

26th German Conference on weed Biology and Weed Control, March 11-13, 2014, Braunschweig, Germany

Rezente Veränderungen von Unkrautflora und -management als Basis für zukünftige Managementanpassungen

Recent changes of arable weeds flora and management as a basis for future adaptations

Laura Breitsameter* und Horst-Henning Steinmann

Georg-August-Universität Göttingen, Zentrum für Biodiversität und Nachhaltige Landnutzung,
Sektion Landwirtschaft und Umwelt, Grisebachstr. 6, 37077 Göttingen, Deutschland

*Korrespondierender Autor, lbreits@agr.uni-goettingen.de



DOI 10.5073/jka.2014.443.027

Zusammenfassung

Die über die vergangenen Jahrzehnte beobachteten Veränderungen der Unkrautflora, welche durch Klimawandel und Veränderungen in Landnutzung und Bewirtschaftungspraxis verursacht werden, erfordern eine adäquate Anpassung des Unkrautmanagements. In dem vorliegenden Beitrag wird für das Bundesland Niedersachsen anhand von zwei Datenquellen ein Wandel der Unkrautflora nachgezeichnet und rezente Veränderungen des Unkrautmanagements dargestellt. Hierfür wurde zum einen unter Fachleuten aus landwirtschaftlicher Beratung, Behörden und Industrie eine Expertenbefragung durchgeführt, anhand derer qualitativ bestimmt wurde, welche Unkrautarten oder -gruppen in den vergangenen Jahren an Bedeutung gewonnen oder verloren haben, und welche Entwicklungen der Bedeutung einzelner Unkrautarten künftig zu erwartenden sei. Zusätzlich wurden mögliche zukünftige Anpassungen und Herausforderungen des Unkrautmanagements erfragt. Zum anderen wurden anhand der Versuchsberichte zum Pflanzenschutz der Landwirtschaftskammer Niedersachsen für mehrere Kulturarten für den Zeitraum von den frühen 1980er Jahren bis in die Gegenwart Veränderung der Praxis der Herbizidanwendung nachgezeichnet. Die Daten geben deutliche Hinweise darauf, dass eine Reihe von Unkrauttaxa in den vergangenen 30 Jahren stark an Relevanz gewonnen hat, insbesondere Hirse- und Storchschnabel-Arten, Ackerfuchsschwanz und Gänsefuß. Der direkte Einfluss des Klimas auf die Ackerunkrautflora ist dabei nicht von Effekten einer veränderten Bewirtschaftungspraxis zu trennen, welche wiederum selbst durch den Klimawandel beeinflusst wird. In der landwirtschaftlichen Praxis erfolgte über die vergangenen Jahrzehnte unter anderem eine Anpassung der Behandlungstermine, zum Beispiel eine vermehrte Herbstbehandlung im Winterweizen. Die bisherigen Veränderungen können eine Grundlage für die Entwicklung von Managementanpassungen für die Zukunft liefern. Hierzu ist das Wissen über ihre Ursachen mit Erkenntnissen aus der Klimafolgenforschung zu ergänzen. Wie bei der Interpretation vergangener Entwicklungen ist es auch bei Prognosen für die Zukunft nicht möglich, den Einfluss sich ändernden Klimas von Bewirtschaftungseffekten zu trennen. Beispielsweise hat die Fruchtfolge eine selektierende Wirkung auf Unkrautgruppen und die Konzentration des Maisanbaus kann Effekte einer Temperaturerhöhung für wärmeliebende sommerannuelle Arten verstärken.

Stichwörter: Behandlungstermine, bekämpfungsrelevante Arten, Expertenbefragung, Klimawandelfolgen

Abstract

In the course of the past decennia, numerous shifts of the arable weeds flora have been observed as a result of climate change and of changes of land use and agricultural management practice. These shifts necessitate appropriate adaptations of weed management. The present study depicts alterations of the arable weeds flora of Lower Saxony based on data from two different sources, and describes recent changes of arable weeds management. We firstly conducted a questionnaire-based survey among plant protection consultants and experts of agronomy and plant protection in industry and the federal agriculture authorities. This survey was aimed at identifying which weed taxa have gained or lost relevance for management, and which tendencies with regard to their relevance is expected according to expert knowledge. In addition, the experts were asked for information on possible adaptations and challenges of weed management expected for the future. Secondly, we used protocols of plant protection trails published by the Lower Saxony chamber of agriculture in order to determine alterations of the weed management practice since the 1980s. The screened data gave a clear indication of an increase of the relevance during the past 30 years for a number of weed taxa, in particular for several millet taxa, *Geranium* species, *Alopecurus myosuroides* and *Chenopodium album*. In the evaluation of changes of the relevance of individual weed taxa, the impact of climate change cannot be segregated from effects of altered agricultural practices, which are in turn themselves influenced by climate change. Records of the agricultural practice have pointed out shifts in herbicide application dates which parallel altered sowing dates, e. g., an increase in the frequency of herbicide application in autumn rather than in spring for winter

wheat. The recent shifts of weed flora and management practices can serve as a basis for the development of management adaptations for the future. To this purpose, a sound understanding of their causes is indispensable, and it needs to be complemented with knowledge obtained from climate change research. As with the interpretation of past shifts, in projections for the future it will not be possible to disentangle climate and management effects. For example, crop sequence is known to select for certain weed life history groups, and a concentration of maize cultivation can therefore enhance the positive effects of a warmer climate for thermophile summer annual weed taxa.

Keywords: Climate change impact, expert knowledge, herbicide application dates, management-relevant taxa

Einleitung

Bedingt durch den Klimawandel und durch Veränderungen in Landnutzung und Bewirtschaftungspraxis wird in vielen Regionen der Welt ein Wandel der Abundanz und des Schadpotentials unterschiedlicher Taxa von Ackerunkräutern beobachtet (für Europa z. B. MEISSELE *et al.*, 2010; für Nordamerika z. B. McDONALD *et al.*, 2009). Diese Veränderungen der Unkrautflora erfordern eine adäquate Anpassung des Unkrautmanagements.

Das Ziel des vorliegenden Beitrags ist es, für das Bundesland Niedersachsen einige der über die vergangenen Jahrzehnte eingetretenen Veränderungen der Unkrautflora und des Unkrautmanagements nachzuzeichnen. Sie sollen als eine Basis für die Entwicklung von Managementoptionen für die Zukunft dienen.

Anhand von zwei Datenquellen wurden Veränderungen des behandlungsrelevanten Artenspektrums und der in der Praxis angewandten Maßnahmen ermittelt:

Zum einen wurde unter Fachleuten aus landwirtschaftlicher Beratung, Behörden und Industrie eine Expertenbefragung durchgeführt, durch die qualitativ bestimmt wurde, welche Unkrauttaxa in den vergangenen Jahrzehnten an Bedeutung gewonnen haben oder für welche Arten ein Rückgang beobachtet wurde. Zusätzlich wurde auch die Einschätzung der Befragten über zukünftig zu erwartende Entwicklungen hinsichtlich der Bedeutung einzelner Unkrauttaxa und über mögliche zukünftige Veränderungen und Herausforderungen des Unkrautmanagements erfragt.

Zum anderen wurden für mehrere Kulturarten für den Zeitraum von den frühen 1980er Jahren bis in die Gegenwart einige Veränderungen der Herbizidanwendungspraxis nachgezeichnet, welche auf den Klimawandel zurückführbar sein können. Als Datengrundlage hierfür dienten die Versuchsberichte zum Pflanzenschutz der Landwirtschaftskammer Niedersachsen. Diese geben für unterschiedliche Standorte, Kulturen und regional relevante Befunde der Verunkrautung die jeweils entsprechende bestmögliche Behandlung unter Vergleich unterschiedlicher Behandlungsoptionen an.

Die Auswertung des in diesen beiden Quellen dokumentierten rezenten Wandels wurde in Zusammenschau mit der Experteneinschätzung über zukünftig zu erwartende Veränderungen betrachtet und durch aktuelle Erkenntnisse der Klimafolgenforschung ergänzt. Hiervon ausgehend werden Herausforderungen und Optionen für ein zukünftiges Unkrautmanagement in Niedersachsen aufgezeigt.

Material und Methoden

Expertenbefragung

Im Frühjahr 2013 wurde eine Befragung von Expertinnen und Experten aus Pflanzenbau und Pflanzenschutz (Fachreferent*Innen der LWK Niedersachsen, BeraterInnen aus Industrie und aus niedersächsischen Landwirtschafts-Beratungsringen) durchgeführt. Die Befragung erfolgte mittels eines Fragebogens und deckte zwei Bereiche ab:

Zum einen sollten die Befragten aus einer vorgegebenen Liste diejenigen Arten markieren, die derzeit besondere Relevanz für das Unkrautmanagement in ihrem Beratungsgebiet haben. Die Liste umfasste die überwiegend wärmeliebenden Arten Amarant (*Amaranthus retroflexus*), Grüne Borstenhirse (*Setaria viridis*), Hühnerhirse (*Echinochloa crus-galli*), Knöterich-Arten (*Fallopia*

convolvulus, *Polygonum aviculare* und *P. persicaria*), Samtpappel (*Abutilon theophrasti*), Schlagkraut (*Iva xanthiifolia*), Schw. Nachtschatten (*Solanum nigrum*), Stechapfel (*Datura stramonium*), Stiefmütterchen (*Viola arvensis*), Weißer Gänsefuß (*Chenopodium album*) und Winden-Arten (*Calystegia sepium*, *Convolvulus arvensis*). Die Vorauswahl dieser Arten erfolgte im Zusammenhang mit anderen Forschungsfragen (BÜRGER *et al.*, 2014; BREITSAMETER *et al.*, 2014). Die befragten Personen sollten ferner spezifisch für ihr jeweiliges Beratungsgebiet ihre Einschätzung bezüglich bisheriger und zukünftig zu erwartender Veränderungen der Relevanz (zunehmend und/oder abnehmend) weiterer Unkrautarten oder -gruppen abgeben. Sie konnten die Unkrauttaxa hierfür frei nennen. Als Zeithorizont wurden für bisherige Entwicklungen die vergangenen 20 bis 30 Jahre, für in die Zukunft gerichtete Aussagen die zweite Hälfte des 21. Jahrhunderts beziffert.

Zum anderen sollten die Befragten Angaben über zukünftig (für die zweite Hälfte des 21. Jahrhunderts) erwartete Veränderungen und Herausforderungen des Unkrautmanagements machen. Hierfür sollten sie zu bestimmten Thesen ihre Einschätzung auf einer Skala mit fünf Stufen markieren (trifft zu – trifft eher zu – indifferent – trifft eher nicht zu – trifft nicht zu).

Berichte zum Pflanzenschutz

Für die vorliegende Studie wurden Berichte zum Pflanzenschutz der Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Bezirksstelle Northeimund des Pflanzenschutzamtes Hannover für die Kulturen Winterweizen, Mais, Winterraps und Zuckerrübe aus den Jahren 2012 bis 2009, 2002 bis 1999, 1992 bis 1989 sowie 1982 bis 1980 herangezogen. Diese dokumentieren Versuche, die an jeweils für bestimmte Fragestellungen des Unkrautmanagements repräsentativ gewählten Standorten durchgeführt wurden. Die Versuche spiegeln, abgesehen von wenigen sehr speziellen Ausnahmen, den jeweils aktuellen Stand des Pflanzenschutzes und der Anbaubedingungen wider. Betrachtet wurden Daten zur Unkrautbekämpfung, unter anderem das Artenspektrum, gegen das eine Behandlung erfolgte, die Anwendungstermine (absolut und ihr zeitlicher Abstand zur Aussaat) sowie die Anzahl der durchgeführten Behandlungen. Da die Zahl der zur Verfügung stehenden Datensätze bisweilen vergleichsweise gering (insbesondere für Raps und Zuckerrübe) und über den gesamten betrachteten Zeitraum von 30 Jahren hinweg stark unbalanciert war (beispielsweise knapp 40 Datensätze für Winterweizen für 2012 bis 2009 im Gegensatz zu <10 für 1992 bis 1989), wurden die in den Berichten hinterlegten Informationen nicht statistisch ausgewertet, sondern gingen als qualitative Daten in die vorliegende Studie ein.

Ergebnisse

Expertenbefragung

Insgesamt wurde der Fragebogen von 26 Expertinnen und Experten aus Pflanzenbau und Pflanzenschutz aus ganz Niedersachsen beantwortet. Davon gaben 16 Personen eine Tätigkeit in landwirtschaftlichen Beratungsringen, der Landwirtschaftskammer oder anderen landwirtschaftlichen Behörden an, und waren 10 Personen beratend für die Industrie tätig. Die Teilnehmenden verteilten sich in Bezug auf das jeweils von ihnen betreute Beratungsgebiet so auf das Landesgebiet, dass jeder Landkreis mit mindestens einem Antwortbogen vertreten war; die Anzahl Fragebögen pro Landkreis reichte von 1 bis 4, im Durchschnitt lagen pro Landkreis 3 beantwortete Fragebögen vor. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Befragung ohne regionale Differenzierung nach Beratungsgebieten oder nach Tätigkeitsbereich der Befragten dargestellt.

Für das Unkrautmanagement derzeit relevante Arten

Aus der Liste der vorgegebenen Arten/Taxa wurden von der Mehrheit der Befragten ($n \geq 19$) Nachtschatten, Gänsefuß, Knöterich-Arten, Hühnerhirse, Stiefmütterchen und Winden-Arten als derzeit behandlungsrelevant angegeben. Deutlich weniger häufig war die Nennung von Borstenhirse, Stechapfel und Amarant ($n \leq 12$); Samtpappel und Schlagkraut wurden von keinem der Experten als in ihrem Gebiet für die Bekämpfung relevante Arten angegeben (Tab. 1).

Tab. 1 Ergebnisse der Befragung von ExpertInnen im Bereich Pflanzenbau und Pflanzenschutz in Niedersachsen über derzeit für das Unkrautmanagement relevante Arten/Taxa. Gesamtzahl der Befragten: n = 26.

Tab. 1 Results of a questionnaire-based study involving experts in agronomy and plant protection for Lower Saxony on species/taxa that are currently relevant for weed management. Total number of respondents, n = 26.

	Anzahl Nennungen
Nachtschatten (<i>Solanum nigrum</i>)	21
Gänsefuß (<i>Chenopodium album</i>)	20
Knöterich-Arten	20
Hühnerhirse (<i>Echinochloa crus-galli</i>)	19
Stiefmütterchen (<i>Viola arvensis</i>)	19
Winden	19
Borstenhirse (<i>Setaria</i> ssp.)	12
Amarant (<i>Amaranthus retroflexus</i>)	5
Stechapfel (<i>Datura stramonium</i>)	2
Samtpappel (<i>Abutilon theophrasti</i>)	0
Schlagkraut (<i>Iva xanthiifolia</i>)	0

Rezente und für die Zukunft erwartete Veränderung der Relevanz einzelner Unkrauttaxa

Für Storchschnabel-Arten, Hirse-Arten (n ≥ 10), Knöterich-Arten, Gänsefuß und Ackerfuchsschwanz (n ≥ 6) wurde von vergleichsweise vielen der befragten Experten eine Zunahme über die vergangenen Jahrzehnte angegeben. Laut einer ähnlichen Anzahl von Antwortbögen wird für diese Arten auch zukünftig eine Zunahme erwartet (Tab. 2). Bei einer Reihe von Arten zeigten sich insgesamt widersprüchliche Angaben zu ihrer bisherigen Entwicklung beziehungsweise hinsichtlich der Prognose der zukünftigen Entwicklung ihrer Relevanz; dies war beispielsweise für Stiefmütterchen, Klettenlabkraut, Flughafer und Windhalm der Fall, für die etwa gleich wenige (n = 1 bis 2) Antwortbögen eine bisherige/zukünftig zu erwartende Zunahme oder Abnahme nannten (Tab. 2). Eine bisher ausschließliche Abnahmetendenz und weitere erwartete Abnahme wurden für Weidelgras, Ackerhohlnuss und Franzosenkraut genannt. Insgesamt wurden zum Großteil der in Tabelle 2 aufgeführten Arten im Rahmen dieses Teils der Umfrage nur von einzelnen Experten (n = 1 bis 3) Angaben gemacht.

In Bezug auf allgemeine, für die Zukunft zu erwartende Veränderungen der Unkrautflora als Folgen des Klimawandels (trockenere Sommerhalbjahre, Frühsommertrockenheit, feuchtere Winter, höhere Jahresmittel-Temperatur, früherer Vegetationsstart im Frühjahr) gaben alle befragten Experten an, dass sie davon ausgehen, dass auch zukünftig neue Arten nach Niedersachsen einwandern werden (Tab. 3). Sie schätzten übereinstimmend ein, dass wärmeliebende Arten zukünftig profitieren würden; für ausdauernde Arten bejahten sie dies dagegen weniger eindeutig. Die Einschätzung, dass Herbstkeimer künftig profitieren würden, wurde zwar von einem Großteil der Experten geteilt, jedoch gab auch knapp ein Fünftel der Befragten an, diese Entwicklung nicht zu erwarten (Tab. 3).

Tab. 2 Ergebnisse einer Befragung von Experten im Bereich Pflanzenbau und -schutz in Niedersachsen über bisher beobachtete (vergangene 20 bis 30 Jahre) und für die Zukunft erwartete (zweite Hälfte des 21. Jhd.) Veränderungen der Relevanz von Arten und Artengruppen der Ackerunkrautflora (freie Nennungen, in der Regel wurden deutsche Gattungs- oder Gruppennamen, z. B. „Kamille“ genannt). Gezeigt wird die Anzahl der Nennungen der betreffenden Art/Gruppe (Gesamtzahl der Befragten: n = 26). Einzelnennungen siehe Auflistung unter der Tabelle.

Tab. 2 Results of a questionnaire-based study involving experts in agronomy and plant protection in Lower Saxony on recent changes of the relevance of individual weed taxa (past 20 to 30 years) and changes expected for the future (second half of the 21st century). For each species or taxon, the number of calls is given (total number of respondents: n = 26). Singleton answers are listed below the table.

	Bisher Zunahme	Zukünftig Zunahme erwartet	Bisher Abnahme	Zukünftig Abnahme erwartet
----- Anzahl der Nennungen -----				
Storchschnabel	14	10	-	-
Hirsen	10	11	-	-
Borstenhirse	5	4	-	-
Fingerhirse	2	2	-	-
Knöterich	8	6	-	1
Ackerfuchsschwanz	6	5	-	-
Gänsefuß	6	3	-	-
Nachtschatten	3	3	-	-
Kamille	3	3	2	1
Stiefmütterchen	3	2	1	2
Bingelkraut	2	4	-	-
Mohn	2	3	-	-
Kornblume	2	2	-	-
Hirtentäschel	2	1	-	-
Stechapfel	2	1	-	-
Ehrenpreis	2	1	1	1
Rispe	1	2	-	-
Amarant	1	2	-	-
Strandsimse	1	1	-	-
Trespe	1	1	-	-
Ackerwinde	1	1	-	-
Ausfallraps	1	1	-	-
Barbarakraut	1	1	-	-
Hundspetersilie	1	1	-	-
Wegrauke	1	1	-	-
Quecke	1	1	-	1
Windhalm	1	1	1	2
Flughäfer	1	1	2	1
Klettenlabkraut	1	1	4	1
Vogelmiere	1	-	1	2
Distel	-	2	-	-
Weidelgras	-	-	1	1
Ackerhohlzahn	-	-	1	1
Franzosenkraut	-	-	1	1

Einzelnennungen bisher Zunahme:

Ambrosie, Ampfer, Bärenklau,
Jakobskraut, Kerbel, Malven, Melde,
Pfaffenhütchen, Rauke, Samtpappel
Berufkraut, Hundskerbel, Stechapfel

Einzelnennungen zukünftig Zunahme erwartet:

Einzelnennungen bisher Abnahme:

Taubnessel

Einzelnennungen zukünftig Abnahme erwartet:

Winden

Vergleichsweise heterogen stellte sich die Einschätzung der befragten Experten zu für die Zukunft erwarteten Veränderungen und Herausforderungen im Hinblick auf das Unkrautmanagement dar (Tab. 3). Eine verminderte Wirksamkeit von Bodenherbiziden wurde von knapp der Hälfte der Befragten erwartet, wobei hier viele Befragte eine indifferente Meinung angaben. Eine zu erwartende Verschlechterung der Wirkung von Blattherbiziden wurde dagegen von der Hälfte der Befragten verneint. Mehr als zwei Drittel der Befragten erwarten zukünftig eine höhere Anzahl von Herbizidbehandlungen und eine Verschiebung der Bekämpfungstermine. Sehr uneinheitlich ist dagegen die Einschätzung in Bezug auf die zukünftig notwendige Erhöhung der Aufwandmengen und der Häufigkeit mechanischer Bekämpfung (Tab. 3).

Tab. 3 Ergebnisse einer Befragung von Experten im Bereich Pflanzenbau und Pflanzenschutz in Niedersachsen über einen für die Zukunft (zweite Hälfte des 21. Jhd.) zu erwartenden Wandel der Unkrautflora und zu erwartende Veränderungen und Herausforderungen des Unkrautmanagements. Angaben in % der Gesamtzahl (n = 26) der erhaltenen Antwortbögen.

Tab. 3 Results of a questionnaire-based study among experts in agronomy and plant protection in Lower Saxony on changes of the weed flora and challenges for weed management that are expected for the future (second half of 21st century). Values are % of the total number of respondents (n = 26).

	Trifft zu	Trifft eher zu	Indifferent	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu	Keine Angabe
	----- % -----					
Weitere neue Arten werden einwandern	62	38				
Wärmeliebende Arten profitieren	65	35				
Herbstkeimer profitieren	19	35	31	12	4	
Ausdauernde Arten profitieren	31	35	35			
Schlechtere Wirksamkeit Bodenherbizide	4	42	27	15	12	
Schlechtere Wirksamkeit Blattherbizide	12	19	15	35	15	4
Mehr Herbizidbehandlungen erforderlich	15	58	15	12		
Höhere Aufwandmengen erforderlich	19	27	23	27	4	
Verschiebung Bekämpfungstermine	19	54	19	8		
Zunahme mechanischer Bekämpfung	4	46	15	31	4	

Berichte zum Pflanzenschutz

Aus den Berichten zum Pflanzenschutz konnten unter Berücksichtigung der bisweilen sehr geringen und zwischen den betrachteten 4-Jahreszeiträumen stark unbalancierten Anzahl der Versuche folgende qualitativen Ergebnisse extrahiert werden:

Artenspektrum: Während bei den Kulturen Mais und Raps über den gesamten betrachteten Zeitraum seit 1980 hinweg die Verteilung der Anzahl der Versuche zu den Fokusarten für die Bekämpfung relativ gleich blieb, ist in jüngster Zeit (hier vertreten durch die Jahre 2009 bis 2012) bei Winterweizen ein verstärkter Fokus auf Ackerfuchsschwanz und bei der Zuckerrübe auf Weißen Gänsefuß festzustellen.

Anwendungstermine: Bei Mais, Raps und Zuckerrübe kann keine Verschiebung der Anwendungstermine im Verhältnis zur Aussaat erkannt werden. Bei Winterweizen ist für die Zeiträume 1980 bis 1982 und 1989 bis 1992 eine erste Behandlung im Frühjahr üblich, wohingegen im Zeitraum 2009 bis 2012 in der Mehrheit der Versuche die erste Nachauflauf-Maßnahme als Herbstbehandlung erfolgte.

Aussaattermine: Durch die sehr hohe Streubreite der Aussaattermine lässt sich für Winterweizen, Raps und Zuckerrübe aus den Berichten kein klarer Trend zu einer Verschiebung erkennen. Lediglich für Mais zeichnet sich eine frühere Aussaat ab.

Diskussion

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, rezente Veränderungen der Unkrautflora und des Unkrautmanagements anhand von zwei Datenquellen qualitativ nachzuzeichnen: mithilfe einer Expertenbefragung per Fragebogen und einer Betrachtung behördlicher Versuchsberichte zum Pflanzenschutz. Aus diesen Daten sollten Informationen gewonnen werden, welche die Entwicklung von in die Zukunft gerichteten Anpassungen der Praxismaßnahmen zur Unkrautbekämpfung unterstützen.

Für die Daten aus den Versuchsberichten ist festzuhalten, dass sich wegen der bisweilen sehr geringen und zwischen den betrachteten 4-Jahreszeiträumen stark unbalancierten Anzahl der dokumentierten Versuche die Auswertungsmöglichkeiten einschränkten. Dennoch zeichneten sich einige deutliche Muster in den Datensätzen qualitativ ab, welche mit Ergebnissen der Befragung übereinstimmen.

Bei der Befragung wurde mit 26 Personen eine Anzahl von Teilnehmern erreicht, die für eine auf Fragebögen basierte Studie recht gering ist. Allerdings wurde durch gezielte Auswahl des Kreises der befragten Personen die Einschätzung von einschlägigen Experten aus dem gesamten Gebiet Niedersachsens abgerufen. Die Ergebnisse der Befragung sind daher per se als eine robuste Informationsquelle zu bewerten. Für die Auswertung der freien Nennung zur rezenten und erwarteten Veränderung der Relevanz einzelner Unkrauttaxa (Tab. 2) ist allerdings zu beachten, dass für viele Arten insgesamt eine sehr geringe Anzahl an Nennungen vorliegt. Daher sollte die Diskussion der Ergebnisse auf die Arten mit mehr als 5 Nennungen fokussiert werden. Die Befragung wies eine deutliche Steigerung der Relevanz von Storchschnabel- und Hirse-Arten aus. Gänsefuß und Knöterich-Arten sind nicht nur häufig als bisher und potentiell zukünftig zunehmende Arten genannt worden, sondern auch in der Liste der derzeit bekämpfungsrelevanten Arten von der überwiegenden Mehrheit der Befragten angekreuzt worden (Tab. 1). Die Nennung einer zunehmenden Relevanz von Gänsefuß und Ackerfuchsschwanz durch die Pflanzenschutz-Experten stimmt dabei überein mit der im jüngsten Betrachtungszeitraum (2012 bis 2009) aus den Pflanzenschutzversuchen ersichtlichen zunehmenden Fokussierung auf diese beiden Arten im Zuckerrüben- bzw. Winterweizenanbau.

Diese Daten geben deutliche Hinweise auf einen Wandel der Unkrautflora in Niedersachsen im Lauf der vergangenen 20 bis 30 Jahre. Dieser ist das Ergebnis eines Zusammenspiels unterschiedlicher Einflussfaktoren (HYVÖNEN *et al.*, 2011), welche sowohl direkte Folgen des global change sind (u.a. Klimawandel; Einwanderung und Etablierung neophytischer Arten) als auch mit einer veränderten Anbaupraxis einhergehen (z. B. Fruchtfolgen, Aussaattermine, Herbizidauswahl, Bodenbearbeitung). Der direkte Einfluss des Klimas auf die Ackerunkrautflora ist dabei nicht von den Effekten einer veränderten Bewirtschaftungspraxis zu trennen; letztere ist mitunter auch selbst durch den Klimawandel beeinflusst, beispielsweise im Hinblick auf die Aussaattermine. So kann für die zunehmende Relevanz von Ackerfuchsschwanz einerseits die Entwicklung herbizidresistenter Populationen eine Erklärung liefern, aber auch die Vorverlagerung der Winterweizenaussaat. Die Zunahme von Hirse-Arten kann als eine Konsequenz von durch den Klimawandel bedingten höheren Temperaturen in Interaktion mit einer Ausweitung des Maisanbaus – sowohl bezüglich der Fläche als auch des Anteils in der Fruchtfolge – erklärt werden.

Im Hinblick auf kommende Veränderungen und Herausforderungen des Unkrautmanagements haben die Aussagen der Experten vor allem folgende Aspekte betont: es wird für die Zukunft eine Verringerung der Wirksamkeit der Bodenherbizide erwartet und für Herbizidanwendungen prinzipiell eine Verschiebung der Behandlungstermine und eine Erhöhung der Aufwandmengen angenommen. Anpassungen der Behandlungstermine wurden in der landwirtschaftlichen Praxis bereits über die vergangenen Jahrzehnte praktiziert, beispielsweise die vermehrte

Herbstbehandlung im Winterweizen und die mit früheren Aussaatterminen einhergehenden veränderten Behandlungstermine im Maisanbau.

Die dokumentierten Veränderungen können eine Grundlage für die Entwicklung von Managementanpassungen an die sich wandelnden Gegebenheiten der Unkrautflora und des Klimas für die Zukunft liefern. Ein genaues Verständnis ihrer Ursachen ist dazu erforderlich. Dieses Wissen ist mit Erkenntnissen aus der Klimafolgenforschung zu ergänzen. So kann beispielsweise durch Forschungsansätze, wie in BREITSAMETER *et al.* (in diesem Band) oder BÜRGER *et al.* (in diesem Band), eine Abschätzung der durch den Klimawandel bedingten Veränderung der Verbreitung und des Schadpotentials von Ackerunkräutern erfolgen. Die in der erstgenannten Studie für eine Reihe von Arten erfolgten Projektionen der Habitategnung in Niedersachsen weisen darauf hin, dass nicht alle als thermophil klassifizierten Arten von den zukünftigen Klimabedingungen werden profitieren können. Dies steht in Widerspruch zu der bisher beobachteten allgemeinen Zunahme wärmeliebender Arten und der von Pflanzenschutzexperten geäußerten Einschätzung, dass wärmeliebende Arten zukünftig profitieren werden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass für die Entwicklung eines Unkrautmanagements, das den sich wandelnden und potentiellen zukünftigen Bedingungen gerecht wird, folgende wesentliche Aspekte Berücksichtigung finden müssen:

- die im Gange befindliche Veränderung des Artenspektrums der Unkrautflora und der Relevanz einzelner Arten,
- die langfristige Veränderung des Klimas, welche insbesondere eine längere Vegetationsperiode, mildere Temperaturen im Winter und trockenere Sommer bedingt, und
- damit einhergehende Anbauveränderungen, wie veränderte Aussaattermine.

Insgesamt wird das zukünftige Unkrautmanagement mehr als bisher den jeweiligen Standortbedingungen angepasst erfolgen müssen. Standardempfehlungen werden stärker auf ihre Anwendbarkeit für die konkreten Standortbedingungen hin geprüft werden müssen, bei der Formulierung neuer Empfehlungen werden mit stärkerem Bezug auf lokale Gegebenheiten Managementoptionen aufzuzeigen sein. Insbesondere die aufmerksame Bonitur der tatsächlich vorherrschenden Verunkrautung und die genaue Beachtung von Boden- und Luftfeuchtegegebenheiten bei der Präparatewahl haben hierfür besondere Relevanz.

Künftige Änderungen des Herbizidwirkstoffportfolios, sich ändernde Zulassungsbedingungen oder andere gesetzliche Regulierungen dürften kaum auf die Klimabedingungen zurückzuführen sein, sind jedoch als wichtige Rahmenbedingungen anzusehen. Eine Klimarelevanz ist dann gegeben, wenn künftige Witterungsbedingungen Einfluss auf Behandlungstermine und die Wirksamkeit von Herbiziden haben können (Tab. 3).

Wie bei der Interpretation vergangener Entwicklungen wird es auch bei der Vorausschau in die Zukunft nicht möglich sein, den Einfluss eines sich ändernden Klimas von den Bewirtschaftungseffekten zu trennen. Neben den bereits angesprochenen Anbaumaßnahmen hat auch die Fruchtfolge eine starke selektierende Wirkung auf Unkrautpopulationen. In vielen Regionen ist eine Segregation von winterungs- und sommerungsdominierten Fruchtfolgen zu beobachten, wie STEINMANN und DOBERS (2013) für Niedersachsen gezeigt haben. Mit dem zunehmenden Maisanbau wurden in vielen Anbauregionen sommerannuelle Unkräuter gefördert. Dies kann den fördernden Effekt von steigenden Temperaturen für wärmeliebende Sommerannuelle wie Hirse-Arten noch verstärken. Aus diesem Grund wird für die Zukunft auch die Fruchtfolgegestaltung als indirekte Maßnahme des Unkrautmanagements an Bedeutung gewinnen.

Danksagung

Die vorliegende Studie wurde unterstützt durch das niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur innerhalb des KLIFF Forschungsverbunds (Klimafolgenforschung und

Anpassung in Niedersachsen). Wir danken den Teilnehmerinnen und Teilnehmern unserer Expertenbefragung für Ihre Unterstützung. Des Weiteren danken wir der Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Bezirksstelle Northeim (Dr. C. Brandfaß) und dem Pflanzenschutzamt Hannover (Dr. D. Wolber) für die Bereitstellung von Berichten zum Pflanzenschutz im Rahmen dieser Studie.

Literatur

- BREITSAMETER L., J. BÜRGER, B. EDLER, K. PETERS, B. GEROWITT und H.-H. STEINMANN, 2014: Klimafolgenforschung zu Ackerunkräutern – Daten, Methoden und Anwendungen auf verschiedenen Skalen. In: Tagungsband 26. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung. *Julius-Kühn-Archiv* **443**.
- BÜRGER, J., B. EDLER, B. GEROWITT und H.-H. STEINMANN, 2014: Prognose künftiger Problemunkräuter im Maisanbau durch Artverbreitungsmodellierung. In: Tagungsband 26. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung. *Julius-Kühn-Archiv* **443**.
- HYVÖNEN, T., M. GLEMNITZ, L. RADICS und J. HOFFMANN, 2011: Impact of climate and land use type on the distribution of Finnish causal arable weeds in Europe. *Weed Research* **51**, 201-208.
- MCDONALD, A., S. RIHA, A. DITOMMASO und A. DEGAETANO, 2009: Climate change and the geography of weed damage: Analysis of U.S. maize systems suggests the potential for significant range transformations. *Agric. Ecosys. Env.* **130**, 131-140.
- MEISSE, M., P. MOURON, T. MUSA, F. BIGLER, X. PONS, V. VASILEIADIS, S. OTTO, D. ANTICHI, J. KISS, Z. PÁLINKÁS, Z. DORNER, R. VANDER WEISE, J. GROTEN, E. CZEMBOR, J. ADAMCZYK, J. B. THIBORD, B. MELANDER, G. CORDSEN NIELSEN, R. POULSEN, O. ZIMMERMANN, A. VERSCHWELE und E. OLDENBURG, 2010: Pests, pesticide use and alternative options in European maize production: current status and future prospects. *J. Appl. Entomol.* **134**, 357-375.
- STEINMANN, H.-H. und E. S. DOBERS, 2013: Spatio-temporal analysis of crop rotations and crop sequence patterns in Northern Germany: potential implications for plant health and crop protection. *J. Plant Diseases and Protection* **120**, 85-94.