (Tabelle 1). Infolge der vergleichsweise langen Dauer geringer Konkurrenzkraft durch die Kulturpflanze während der Herbst- und Wintermonate ist der Kontrollerfolg in Wintergetreide eher ertragsrelevant als bei sich rasch entwickelndem konkurrenzkräftigen Sommergetreide. Ähnliche Werte wurden bei Winterraps in Kombination mit hoher Bestandesdichte für den Einsatz von Striegel (Wirkungsgrad 25 %), Hacke (47 %) und Hack-

bürste (64 %) festgestellt (WAHMHOF, 2000). Im Vergleich zum Herbizideinsatz ist auch die Abhängigkeit des Bekämpfungserfolges mechanischer Maßnahmen vom Bodenzustand und der Witterung größer. Für alle direkten Kontrollmaßnahmen gilt, dass der Wirkungsgrad um so höher ist, je früher der Einsatz erfolgt. Frühzeitige Behandlung kann der Kulturpflanze Konkurrenzvorteile verschaffen und den Zeitraum möglicher Konkurrenz durch die Begleitflora reduzieren.

Tabelle 1: Unkrautregulierung in Winter- und Sommergetreide: Bekämpfungserfolg (Wirkungsgrad in %) und Kornertrag (Wintergetreide, unbehandelt: 61,2 dt * ha⁻¹ = 100 %, Sommergetreide, unbehandelt: 60,4 dt * ha⁻¹ = 100 %), (HURLE & KEMMER, 1993)

	Maßnahme				
	Herbizid		Striegel/Netzege		
	Wintergetreide¹⁾				
	VA/EC 21-25	EC 25-29	VA/EC 21-25	EC 25-30	Herbst und Frühjahr
Begleitflora ²⁾	96	93	37	33	50
Kornertrag (rel.)	115	112	105	102	100
	Sommergetreide³⁾				
		EC 25-29	EC 13-21	EC 29-30	EC 13-21 u. EC 29-30
Begleitflora ²⁾	-	93	49	36	57
Kornertrag (rel.)	-	103	100	101	100

¹⁾ Wintergerste (n = 4 Versuche), Winterweizen (n = 9)

²⁾ Begleitflora: 6 untersuchte Arten: Ackerfuchsschwanz, Klettenlaabkraut, Vogelmiere, Rote Taubnessel, Pers. Ehrenpreis, Ackerhellerkraut

³⁾ Sommergerste (n = 17 Versuche), Hafer (n = 3), Sommerweizen (n = 3)

Die Wirksamkeit von Striegel und Netzege, die flächendeckend zum Einsatz kommen, ist durch Ausreißen und Verschütten kleiner Keimpflanzen von kleinsamigen, aus obersten Bodenschichten keimenden Annuellen grundsätzlich höher als bei großsamigen, aus größerer Bodentiefe keimenden annuellen Arten. Im Vergleich zu Wintergetreide sind die Voraussetzungen für den Geräteinsatz zu Sommergetreide wegen in der Regel geringerer Bodenfeuchte und des günstigeren oberflächennahen Bodengefüges vorteilhafter. Auch bei hoher Keimdichte der Unkräuter im Keimblattstadium ist mit einmaligem Einsatz der Cambridge-Walze im Dreiblattstadium des Sommergetreides und nachfolgendem zweimaligem Einsatz von Striegel oder Netzege im Abstand von wenigen Tagen eine hinreichende Unkrautkontrolle zu erzielen.

Zum optimierten Einsatz von Striegel und Netzege kann daher festgestellt werden, dass

- je früher der Einsatz erfolgt, desto wirksamer ist die Maßnahme;
- Einsätze im Herbst (Vorauslauf: Blindstriegeln von Wintergetreide) günstiger sind als im Frühjahr;
- wiederholte Behandlung in der Regel den Wirkungsgrad – wenngleich häufig nur geringfügig – erhöht;
- der Wirkungsgrad im Sommergetreide höher ist als im Wintergetreide, die Ertragswirksamkeit jedoch geringer.

Wo immer möglich, sollte die Konkurrenzkraft der Getreidepflanze selbst (z. B. durch optimierte Standraumzumessung, enge Reihenabstände, s. u.) zur Unterdrückung der Ackerbegleitflora verstärkt genutzt und auf Hackmaßnahmen verzichtet werden. Vorteile des Striegels gegenüber der **Maschinenhacke** (Getreide kann auch im ökologischen Landbau nicht als Hackfrucht angesehen werden) sind dessen höhere Schlagkraft durch hohe Arbeitsgeschwindigkeiten und -breiten sowie die Möglichkeit, unabhängig vom Reihenabstand zu arbeiten. Dieser Sachverhalt gilt auch für einen **Striegeleinsatz in späteren Vegetationsabschnitten**, beispielsweise zum Heraus-kämmen bzw. Schwächen des vglw. großsamigen Klettenlabkrautes. Bezogen auf die Biomasse der Restverunkrautung wurden mit dem Striegel dabei Wirkungsgrade bis zu 90 % im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle erzielt (STEINMANN & HEITFUSS, 1996). Der Bekämpfungserfolg ist dichteabhängig, doch scheint bei einer Ausgangsverunkrautung von weniger als 10 Klettenlabkrautpflanzen/m² die Reduzierung der Restverunkrautung unter die Schadensschwelle durch wiederholte Behandlung in den Stadien EC 25 und 39/45 möglich. Die Wirkung dieser Maßnahmen ist im Wesentlichen auf das Abreißen von Pflanzen und Pflanzenteilen von *Galium aparine* und eine deutliche Reduzierung der Biomasse überlebender Pflanzen zurückzuführen. Die von den Zinken heruntergezogenen Sprosssteile werden zudem stärker beschattet und im Wachstum beeinträchtigt, da nach KEMBALL et al. (1992) eine Verlagerung von Assimilaten der photosynthetisch aktiven Sprosssteile in die beschatteten Sprosssteile nicht mehr stattfindet.

Ein noch späterer Einsatz des Striegels im Stadium EC 65 - 69 war geeignet, die Samenproduktion von *Vicia hirsuta*, der Rauhaarigen Wicke, einem Problemunkraut des ökologischen Landbaus, insbesondere auf leichten Böden - signifikant zu reduzieren (EISELE, 1998). Ähnliche Effekte eines späten Striegeleinsatzes können auch bei Windhalm durch Knicken und dadurch verursachten Wachstumsstop beobachtet werden. Ein effizienter Einsatz des Striegels in späten Vegetationsabschnitten wird künftig auch im ökologischen Landbau eine verstärkte Nutzung von Fahrgassen erfordern.

Alle **direkten Maßnahmen** der Kontrolle der Begleitflora sind in Abhängigkeit von Zeit- und Energieaufwand ebenso wie Herbizideinsätze mit zusätzlichen Kosten verbunden. Zeit- und energieaufwendige Verfahren wie der Einsatz rotierender Geräte in Reihenfrüchten (z. B. **Hackbürsten**), **thermische Verfahren** (Stabbrenner im Vor- und Nachauflauf in der Reihe), kombiniert mit mechanischen Maßnahmen zwischen den Reihen sowie neuerdings **Pressluft** mit Zusatzeffekten, wie Bodenlockerung und Förderung bodenbürtiger Nährstofffreisetzung (LÜTKEMEYER, 2000) oder sensorgesteuerte Querhacken (GRIMM et al., 1999), werden auf gewinnträchtige Hackfrüchte und den Feldgemüsebau beschränkt bleiben.

Biologische Verfahren, wie z. B. der gezielte Einsatz von spezifisch auf Unkräuter wirkende Schadorganismen sind im ökologischen Landbau in Mitteleuropa noch wenig verbreitet. Die *in situ* Erzeugung herbizider Stoffe mit biologischen Verfahren (**Mykoherbizide**) unterscheidet sich vom Einsatz chemischer Unkrautkontrolle weniger durch die Strategie denn durch die verwendeten Stoffe und deren Synthese. Die Bedeutung der biologischen Verfahren (z. B. *Ascochyta caulina* gegen *Chenopodium album*, KEMPENAAR & SCHEEPENS, 1996) mag künftig bei genauer Kenntnis der jeweilig für einen optimalen Bekämpfungserfolg notwendigen Umweltbedingungen zunehmen.

Indirekte Kontrollmaßnahmen

Hygiene

Wegen des geringen Wirkungsgrades direkter mechanischer Maßnahmen gründet das Konzept der Unkrautregulierung im ökologischen Landbau auf **vorbeugenden und flankierenden Maßnahmen** zur Verhinderung der Besiedlung oder Wiederbesiedlung von Ackerflächen und Vermeidung der generativen und vegetativen Reproduktion. Die Einschränkung der Ausbreitung und

Verschleppung von Vermehrungsorganen kann durch geringstmöglichen Besatz von Saat- und Pflanzgut sowie gewissenhafte Reinigung der eingesetzten Landmaschinen und Geräte minimiert werden. Eventuell anfallende Drusch- und Reinigungsabfälle sollten getrennt kompostiert, Flüssigmist gegebenenfalls belüftet werden, um die Abtötung von Unkrautsamen in größtmöglichem Umfang zu gewährleisten. Unter Umständen ist eine teilweise Mahd der Feldraine vor der Samenreife unerwünschter Arten als ergänzende Hygienemaßnahme angezeigt.

Fruchtfolgegestaltung

Die **Fruchtfolgegestaltung** kann als Kernstück der landwirtschaftlichen Betriebsorganisation durch Kulturpflanzenvielfalt eine diversifizierte Ackerbegleitflora sicherstellen. Ziel ist es dabei, Einseitigkeiten der Ackerbegleitflora - sogenannte Problemunkräuter oder Problemungräser - als Folge vereinfachter Fruchtfolgen und simplifizierter Anbausysteme zu vermeiden. Ausgewogene Anteile von Sommerungen und Winterungen kommen diesem Ziel entgegen. Generell gilt, dass ein artenreicher, mäßig entwickelter Unkrautbesatz in kräftig entwickelten Kulturpflanzenbeständen vergleichsweise leicht zu kontrollieren ist.

Indirekte und präventive Unkrautkontrolle erfolgt durch **Lichtentzug** mit der Wahl konkurrenzkräftiger Arten, wie z. B. stark beschattende Brassicaceen, als Haupt-, Zweit- und Zwischenfrüchte. Deren Beitrag ist hoch, wenn sie die Keimung unerwünschter Begleitflora zulassen, diese dann aber durch die Entfaltung eigener hoher Konkurrenzkraft später erfolgreich unterdrücken. Selbst perennierende Arten wie die Quecke *Agropyron repens* können durch stark beschattende Brassicaceen, z. B. Senf oder Ölrettich (IVASHCHENKO, 1996), erfolgreich unterdrückt werden. In Kombination mit vorangehendem Futterbau, der durch wiederholten Schnitt eine Schwächung unerwünschter Begleitflora erlaubt bzw. deren Samenreife verhindert, lässt sich auch die Ackerkratzdistel bei Einsatz **wendender Grundbodenbearbeitung** effizient kontrollieren.

Allelopathie

Die gezielte Nutzung allelopathischer Effekte wird unter den Bedingungen Mitteleuropas kaum verfolgt, ist gleichwohl unter tropischen und subtropischen Bedingungen belegt und wird dort vornehmlich in Sonderkulturen eingesetzt. Verschiedene allelopathische Effekte wurden für Roggen, Senf (PUTNAM, 1985; PATTERSON, 1986), Sonnenblumen (LEATHER, 1983) und Buchweizen (GAWRONSKI, 1993; CIAKRA et al., 1995) demonstriert, wurden in Feldversuchen bislang aber nicht hinreichend quantifiziert und werden als „Mitnahmeeffekte“ in der Fruchtfolgegestaltung zur Unkrautunterdrückung genutzt.

Bodenbearbeitung / Photobiologie

Strategien zur Kontrolle von Wurzelunkräutern beziehen Maßnahmen der **wendenden Grundbodenbearbeitung** selbstverständlich mit ein. Die hohe Eingriffsintensität mit dem Wendepflug ist im ökologischen Landbau u. a. mit dem restriktiven Einsatz leichtlöslicher, mineralischer Dünger und begrenzter bodenbürtiger Nährstofffreisetzung begründet. Vollständiger Pflugverzicht ist im landwirtschaftlichen Gemischtbetrieb mit Feldfutterbau bedingt durch den erforderlichen Umbruch ein- bis mehrjähriger Futterbaubestände sowie die verlustarme Einarbeitung organischer Wirtschaftsdünger in der Regel unmöglich. Durch ein günstiges Bodengefüge nach Pflugbearbeitung wird eine zügige Jugendentwicklung der Kulturpflanzen mit hoher, frühzeitig entwickelter Wurzelichte, erhöhter Nährstoffaufnahme bei Vermeidung unproduktiver Wasser-

verluste durch frühzeitige Bodenbedeckung (EHLERS, 1997) und daraus folgend hoher Konkurrenzskraft gegenüber der Ackerbegleitflora sichergestellt.

Entsprechende Witterungsverhältnisse vorausgesetzt, kann ein sogenanntes „**falsches Saatbett**“ das Auflaufen der Begleitflora aus oberen Bodenschichten sicherstellen. Der unerwünschte Aufwuchs wird dann ohne weitere zusätzliche Bearbeitungsmaßnahmen bei nachfolgender Saat ent wurzelt bzw. verschüttet; **Wasser- und Nährstoffentzug** für die unerwünschte Flora sind die Folge.

Zahlreiche experimentelle Feldversuche zur **photobiologischen Kontrolle** der Begleitflora haben gezeigt, dass die Unkrautdichte damit um 20-80 % vermindert werden kann (HARTMANN und NEZADAL, 1990; GERHARDS et al., 1998; JUROSZEK, 1999). Nachtbodenbearbeitung bzw. Aussaat bei völliger Dunkelheit in der Nacht (oder mit lichtdicht abgedecktem Gerät, beispielsweise Scheibengrubber der Firma Lemken, eingesetzt vom Institut für Pflanzenbau, Universität Bonn, GERHARDS et al., 1998) kann selbst Problemgräser wie Ackerfuchsschwanz deutlich reduzieren. Andere Autoren konnten diese Ergebnisse nicht bestätigen (JENSEN, 1992; NIEMANN, 1996), ein Umstand, der zwingenden Forschungsbedarf für die Aufklärung der Zusammenhänge zwischen der Keimung lichtsensitiver Unkrautsamen und den ökologischen Rahmenbedingungen, beispielsweise dem Ausmaß der Lichtpenetration in den Boden, Bodentemperatur, Bodenwassergehalt, Dormanz, Verteilung der Unkrautsamen im Boden etc. markiert (JUROSZEK, 1999). Wenn künftig für den Einsatz landwirtschaftlicher Geräte bei Nacht Ortungs- und Navigationssysteme für die flächen- und bestandeskonforme Führung von Schleppern und Werkzeugen zur Verfügung stehen, könnte die photobiologische Beikrautkontrolle wesentlicher Teil von Konzepten nichtchemischer Kontrolle der Begleitflora sein. In Reihenfrüchten könnten sensorgesteuerte Maschinenhacken bei Einsatz im Dunkeln vergleichsweise leicht längs der Pflanzreihe bzw. des Damms geführt und gesteuert werden und ihren Wirkungsgrad deutlich erhöhen, da zwar neue Samen in Keimlage gebracht werden, mangels Lichtreiz die Keimrate von Lichtkeimern aber reduziert wird. Intensivierte pflanzenbaulich-herbologische Forschung auch zu mechanischen Eingriffen in späteren Vegetationsabschnitten ist hierzu noch nötig.

Förderung der Konkurrenzskraft

Saatgutqualität

Kräftige Jugendentwicklung und damit hohe Konkurrenzkraft basieren auch auf hoher Saatgutqualität. Die Selektion größerer Körner kann einen höheren und gleichmäßigeren Feldaufgang sicherstellen (PIORR, 1992; KÖPKE, 1999). Daraus erwachsende Pflanzen entwickeln eine größere Blattfläche der ersten Blätter. Vorquellen und Rücktrocknen des Saatgutes und Vorkeimen des Pflanzgutes (Kartoffeln) können den Zeitraum zur Entfaltung hoher Konkurrenzkraft verkürzen (KARALUS, 1995).

Standraumzumessung

Die optimierte **Standraumzumessung** erlaubt eine **kostenneutrale Kontrolle** der Begleitflora. Die Konkurrenzkraft der Kulturpflanzen ist grundsätzlich um so höher, je gleichmäßiger die Einzelpflanzen verteilt sind, das heißt je höher der Abstand zwischen den Keimpflanzen bei gleicher Saatedichte ist. Eine geringere **Reihenweite** verringert die intraspezifische Konkurrenz der Kulturpflanze und steigert die interspezifische Konkurrenz gegenüber der Begleitflora. Unsicherheiten bestehen in der Regel am gegebenen Standort hinsichtlich der Einschätzung von **Saat- und Bestandesdichte** betreffend ihrer Wirksamkeit gegenüber der dort vorhandenen Ackerbegleitflora. Generell gilt im Hinblick auf Konkurrenzkraft und Ertrag, dass die Aussaatmenge um so stärker reduziert werden kann, je günstiger die Standraumzumessung der Kulturpflanzen und je geringer der erwartete Unkrautdruck ist. **Blindstriegeln** oder **Blindegen** können den Kultur-

pflanzen durch Ausreißen und Verschütten der aufgelaufenen Beikräuter nicht nur Konkurrenzvorteile in der Jugendentwicklung schaffen, sondern durch seitliche Verlagerung des keimenden Saatgutes aus der Drillreihe die Standraumzumessung weiter optimieren. Unter Umständen wird allerdings damit die gleichmäßige Tiefenlage und ein daraus resultierender homogener Feldaufgang eingeschränkt. Großkörniges Saatgut mindert auch dieses Risiko.

Sortenmorphologie und Reihenweite

Die Standraumoptimierung findet unter den Bedingungen hohen Unkrautdrucks ihre untere Grenze bei Reihenabständen, die gerade noch eine mechanische Unkrautkontrolle z. B. mit der Maschinenhacke ermöglichen. Für diese Verhältnisse sind Sorten mit planophiler Blatthaltung günstiger, da sie mit ihren Blättern die Reihenzwischenräume effizienter beschatten (Abbildungen 1 und 2). Die Nutzung von Sorten mit planophiler Blatthaltung begegnete dem Autor erstmals Anfang der 80er Jahre im Trockenreisanbau Brasiliens mit vergleichsweise weiten Reihenabständen. Das Unkrautunterdrückungsvermögen von Trockenreissorten auf Grundlage morphologischer Vielfalt und allelopathischer Eigenschaften wurde jüngst von FOFANA (1997) bestätigt.

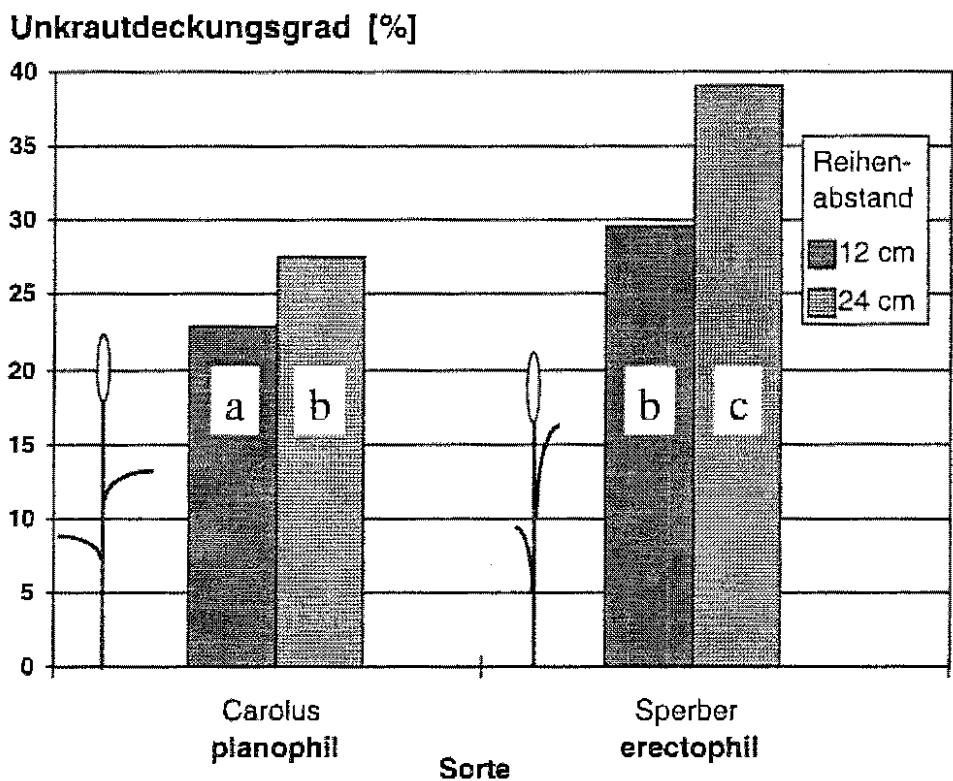


Abb. 1: Unkrautdeckungsgrad in Abhängigkeit von der Weizensorte (*Carolus*: Blatthaltung planophil, *Sperber*: erectophil) und der Reihenweite.

Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede bei $\alpha=0,05$ Bonferroni-Holm-Test, Feldversuch Wiesengut, Hennef 1995 (KÖPKE & EISELE, 1997)

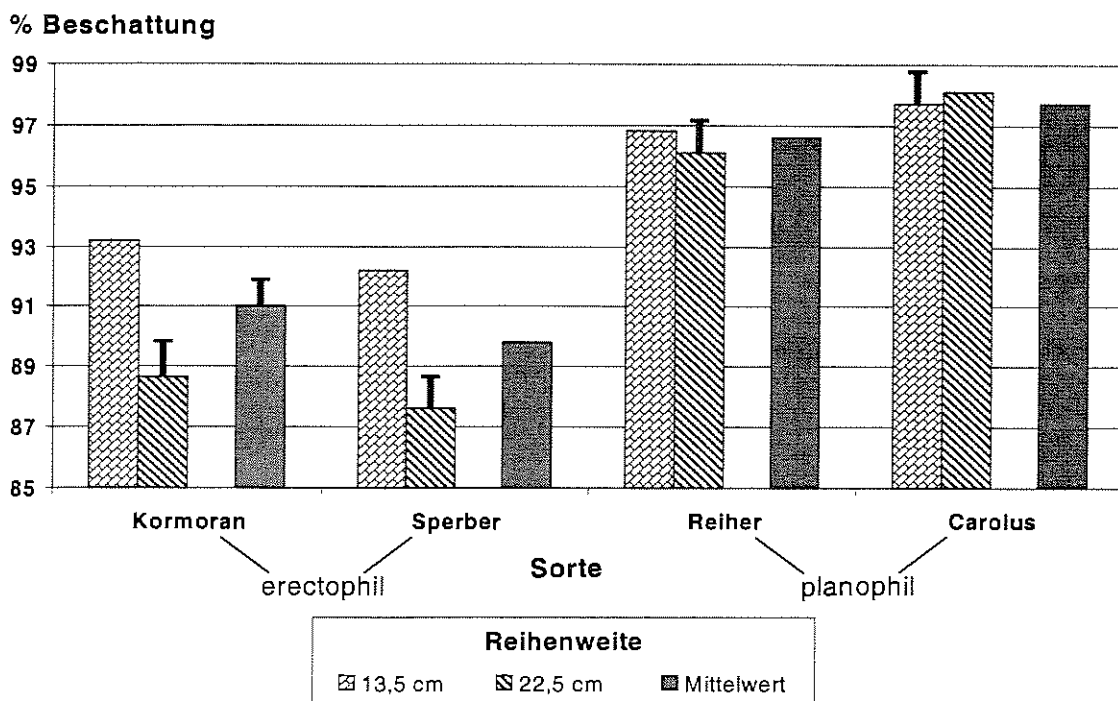


Abb. 2: Gesamtbeschattung [im Tagesverlauf] unter 4 Winterweizensorten mit erectophiler und planophiler Blatthaltung bei 2 Reihenweiten. Drillrichtung Nord-Süd, Sortenversuch Wiesengut 1989, EC 45-50.

Dargestellt sind die Grenzdifferenzen der Wechselwirkung (Reihenweite * Sorte) und der Hauptwirkung (Sorte) mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha=0,05$ (Bonferroni-Holm-Test) (EISELE, 1992)

Anbaustrategien mit Dünnsaaten beziehungsweise geringeren Bestandesdichten mit hohen Einzelährenerträgen können die Sortenmorphologie als Komponente der Konkurrenzkraft gegenüber Ackerwildkräutern ebenfalls in die Kontrollstrategie einbeziehen (KÖPKE und EISELE, 1997; EISELE, 1992; VERSCHWELE und NIEMANN, 1992; GOODING et al., 1997). Ein durch die Wuchsform bedingter hoher Deckungsgrad der Getreidepflanze kann schon in der Phase der Bestockung zur Unterdrückung der Begleitflora beitragen (SCHENKE, 1993). Untersuchungen an 250 Weizengenotypen zeigten, dass solche mit hoher Biomasse-Entwicklung, großen Blattflächen und hoher Bestockung sich schon in frühen Wachstumsstadien gegenüber Unkräutern als besonders konkurrenzkräftig erwiesen (LEMERLE et al., 1996).

Im weiteren Wachstumsverlauf kann eine ausgeprägte Unkrautunterdrückung als Funktion von *Pflanzenlänge* und *Blatthaltung* genutzt werden (EISELE und KÖPKE, 1997b). Dabei wirkt die Wuchshöhe insbesondere auf die Unterdrückung von Spreizklimmern, wie z. B. Klettenlabkraut und auch verschiedene Wickenarten, die Beschattung als Folge der Blatthaltung im Wesentlichen auf niedrigwachsende Dikotyle.

Weizensorten mit eher planophiler Blatthaltung der obersten Blätter entziehen im Vergleich zu Sorten mit vorwiegend erectophiler Blatthaltung in Beständen mit geringerer Pflanzendichte der Wildkrautflora mehr Licht, das heißt sie beschatten stärker. Ihre Wirkungsgrade zur Kontrolle der Begleitflora können überraschend hoch sein, wie Abbildung 3 zeigt. Mit der Wahl planophiler Sorten im Vergleich zu erectophilen, konnte durch die Erhöhung der Gesamtbeschattung um lediglich 3 % die Trockenmasse von Gartenkresse (*Lepidium sativum* L.), eingesetzt als Modellunkraut, im Extrem um etwa 70 % gesenkt werden.

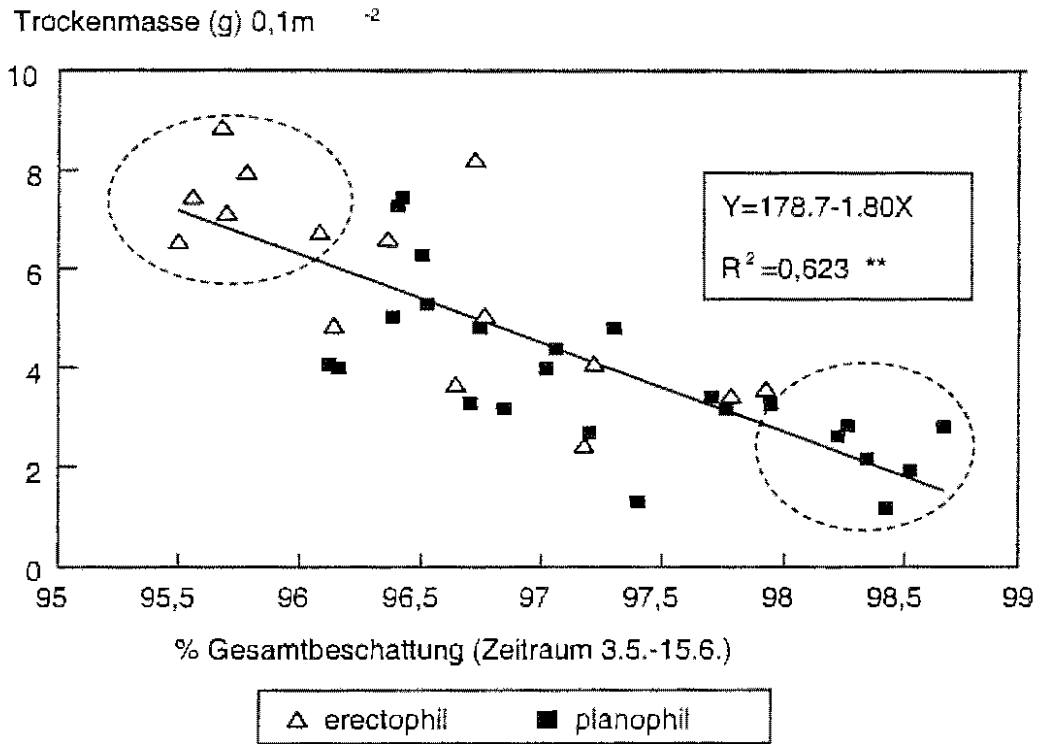


Abb. 3: Trockenmasseproduktion des Modellunkrauts *Lepidium sativum* L in Abhängigkeit von der Gesamtbeschattung während der Stadien EC 30-70 als Funktion erectophiler und planophiler Winterweizensorten. Standort Wiesengut, 1990. (EISELE & KÖPKE, 1997).

Auch bei Kartoffeln wurde der Einfluss des Wuchstyps auf Lichtentzug und Unterdrückung der Begleitflora untersucht (Abbildung 4). Im Vergleich zum Stängeltyp (Sorte 'Selma') war die Beschattung durch den Blatttyp (Sorte 'Bettina') höher. Die Unkrautmasse wurde durch die Sorte 'Bettina' im Mittel von drei Versuchsjahren deutlich und z. T. signifikant reduziert (KORR et al., 1996).

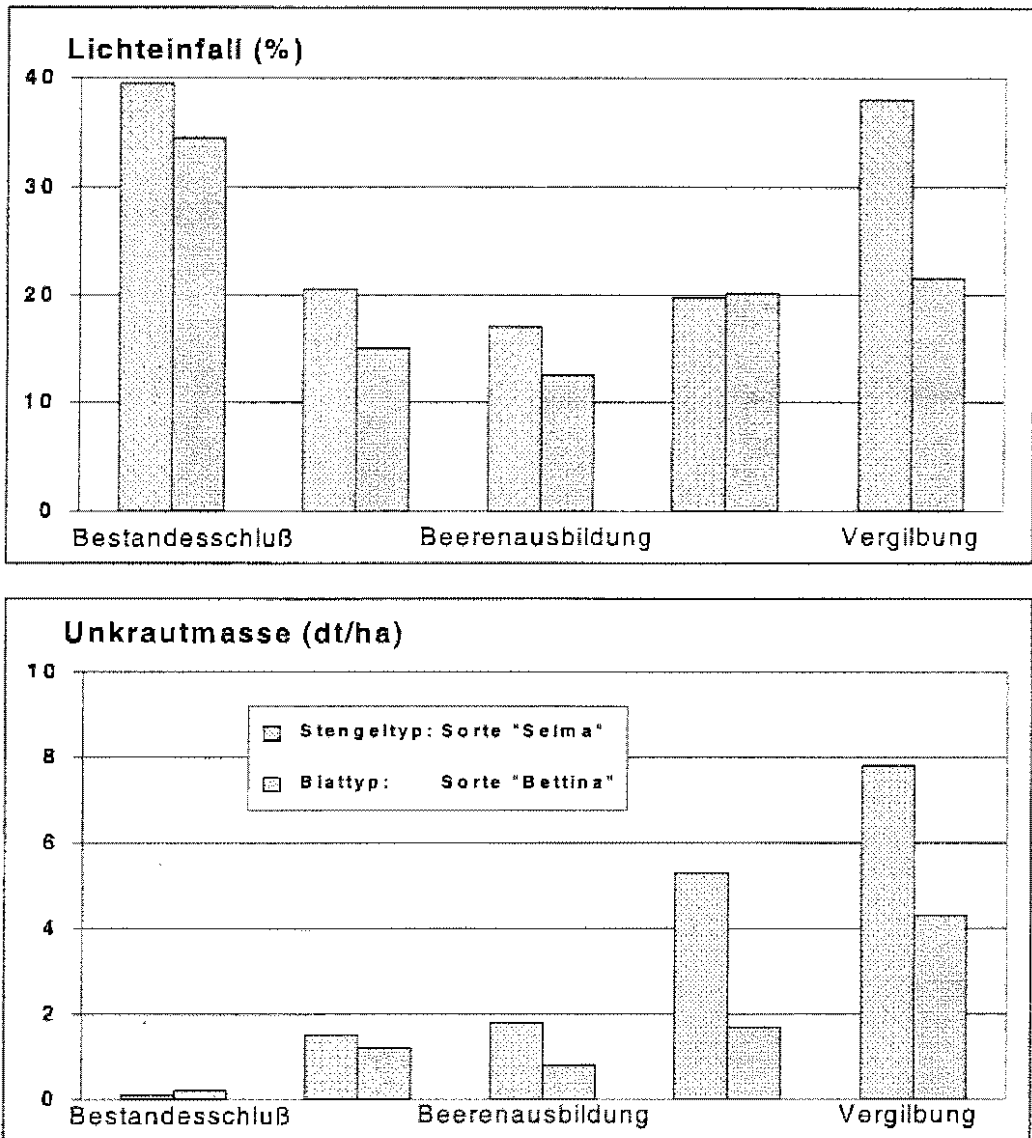


Abb. 4: Sprossmorphologie von Kartoffeln: Einfluss auf Beschattung und Verunkrautung (KORR et al., 1996).

Sortenmorphologie und Drillrichtung

In Anbausystemen mit geringerer Ertragserwartung kann eine Ausrichtung der **Drillreihen in Ost-West-Richtung** dem Getreide Konkurrenzvorteile durch höhere Beschattung der Reihenzwischenräume, insbesondere während der Jugendentwicklung eröffnen (EISELE, 1992; EISELE und KÖPKE, 1991). Abbildung 5 zeigt den Effekt der Kombination der Kriterien Blatthaltung und Drillrichtung. Die Dichte der Windhalmsrispen konnte durch die Drillrichtung Ost-West im Vergleich zur Drillrichtung Nord-Süd unter erectophilen Sorten deutlich reduziert werden. Planophile Sorten reduzierten bei Drillrichtung Nord-Süd die Rispendichte in gleicher Weise wie bei der Drillrichtung Ost-West.

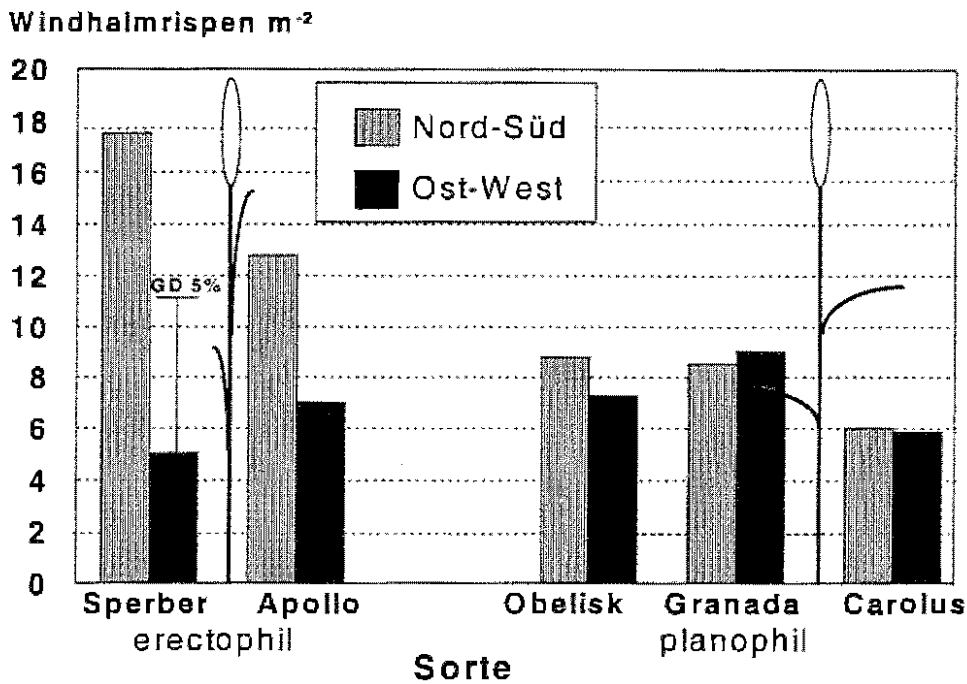


Abb. 5: Rispendichte von Windhalm (*Apera spica-venti* (L.) P.B.) in Abhängigkeit von Sortenmorphologie und Drillrichtung (Stadium EC 72, Wiesengut 1990) (EISELE & KÖPKE, 1997).

Schlussfolgerungen und Ausblick

Generell gilt für Konzepte der Unkrautkontrolle im Organischen Landbau, dass kostensteigernde Maßnahmen der direkten Beikrautregulierung vermieden werden müssen. Fruchtfolgegestaltung und Grundbodenbearbeitung werden langfristig festgelegt und unterliegen in der Regel einer kurzfristigen Modifikation. Alle Maßnahmen, die die Konkurrenzkraft der Kulturpflanzen gegenüber der Begleitflora steigern, wie Saatgutqualität, Standraumzumessung, Sortenwahl, Grundbodenbearbeitung und mit Einschränkungen die Saatbettbereitung bei völliger Dunkelheit, können ebenfalls als weithin kostenneutral angesehen werden. Durch Kombination der standörtlich wesentlichen Komponenten nichtchemischer Kontrolle der Begleitflora lassen sich im Konzept der Unkrautregulierung im Getreidebau des ökologischen Landbaus die einzelnen vergleichsweise geringen Wirkungsgrade zu Kontrollstrategien potentiell hoher Effizienz verbinden.

Vergleichsuntersuchungen zur standortorientierten optimierten Kombination mit eindeutiger Quantifizierung der jeweiligen Beiträge der einzelnen Strategieelemente im Konzept der Unkrautregulierung des ökologischen Landbaus sind geplant. Darauf aufbauend sollen rechnergestützte Entscheidungshilfen, wie sie am Beispiel einer standortangepassten Sortenwahl- und Anbaustrategie für Winterweizen in Abbildung 6 dargestellt ist, entwickelt werden. Das Konzept der Unkrautregulierung im ökologischen Landbau wird künftig den Erhalt und die Förderung der typischen Ackerwildkrautflora durch zielführend kleinräumig variierte Bewirtschaftungsmaßnahmen als Beitrag zum Arten- und Biotopschutz vermehrt einbeziehen.

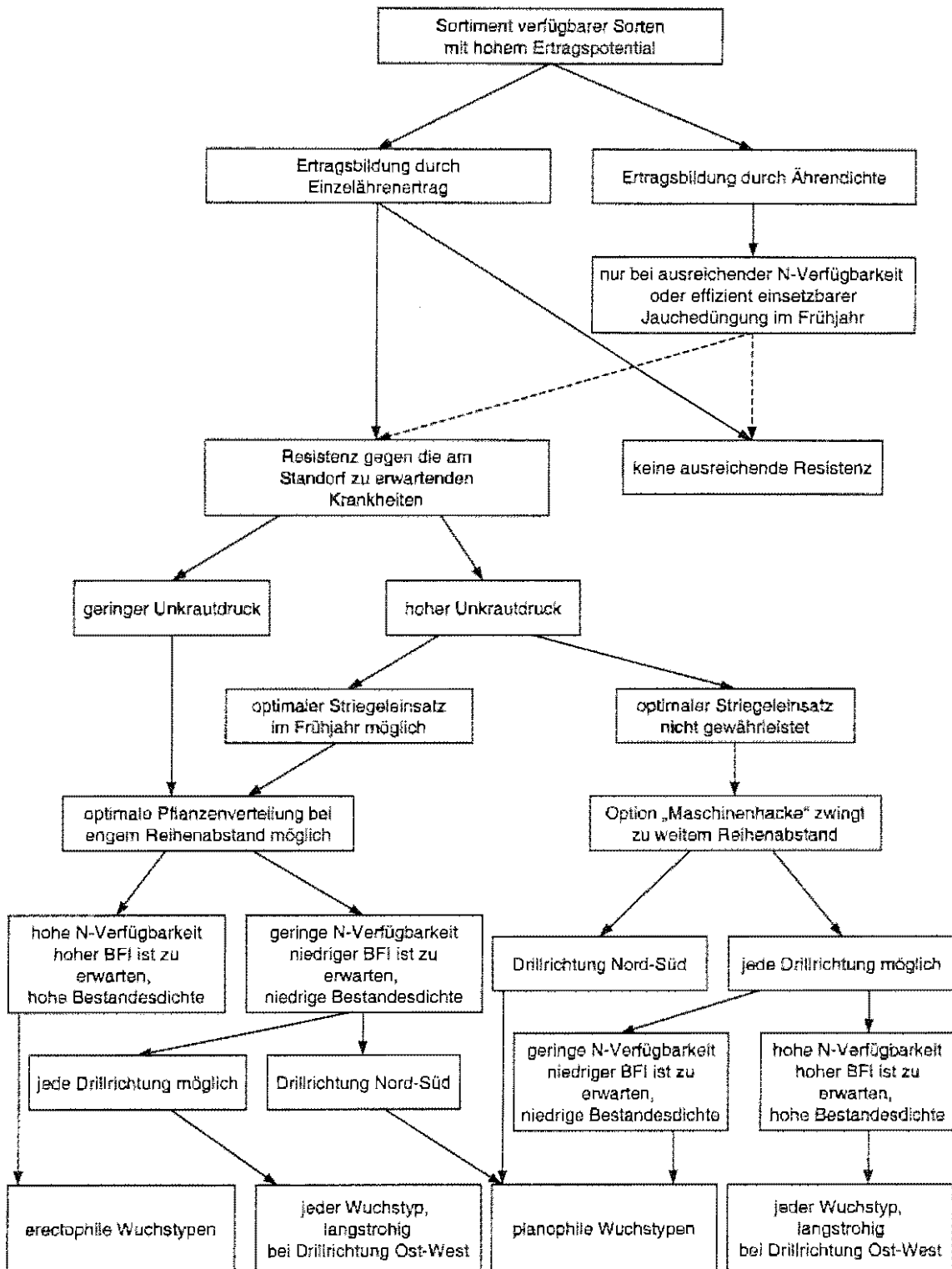


Abb. 6: Optionen für eine standortangepasste Sortenwahl- und Anbaustrategie von Winterweizen im ökologischen Landbau (nach EISELE, 1992)

Literaturverzeichnis

- CIARKA, D., GAWRONSKI S.W. & D. GOZDZIKIEWICZ, 1995: Buckwheat in prevention and control of weeds. Conference: Theoretical and practical aspects of allelopathy. Pulawy, Poland, 10-12.Oct. 1995. p. 33.
- EHLERS, W., 1997: Influence of cultural intensity on water use and water use efficiency - basic considerations and deductions for organic farming. In: J. ISART & J.J. LLERENA (eds) Ressource Use in Organic Farming. The European Network for Scientific Research and Coordination in Organic Farming. Proceedings of the 3rd ENOF-Workshop Ancona, 5-6th June 1997. 7-22.
- EISELE, J.-A., 1992: Sortenwahl bei Winterweizen im Organischen Landbau unter besonderer Berücksichtigung der morphologisch bedingten Konkurrenzskraft gegenüber Unkräutern. Diss. agr. Universität Bonn.
- EISELE, J.-A., 1998: Strategies for the control of *Vicia hirsuta* L. SF GRAY in Organic Farming. Proceed. 50th Intern. Symp. on Crop Protection, May 5, 1998. Gent, Belgium.
- EISELE, J.-A. & U. KÖPKE, 1991: Einfluss von Sorte, Drillrichtung und Reihenabstand auf die Lichtverhältnisse in Winterweizenbeständen des Organischen Landbaus - Konsequenzen für die Konkurrenz gegenüber Unkräutern. Mitt. Ges. Pflanzenbauw. Band 4, 55-58.
- EISELE, J.-A. & U. KÖPKE, 1997: Choice of cultivars in Organic Farming: New criteria for winter wheat ideotypes. Vol II: Weed competitiveness of morphologically different cultivars. Pflanzenbauwissenschaften, 1 (2), 84-89.
- FOFANA, B., 1997: Unkrautunterdrückungsvermögen von Trockenreissorten unter low input-Bedingungen in Westafrika. Diss. agr. Gießen
- GAWRONSKI, S.W., 1993: Buckwheat in prevention and control of weeds. Communications of the Fourth International Conference IFOAM 5th-9th July 1993. Dijon. France. 225-226.
- GERHARDS; R., P. JURSZEK; H. KLÜMPER & W. KÜHBAUCH, 1998: Möglichkeiten zur photobiologischen Unkrautregulierung auf Ackerschlägen. Pflanzenbauwissenschaften, 2, 91-96.
- GOODING, M.J., COSSER, N.D., THOMPSON, A.J., DAVIES W.P. & R.J. FROUD-WILLIAMS, 1997: The effect of cultivar and Rht genes on the competitive ability, yield and breadmaking quality and of organically grown winter wheat. In: J. ISART & J.J. LLERENA (Eds.): Resource Use in Organic Farming. Proceedings of the 3rd ENOF Workshop, Ancona, 5-6 June 1997, 113-126. Barcelona, Spain. The European Network for Scientific Research Coordination in Organic Farming.
- GRIMM, J., KIELHORN, A. & D. TRAUTZ, 1999: Notwendigkeit und Wirkung von Hackvorgängen in der Reihe zur Beikrautregulierung in Reihenkulturen – Lösungsmöglichkeiten durch die sensorgesteuerte Querhacke im Mais. In: Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 12, 65-66.
- HARTMANN, K. M. & W. NEZADAL, 1990: Photocontrol of weeds without herbicides. Naturwissenschaften 77, 158-163.
- HOFFMANN, M.L., WESTON A., SNYDER, J.C. & E.E. REGNIER: Allelopathic influence of germinating seeds and seedlings of cover crops on weed species. Weed Science 44, 579-584.
- HURLE, K.&A. KEMMER (Hrsg.), 1993: Gemeinschaftsversuche Baden-Württemberg 1993. Mechanische Unkrautregulierung in Getreide. Zusammenfassende Beurteilung Seite 46 ff. Berichte aus dem Fachgebiet Herbologie der Universität Hohenheim Heft 34, 1993, 78 Seiten.

- HURLE, K. & A. KEMMER (Hrsg.), 1996: Gemeinschaftsversuche Baden-Württemberg 1995/96. Mechanische und chemische Unkrautregulierung in Getreide. Zusammenfassende Beurteilung Seite 38 ff. Berichte aus dem Fachgebiet Herbologie der Universität Hohenheim Heft 36, 1996, 105 Seiten.
- IVASHCHENKO, A. A., 1996: Biological control of *Agropyron repens* (L.) Beauv. by cash crops. Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderheft XV, 385-388.
- JENSEN, P. K., 1992: First Danish experiences with photocontrol of weeds. Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderheft VIII, 631-636.
- JUROSZEK, P., 1999: Photobiologische Unkrautkontrolle. Diss. agr. Universität Bonn.
- KARALUS, W., 1995: Einfluss der Pflanzengutvorbereitung auf den Krankheitsbefall und Ertragsaufbau bei Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L.) im Ökologischen Landbau. Diss. agr. Universität Gießen.
- KEMBALL, W. D., PALMER, M.J. & C. MARSHALL, 1992: The effect of local shading and darkening on branch growth, development and survival in *Trifolium repens* and *Galium aparine*. Eucos, 63:366-375.
- KEMPENAAR, S.C. & P.C. SCHEEPENS, 1996: Biological control of *Chenopodium album* L. with *Ascochyta caulina* van der Aar und van Kest. Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderheft XV, 379-383.
- KÖPKE, U., 1999: Saatgutbürtige Krankheiten im Ökologischen Landbau. In: Berichte aus d. Biologischen Bundesanstalt für Land- u. Forstwirtschaft, Kleinmachnow. (Hrsg.: BBA Braunschweig), Heft 50, 55-63.
- KÖPKE, U. & J.-A. EISELE, 1997: Morphologische Kriterien für die Sortenwahl im Organischen Landbau. Votr. Pflanzenzücht. 39, 107-113.
- KORR, V.; MAIDL, F.-X. & G. FISCHBECK, 1996: Auswirkungen direkter und indirekter Regulierungsmaßnahmen auf die Unkrautflora in Kartoffeln und Weizen. Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderheft XV, 349-358.
- LEATHER, G.R., 1983: Sunflowers (*Helianthus annuus*) are allelopathic to weeds. Weed Science 31: 37-42.
- LEMERLE, D., VERBEEK, R.D. COUSENS & N.E. COOMBES, 1996: The potential for selecting wheat varieties strongly competitive against weeds. Weed Research 36, 505-513.
- LÜTKEMEYER, L., 2000: Hydropneumatische Unkrautbekämpfung in Reihenkulturen. 20. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, Hohenheim, 14.-16. März 2000. Zum Druck eingereicht.
- NIEMANN, P., 1996: Unkrautbekämpfung durch Lichtausschluss während der Bodenbearbeitung. Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderheft XV, 315-324.
- PATERSON, D.T., 1986: Allelopathy. In: Camper N.D. (ed.) Research Methods in Weed Science. Southern Weed Science Society. Champaign, Illinois. 111-134.
- PIORR, H.-P., 1992: Phytopathological advantages and risks of organic farming systems: Future perspectives to improve organic cropping systems. In: J. ALTMANN (ed.), CRC Press, Cleveland: Pesticide interactions in crop production: Beneficial and deleterious effects, 461-473.
- PUTNAM, A.R., 1985: Weed allelopathy. In: Duke S.O. (ed.) Weed Physiology. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida. p. 131-157.

- SCHENKE, H., 1993: Anbautechnik von Winterweizen im Organischen Landbau: Unkrautauflkommen und Ertragsbildung in Abhängigkeit von mechanischer Unkrautregulierung, Saatgutqualität, Standraumzumessung und organischer Düngung. Diss. agr. Universität Bonn.
- STEINMANN, H.-H & R. HEITTEFUSS, 1996: Mechanische Bekämpfung von *Galium aparine* L. in Winterweizen. Z. für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XV, 431-439.
- VERSCHWELE, A. & P. NIEMANN, 1992: Einfluss der Morphologie von Winterweizensorten auf den Lichteinfall in den Bestand und die Verunkrautung. Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderheft VIII, 181-189.
- WAHMHOFF, W., 2000: Integrierter Rapsanbau: Untersuchungen zur Entwicklung integrierter Produktionsverfahren am Beispiel des Winterrapses (*Brassica napus* L.). Habilitationsschrift Göttingen – Erich-Schmidt-Verlag, Berlin (Initiative zu Umweltschutz Band 16), 284 S.

Abschlussdiskussion über Defizite und Lösungsmöglichkeiten

In Reaktion auf die Bewirtschaftung im ökologischen Landbau haben sich als Problemunkräuter vor allem Ackerkratzdistel, Ampfer-Arten, Quecke, Rauhaarige Wicke und Platterbse auf vielen Flächen etabliert. Der hohe Handarbeitsaufwand zur Unkrautbekämpfung im Gemüse- und Zuckerrübenanbau sowie beim Anbau von Sonderkulturen stellt ein schwerwiegendes Hemmnis für die Ausdehnung des ökologischen Landbaues dar. So kann der Handarbeitsaufwand zur Unkrautbekämpfung im ökologischen Gartenbau bis zu 800 Stunden/ha betragen, welcher vor allem aus der ungenügenden mechanischen Unkrautbekämpfung mittels Hack- und Striegelgeräten in der Kulturpflanzenreihe resultiert. Als problematisch ist ferner der hohe Energieverbrauch bei der thermischen Unkrautbekämpfung anzusehen.

Im Zentrum der direkten Unkrautregulierung stehen in den meisten Kulturen nach wie vor mechanische Maßnahmen. Es sind deutliche Fortschritte der Unkrautkontrolle mit neuentwickelten Geräten zu verzeichnen. Hiervon sind beispielsweise die Trennhacke und Bügelhacke zu nennen.

Von den indirekten Regulierungsmaßnahmen stellt eine langfristig ausgelegte Fruchtfolgegestaltung die wichtigste Einzelmaßnahme zur Unkrautunterdrückung dar. Eine Senkung der Verunkrautung durch die Fruchtfolge verlangt ein ausgewogenes Verhältnis von Halm- und Blattfrüchten. Eine Kontrolle der Ackerkratzdistel ist ohne die Einbeziehung einer mehrjährigen Luzerne- bzw. Klee-grasgemische kaum zu erreichen.

Die Optimierung von Bodenbearbeitung, Saatbettbereitung, Aussaatzeit, Aussaatmenge und Stickstoffversorgung sowie der Anbau konkurrenzstarker Sorten tragen ebenfalls zur Unkrautunterdrückung maßgeblich bei. Alternative Maßnahmen, wie z. B. Nutzung von Mikrowellen, Elektrizität, Photocontrol, allelopatischen Wirkungen und Druckluft, gilt es forschungsmäßig weiter zu bearbeiten, um damit das Instrumentarium zur Unkrautregulierung im ökologischen Landbau zu erweitern und standort- sowie situationsbezogen optimale Kombinationen der einzelnen Maßnahmen für eine effiziente Unkrautregulierung zu ermöglichen.

Nur durch ein Gesamtkonzept von Maßnahmen, welches auf einer ausgewogenen Fruchtfolge basiert, kann die Verunkrautung im ökologischen Landbau ohne hohen Handarbeitsaufwand auf niedrigem Niveau gehalten werden.

**Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
erscheinen seit 1995 in zwangloser Folge.**

- Heft 52, 1999: Liste der zugelassenen Pflanzenschutzmittel (Stand: 1. Januar 1999). Bearbeitet von Dr. Achim Holzmann und Andreas Spintf, 63 S.
- Heft 53, 1999: Pflanzenschutz im ökologischen Landbau – Probleme und Lösungsansätze. Zweites Fachgespräch am 5. November 1999 in Darmstadt. Die Anwendung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel, ihre Auswirkungen auf den Naturhaushalt und Erörterung der Möglichkeiten, unerwünschte Auswirkungen zu begrenzen. Bearbeitet von Dr. Marga Jahn und Dr. Holger Beer, 85 S.
- Heft 54, 1999: Verzeichnis der Wirkstoffe in zugelassenen Pflanzenschutzmitteln (ehemals Merkblatt Nr. 20). Stand: Juli 1999. Bearbeitet von Dr. Walter Dobrat, 265 S.
- Heft 55, 2000: Liste der zugelassenen Pflanzenschutzmittel (Stand: 1. Januar 2000). Bearbeitet von Dr. Achim Holzmann, 68 S.
- Heft 56, 2000: Einführung in die Biometrie unter Berücksichtigung der Software SAS. Teil 4: Korrelationsanalyse, Regressionsanalyse und Kovarianzanalyse. Zur Nutzung von SAS/INSIGHT® und der Analyst Application. Bearbeitet von Dr. Eckart Moll, 94 S.
- Heft 57, 2000: Synopsis of Testing Plant Protection Equipment in the Federal Republic of Germany. Published on the Occasion of the 50th Anniversary of Testing Plant Protection Equipment at the Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry in Braunschweig. Bearbeitet von Siegfried Rietz, 214 S.
- Heft 58, 2000: Aufgaben der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft als selbständige Bundesoberbehörde. Stand: März 2000. Dr. Gerhard Gündermann, 21 S.
- Heft 59, 2000: EU-Beurteilungsbericht Fluroxypyr. Rechtliche Regelungen der Europäischen Union zu Pflanzenschutzmitteln und deren Wirkstoffen. Band D 1. Bearbeitet von Dr. Achim Holzmann und Jutta Plekat, getr. Zählung.
- Heft 60, 2000: EU-Beurteilungsbericht Azimsulfuron. Rechtliche Regelungen der Europäischen Union zu Pflanzenschutzmitteln und deren Wirkstoffen. Band D 2. Bearbeitet von Dr. Achim Holzmann und Jutta Plekat, getr. Zählung.
- Heft 61, 2000: EU-Beurteilungsbericht Kresoxim-methyl. Rechtliche Regelungen der Europäischen Union zu Pflanzenschutzmitteln und deren Wirkstoffen. Band D 3. Bearbeitet von Herbert Köpp und Jutta Plekat, getr. Zählung.
- Heft 62, 2000: Wirkstoffdatenblätter zur arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchung - Pflanzenschutzmittel - . 3. Folge, Stand: Dezember 1999. Bearbeitet von Dr. Hans-Hermann Schmidt, Dr. Eberhard Hoernicke, Dr. Marion Fathi, Dr. Rudolf Pfeil, 224 S.
- Heft 63, 2000: Biodiversität in der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA). Bearbeitet von Prof. Dr. Fred Klingauf, Dr. Heinrich Brammeier, Dr. Wolfgang Burgemeister und Dr. Holger Beer, 507 S.
- Heft 64, 2000: Zuständigkeiten bei der Prüfung und Zulassung von Pflanzenschutzmitteln und bei der EU-Wirkstoffprüfung. Stand: Juni 2000. Bearbeitet von Edelgard Adam, 59 S.
- Heft 65, 2000: EU-Beurteilungsbericht Azoxystrobin. Rechtliche Regelungen der Europäischen Union zu Pflanzenschutzmitteln und deren Wirkstoffen. Band D 4. Bearbeitet von Herbert Köpp und Jutta Plekat, getr. Zählung.
- Heft 66, 2000: EU-Beurteilungsbericht Spiroxamina. Rechtliche Regelungen der Europäischen Union zu Pflanzenschutzmitteln und deren Wirkstoffen. Band D 5. Bearbeitet von Herbert Köpp und Jutta Plekat, getr. Zählung.
- Heft 67, 2000: 100 ECCO-Peer Review Meetings Documentation. Compiled on the occasion of the 100. ECCO-Peer Review Meeting held at the BBA from 3 to 7 July 2000. Bearbeitet von Jürgen Sturma und Dr. Jan von Kietzell, 100 S.
- Heft 68, 2000: Rechtliche Regelungen der Europäischen Union zu Pflanzenschutzmitteln und deren Wirkstoffen. (Band B: , Verordnungen und Protokolle zur Wirkstoffprüfung) 4. Auflage, Stand: 01. Juli 2000. Bearbeitet von Dr. Jörg-Rainer Lunde, 176 S.
- Heft 69, 2000: EU-Beurteilungsbericht Imazalil. Rechtliche Regelungen der Europäischen Union zu Pflanzenschutzmitteln und deren Wirkstoffen. Band D 6. Bearbeitet von Edelgard Adam, Axel Wilkening und Jutta Plekat, getr. Zählung.
- Heft 70, 2000: EU-Beurteilungsbericht Prohexadion-calcium. Rechtliche Regelungen der Europäischen Union zu Pflanzenschutzmitteln und deren Wirkstoffen. Band D 7. Bearbeitet von Dr. Achim Holzmann, Dr. Henning Bruno und Jutta Plekat, getr. Zählung.
- Heft 71, 2000: EU-Beurteilungsbericht Metsulfuron-methyl. Rechtliche Regelungen der Europäischen Union zu Pflanzenschutzmitteln und deren Wirkstoffen. Band D 8. Bearbeitet von Dr. Henning Bruno und Jutta Plekat, getr. Zählung.