

Unkrautzusammensetzung in Mais in Abhängigkeit von pflanzenbaulichem Management – Ergebnisse eines deutschlandweiten Monitorings in den Jahren 2002–2004

Composition of weed populations in maize as a function of plant or crop management: Results of a nation-wide survey in Germany conducted from 2002 to 2004

Friederike de Mol^{1*}, Christoph von Redwitz¹, Martin Schulte² & Bärbel Gerowitt¹

¹Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftl. Fakultät, Phytomedizin, Satower Str. 48, D-18051 Rostock

²Syngenta Agro GmbH, Am Technologiepark 1-5, D-63477 Maintal

*Korrespondierender Autor, friederike.de-mol@uni-rostock.de

DOI: 10.5073/jka.2012.434.085

Zusammenfassung

Aus einem deutschlandweiten Monitoring zum Unkrautbesatz in Maisfeldern wurden Datensätze von 1103 Schlägen analysiert, für die neben den Unkrauterfassungen Angaben von den bewirtschaftenden Landwirten zum pflanzenbaulichen Management und zu Standorteigenschaften vorlagen. Ziel war es, das gemeinsame Vorkommen von Unkräutern zu beschreiben und den Einfluss des pflanzenbaulichen Managements aufzuzeigen.

Unkräuter wurden in Quadraten von 0.1 m² mit zehnfacher Wiederholung im frühen Entwicklungsstadium des Mais (2-6 Blätter) vor der Herbizidanwendung gezählt. Die Schläge lagen in ganz Deutschland, aber schwerpunktmäßig in Regionen mit einer hohen Maisanbaudichte.

Die Unkrautzusammensetzung wurde dargestellt mit einer Korrespondenzanalyse und einer Partiellen Kanonischen Korrespondenzanalyse, in die Effekte der geografischen Lage, des Klimas, des Bodens und der Jahreseinfluss als Kondition eingingen. Als unabhängige pflanzenbauliche Parameter wurden die Bodenbearbeitung („wendend“ oder „nicht-wendend“), die Fruchtfolge (Maisanteil sowie Rapsanteil in der Fruchtfolge, Mais als Vor- und/oder Vorfrucht), die Dichte des Maises und die Gülledüngung („ja“ oder „nein“) betrachtet. Die Nettoeffekte dieser Ackerbaumaßnahmen wurden mit einem Permutationstest untersucht, sie erwiesen sich alle als signifikant ($p < 0.05$).

Der Zusammenhang zwischen Unkrautvorkommen und Herbizideinsatz wurde an einem Teildatensatz (200 Schläge, 17 Maisunkrautarten) analysiert. Dazu wurde die potentielle Bekämpfungintensität auf Maisunkräuter aus den Wirkungsangaben von Beratungsunterlagen abgeleitet. Der Manteltest ergab einen Zusammenhang zwischen den jeweiligen Distanzmatrizen von $r_M = 0.21$ ($p = 0.04$). Zur Visualisierung des Zusammenhangs wurden getrennte Korrespondenzanalysen für Unkrautvorkommen und Herbizideinsatz gerechnet, und die ersten beiden Achsen durch Prokrustes-Analyse ineinander überführt. Ein Prokrustes-Test ergab einen Zusammenhang von 0.42 ($p = 0.11$) zwischen Unkrautzusammensetzung und dem durch die potentielle Bekämpfungintensität charakterisierten Herbizideinsatz.

Zusammenfassend wurde festgestellt, dass Landwirte insbesondere über die Fruchtfolge die Unkrautzusammensetzung beeinflussen können.

Stichwörter: Herbizideffekt, Multivariate Statistik, Ordination, Pflanzenbau, Unkrautvegetation

Summary

Data sets, comprising information on weed densities of 1103 maize fields in Germany as well as their crop management practices and site-specific characteristics, were analysed. The objectives were to describe the joint occurrence of weeds and to assess the influence of crop management on weed species composition.

Per field, weed densities were assessed in ten, 0.1 m² quadrats in young maize (2-6 leaves) before herbicide application. Fields were distributed all over Germany but the emphasis was on regions with high proportions of maize. Weed species composition was described with correspondence analysis and partial canonical correspondence analysis, using geographic location, climate, soil, and year as conditions. Tillage (mouldboard or chisel), crop rotation (proportion of maize and oilseed rape; maize as previous and/or pre-previous crop), maize density and whether or not manure was applied were added as independent crop management parameters. The net effects of these parameters were tested with a permutation test and were proved to be significant ($p < 0.05$).

The relationship between weed density and herbicide use was analysed on a 200 field subset, involving 17 weed species. The potential herbicide use intensity was deduced from the efficacy data of advice papers. There was a significant relationship between the respective distance-matrices ($r_M = 0.21$; $p = 0.04$). To visualize this relationship, separate correspondence analyses were conducted on weed incidence and theoretical herbicide effects, and a Procrustes analysis was performed. A Procrustes test indicated a correlation of 0.42 ($p = 0.11$) between weed assembly and herbicide use, which was characterized by the theoretical herbicide-weed-efficacy. Consequently, in particular with crop rotations farmers seems to have a powerful tool to influence weed species composition.

Keywords: Crop management, herbicide effects, multivariate statistics, ordination, weed vegetation

1. Einleitung

Mais gewinnt als Ackerbaukultur in Deutschland zunehmend an Bedeutung, nicht nur in klassischem Einsatz als Ackerfutter für Wiederkäuer, sondern auch in Ackerbauregionen als Biogassubstrat. Dazu trägt bei, dass Mais eine Vereinfachung von Fruchtfolgen erlaubt und dass Züchtungsfortschritte, eventuell in Verbindung mit Klimaänderungen, zu höheren Maiserträgen auch in gemäßigt-kühlen Regionen führten.

Aus phytomedizinischer Sicht sind Unkräuter im Mais in Deutschland stärker ertrags- und gewinnrelevant als Pilz- oder Insektenbefall. Die Pflanzenschutzmaßnahmen im Mais beschränken sich daher nahezu auf Herbizide.

Pflanzenschutzmittelindustrie, Berater und Landwirte haben ein Interesse, Unkrautvorkommen und die Entwicklung der Unkrautzusammensetzung über die Jahre zu verfolgen, um problematische Entwicklungen im Unkraut- und Herbizidbereich wie z. B. Resistenzen oder Wirkungslücken, frühzeitig zu erkennen. Pflanzenbauliche Maßnahmen können als mögliche Alternativen erkannt und bewertet werden.

Dieser Artikel zeigt, wie die Verunkrautung auf deutschen Maisäckern zusammengesetzt ist. Die Daten dafür stammen aus einem deutschlandweiten Monitoring auf Maisäckern. Die Unkraut-zählungen wurden von MEHRTENS (2005) und MEHRTENS et al. (2005) mit univariaten Methoden ausgewertet. Im Mittelpunkt dieser Sekundärauswertung steht die Wirkung des pflanzenbaulichen Managements auf die Artengemeinschaft, weshalb hier multivariate Methoden genutzt werden. Mit den umweltgestaltenden ackerbaulichen Parametern werden Größen betrachtet, die der Landwirt selber beeinflussen kann. Außerdem wird untersucht, wie der Herbizideinfluss auf die Artengemeinschaft beschrieben werden kann.

2. Material und Methoden

2.1 Deutschlandweites Monitoring von Unkrautvorkommen in Maisäckern

In den Jahren 2000 bis 2009 wurde ein deutschlandweites Monitoring zum Unkrautbesatz in Maisfeldern durchgeführt. Dabei wurden schwerpunktmäßig Schläge in Regionen mit einer hohen Maisanbaudichte in das Monitoring aufgenommen. In dieser Arbeit wurden Datensätze aus den Jahren 2002 bis 2004 von 1103 Schlägen analysiert, für die neben den Unkrauterfassungen Angaben von den bewirtschaftenden Landwirten zum pflanzenbaulichen Management und zu Standorteigenschaften vorlagen. Für 200 Schläge lagen darüber hinaus Angaben vor, welche Herbizide im Mais in den letzten Jahren bevorzugt eingesetzt wurden.

Die Unkräuter wurden in Quadraten von 0,1 m² mit zehnfacher Wiederholung in frühen Entwicklungsstadien des Maises (2-6 Blätter) vor der Herbizidanwendung gezählt. Die Bestimmung der Unkräuter erfolgte, wenn möglich, auf Artenebene, sonst auf Gattungsebene.

2.2 Statistische Auswertung

Die Auswertung erfolgte mit R, Version 2.13.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2009) und dem Paket vegan (OKSANEN et al., 2010).

Unkrautarten und -gattungen wurden mit dem EPPO-Code abgekürzt (EUROPEAN PLANT PROTECTION

ORGANIZATION, 2011).

Die Daten zur Unkrautdichte wurden vor Auswertungen mit Ordinationsverfahren nach dem Verfahren von ANDERSON et al. (2006) mit dem natürlichen Logarithmus transformiert, um den Einfluss sehr hoher Dichtewerte abzuwichten:

$$x_{\text{transformiert}} = \ln(x) + 1 \quad \text{für } x > 0, \quad x_{\text{transformiert}} = 0 \quad \text{für } x = 0.$$

Die Unkrautzusammensetzung wurde auf Grundlage der 1103 Datensätze mit einer Korrespondenzanalyse ausgewertet und grafisch dargestellt. Eine partielle kanonische Korrespondenzanalyse (pCCA) wurde genutzt, um den Einfluss des pflanzenbaulichen Managements (Fruchtfolge, Grundbodenbearbeitung, Saatchichte und Gülleeinsatz) darzustellen. Dabei wurden Effekte der geografischen Lage (Gauss-Krüger-Koordinaten), des Klimas (Temperatur und Niederschlag in der Vegetationsperiode), des Bodens (Sandanteil, Humusanteil und Bodenwertzahl) und der Jahreseinfluss als bedingende Variablen herausgerechnet. Um die Stärke der beeinflussenden Faktoren, die Nettoeffekte, der einzelnen Anbaumaßnahmen zu bestimmen, wurden pCCA unter der Bedingung des übrigen Managements und der Umweltbedingungen gerechnet. Die Nettoeffekte wurden mit einem Permutationsverfahren auf Signifikanz ($p < 0.05$) getestet.

Für die Darstellung des Zusammenhangs zwischen Herbizideinsatz und Unkrautvorkommen wurde ein eingeschränkter Datensatz von 200 Standorten untersucht, denn nur ein Teil der Landwirte hatte ausreichend detaillierte Angaben zum Herbizideinsatz aufgeführt. Auch wurden Datensätze gestrichen (insbesondere bei Packs mit Handelsbezeichnungen mit Namens-Suffices) die nicht mehr erlaubten, nachzuvollziehen, welches Herbizid genau genutzt wurde. Die Artenauswahl wurde auf die 17 wichtigsten Maisunkräuter begrenzt. Diese wurden pragmatisch nach ihrer Aufzählung in den Herbizidwirkungstabellen der Zeitschrift „Mais“ in den Jahren 2002 bis 2004 ausgewählt (MEINERT, 2002; GEHRING und HOPPE, 2003; MEINERT, 2004). Kreuzkraut und Melde wurden nicht aufgenommen, da nur für wenige Herbizide Wirkungsangaben vorlagen. Zusätzlich wurden *Geranium*-Arten gewählt, die in aktuellen Wirkungstabellen zu Maisherbiziden regelmäßig erwähnt werden. Die Herbizidwirkungen wurden BERGMANN (2009) entnommen. Waren für Herbizide oder Packs dort keine Angaben vorhanden, wurden folgende Quellen in angegebener Reihenfolge genutzt: KLINGENHAGEN (2009), MEINERT (2004), GEHRING und HOPPE (2003), MEINERT (2002), IMGABEN (1998), KLINGENHAGEN (2002), BÖTTGER und KETTEL (2001), KLINGENHAGEN (2000), KOHNEN (2004), KOHNEN (2002). Für die potentielle herbizide Wirkung auf einzelne Arten wurden Wirkungskreuzchen folgendermaßen in Prozentwerte übersetzt:

xxx	→ 99 % Wirkung	x(x)	→ 80 % Wirkung
xx(x)	→ 95 % Wirkung	x	→ 60 % Wirkung
xx	→ 90 % Wirkung	(x)	→ 30 % Wirkung

Waren mehrere Herbizide als „häufig eingesetzt“ angegeben, wurde für jede Unkrautart die höchste angegebene Wirkung gewählt.

Es wurden auf diese Weise zwei Datenmatrizen erstellt, eine mit Unkrautabundanzen an den Standorten, die zweite mit potentiellen Effekten der Herbizide auf die Unkrautarten an denselben Standorten. Der Zusammenhang zwischen den Daten wurde auf zwei Weisen getestet: mit dem Mantel-Test und dem Procrustes-Test nach einer Procrustes-Rotation, wie sie im Paket vegan implementiert sind. Für den Mantel-Test wurden in Bezug auf die Unkrautabundanzen die Bray-Curtis-Distanz, für die Herbizideffekte die Euklidische Distanz gewählt. Die Procrustes-Rotation wurde auf die Ergebnisse von Korrespondenzanalysen angewendet, die für die Unkraut- bzw. die Herbizideffektmatrix getrennt gerechnet worden waren.

3. Ergebnisse

3.1 Vorkommen wichtiger Maisunkräuter und Einfluss pflanzenbaulicher Maßnahmen

Unkrautarten treten in Gemeinschaft mit anderen Arten auf. Abb. 1 zeigt, welche Maisunkräuter gehäuft zusammen auftreten: sie liegen in der Grafik relativ nahe beieinander. So kamen

beispielsweise Stiefmütterchen, Kamille-Arten und Geranium-Arten vielfach gemeinsam in höheren Dichten auf Maisäckern vor. Eng mit dieser Gruppe assoziiert sind auch Vogel-Sternmiere und Rispenarten sowie der Vogel-Knöterich. Eine zweite Gruppe bilden Hühnerhirse und Franzosenkraut: hohe Dichten der einen Art weisen meist auch auf hohe Dichten der anderen Art hin.

Mit hoher Stetigkeit sind auf deutschen Maisäckern Weißer Gänsefuß und Quecke zu finden. Ihre Lage in der Mitte der Ordination weist darauf hin, dass keine besondere Assoziation zu anderen Arten besteht. Im Gegensatz dazu stehen Arten, die am Rande des Graphen liegen, wie z.B. Ausfallraps und Amarant, welche die waagerechte Achse aufspannen, und Ackerfuchsschwanz sowie Borsten- und Fingerhirse-Arten, die in den Randbereichen der senkrechten Achse liegen. Das Einjährige Bingelkraut ist nur auf wenigen Äckern, dann aber in hoher Dichte zu finden, und scheint nicht mit anderen Unkräutern assoziiert zu sein.

Arten, die in Abb. 2 nahe zusammen liegen, wurden durch dieselben pflanzenbaulichen Maßnahmen beeinflusst. Dabei wurden der Einfluss von Parametern der geografischen Lage, des Klimas und des Bodens sowie der Jahreseinfluss vorab herausgerechnet. Die Arten kamen nicht zwangsläufig auf denselben Äckern vor.

Wiederum liegen Stiefmütterchen und Kamille-Arten nahe beieinander, waren also nicht nur auf denselben Äckern zu finden, sondern wurden auch durch dasselbe Management gefördert, während Geranium-Arten zwar auf denselben Feldern wuchsen, aber offenbar ein anderes Management bevorzugten; insbesondere traten sie im Mais nicht vermehrt auf, wenn der Raps-Anteil in der Fruchtfolge hoch war.

Das Auftreten von Finger- und Borstenhirsen in Mais wurde durch einen hohen Anteil von Raps in der Rotation gehemmt. Für die Borstenhirsen war zudem Mais als Vorfrucht ein wesentlicher fördernder Faktor, so dass sie nicht unbedingt gehäuft auf denselben Äckern wuchsen (siehe Abb. 1 rechts). Hühnerhirse, Schwarzen Nachtschatten, Amarant- und Franzosenkraut-Arten werden durch denselben Pflanzenbau, insbesondere einen steigenden Maisanteil, gefördert.

Der Einfluss der Fruchtfolge ist von allen untersuchten pflanzenbaulichen Maßnahmen am deutlichsten. Insbesondere die Hirsen und der Schwarze Nachtschatten werden durch maisbetonte Fruchtfolgen gefördert. Dabei ist für Borsten- und Fingerhirsen nicht nur der Maisanteil in der

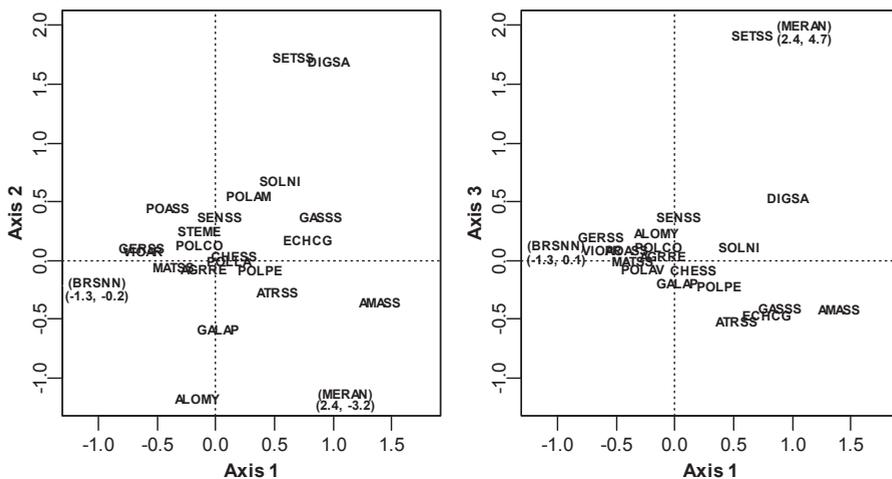


Abb. 1 Auftreten von Maisunkräutern: Ordinationsdiagramm der Korrespondenzanalyse, links 1. und 2. Achse, rechts: 1. und 3. Achse, nur Maisunkräuter sind ausgedruckt, n = 1103.

Fig. 1 Incidence of maize weeds: ordination diagram of the correspondence analysis, left: 1. and 2. axis, right: 1. and 3. axis, only maize weeds are plotted, n = 1103.

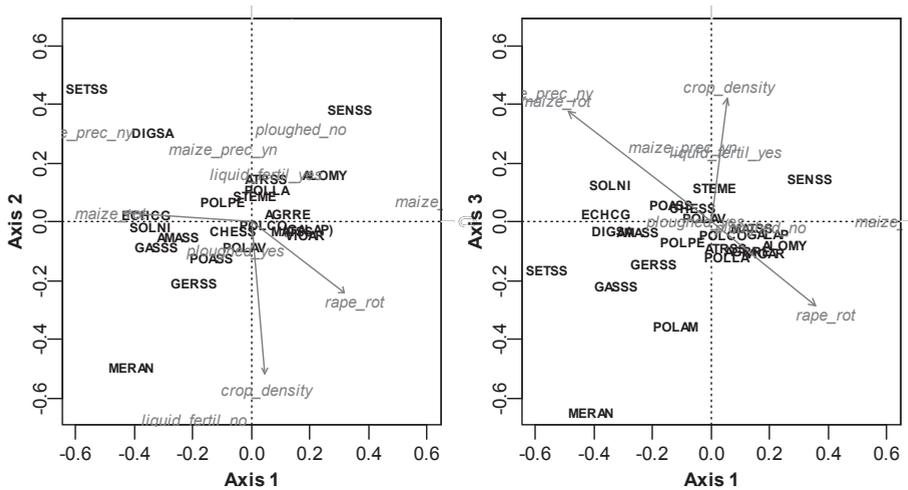


Abb. 2 Einfluss pflanzenbaulicher Maßnahmen auf die Unkrautflora: Ordinationsdiagramm der partiellen Kanonischen Korrespondenzanalyse, links 1. und 2. Achse, rechts: 1. und 3. Achse, nur einige Maisunkräuter sind ausgedruckt, n = 1103, Managementparameter: Anteil von Mais bzw. Raps in der Fruchtfolge (maize_rot, rape_rot), Pflugeinsatz (plough_yes, plough_no), Maisbestandesdichte (crop_density), Gülleinsatz (liquid_fertil_yes, liquid_fertil_no), Mais in den letzten zwei Jahren: beide Jahre (maize_prec_yy), nur Vorjahr (maize_prec_ny), nur Vorvorjahr (maize_prec_yn), kein Mais (maize_prec_nn).

Fig. 2 Influence of crop management on weed assembly: ordination diagram of the partial canonical correspondence analysis, left: 1. and 2. axis, right: 1. and 3. axis, only some maize weeds are plotted, n = 1103, Managementparameter: percentage maize and OSR in the rotation (maize_rot, rape_rot), tillage (plough_yes, plough_no), mais crop density (crop_density), use of manure (liquid_fertil_yes, liquid_fertil_no), mais in the previous two years (maize_prec_yy), mais in the previous year (maize_prec_ny), mais only in the pre-previous year (maize_prec_yn), no mais in the previous two years (maize_prec_nn).

Fruchtfolge, sondern auch die Vorfrucht Mais von Bedeutung. Demgegenüber werden Stiefmütterchen, Kamille und Klettenlabkraut durch einen steigenden Anteil von Winterraps in der Fruchtfolge gefördert. Noch stärker ist der Ausfallraps als Unkraut mit dem Rapsanteil verbunden.

In Korrespondenzanalysen ist die Inertia, der mittlere quadrierte Kontingenzkoeffizient, ein Maß für die Variation, die im Datensatz auftritt. Der 7,4 % der Inertia entfiel auf die Umweltvariablen und 2,2 % der Inertia wurde durch das pflanzenbauliche Management erklärt.

Als Maß für die Einflussstärke der einzelnen Pflanzenbaumaßnahmen auf die Unkrautgemeinschaft wurden Nettoeffekte errechnet. Alle Managementmaßnahmen hatten einen signifikanten Einfluss (Permutationstests; $p < 0,05$); allerdings lagen alle Nettoeffekte unter 0,8 %.

3.2 Maisherbizide und Maisunkräuter

Für die Korrespondenzanalyse der Artenabundanzen wurde eine Inertia von 2,295 errechnet, für die theoretische Artenbekämpfungsintensität von 0,157 bei derselben Größe der Eingangsmatrizen. Die Variation ist im Datensatz der Artenabundanzen also wesentlich größer.

Es wurde versucht, die Ordination der Zusammensetzung der Unkrautgemeinschaft einerseits und der theoretischen Bekämpfungsintensität andererseits, durch Rotation und Skalierung zu maximal möglicher Deckung zu bekommen. Abb. 3 zeigt mit Hilfe der Pfeile, wie die Anordnung der Häufigkeiten der Maisunkräuter auf die Anordnung der Bekämpfungsintensität abgebildet wird. Die Grafik zeigt, dass die Übereinstimmung der Anordnungen nicht groß ist. Für die Ebene der ersten und zweiten Achse wurde mit dem Prokrustes-Test eine Korrelation von 0,42 ($p = 0,11$) errechnet. Der Mantel-Test ergab eine Mantel-Korrelation r_M von 0,21 ($p = 0,04$).

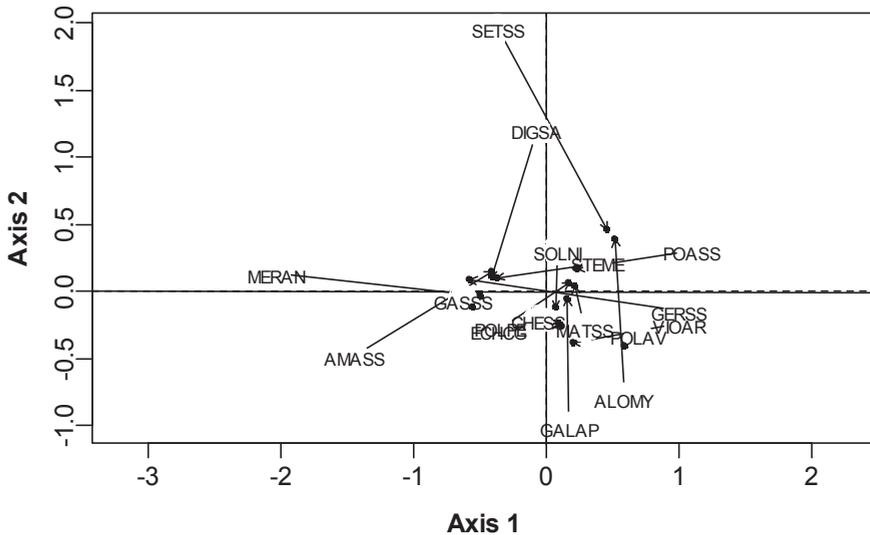


Abb. 3 Korrespondenzanalysen zum Auftreten von Maisunkräutern und zur theoretischen herbiziden Wirkung auf Maisunkräuter. Pfeile zeigen, wie die Procrustes-Rotation die Artenabundanzen auf die theoretischen Bekämpfungserfolge derselben Arten abbildet; 17 Maisunkräuter, n = 200.

Fig. 3 Correspondence analyses of weed incidences and theoretical herbicide effects on weeds. Arrows show, how procrustes-rotation maps weed densities onto the theoretical effect outcome of herbicides of the same species; 17 maize weeds, n = 200.

4. Diskussion

4.1 Vorkommen wichtiger Maisunkräuter und Einfluss pflanzenbaulicher Maßnahmen

Die als typische Maisunkräuter ausgewählten Arten gehören, wenn sie nicht unspezifisch auf die Umwelt reagieren, nach HOFMEISTER und GARVE (1986) zu lediglich drei ökologischen Gruppen. Diese sind alle Zeiger für eine gute Stickstoffversorgung. Die auf nahezu allen auf stickstoffreichen Böden zur Vogelmieren-Gruppe verbundenen Arten (STEME, CHEAL, POLPE, SENVU) sind in der Ordination (Abb.1) mittig angeordnet und bestätigen somit die Gruppenbildung für indifferente Arten. Zur Hühnerhirsen-Gruppe, die auf warmen Sand- und Lehmböden mit saurer bis neutraler Bodenreaktion vorkommt, gehören neben ECHCG das GASP und SETSS. Die Gruppierung der ersten beiden Arten wird durch die Ordination bestätigt, während für die Borstenhirsen offenbar andere Standortparameter zusätzlich bedeutsam sind. MERAN, AMARE und SOLNI gehören zur dritten Gruppe, die wiederum auf warmen Böden, aber mit höheren pH-Werten gedeiht. Diese enge Gruppierung lässt sich im Ordinationsgraphen nicht wiederfinden; jedoch liegen letztgenannte Arten nahe den Arten der Hühnerhirsen-Gruppe, so dass die Gruppierung auf leicht erwärmbaren Böden gut erkennbar ist. Die erste Achse der CA repräsentiert diese Wärmebedürftigkeit, während auf der zweiten Achse die Anordnung der Arten nach Bodenansprüchen wie pH-Wert oder Bodenart (ALOMY und GALAP eher auf neutralen, schwereren Böden) geschieht.

Abbildung 2 zeigt anhand der kleineren Achsenskalen, dass durch die partielle Betrachtung ein wesentlicher Anteil der Variation im Datensatz herausgerechnet wird. Die erklärenden Managementvariablen, die mit der ersten Achse korrespondieren, sind Parameter der Fruchtfolge: Anteil an Mais bzw. Raps in der Rotation, sowie als zusätzliche Variable mit eigener Erklärungskraft Mais als Vor- und Vorvorfrucht.

Der pH-Wert des Bodens wird im Allgemeinen als wesentlicher die Pflanzengemeinschaft bestimmender Faktor angesehen. Im Datensatz der bedingenden Umweltvariablen fehlte er, weshalb man bei der Anordnung der Unkrautarten durch die pCCA einen pH-Effekt-Gradienten hätte erwarten

können. Offenbar ist der pH-Wert zu anderen Bodeneigenschaften wie Sand- oder Humusgehalt kollinear, so dass ein eigener Effekt nicht erkennbar ist.

Insgesamt hatten pflanzenbauliche Maßnahmen einen signifikanten, wenn auch geringen, Einfluss auf die Unkrautzusammensetzung. Der erklärte Anteil der Variation liegt in mit knapp 10 % in gleicher Größenordnung wie in der von HANZLIK und GEROWITT (2011) durchgeführten Raps-Monitoringstudie (14 %).

4.2 Maisherbizide und Maisunkräuter

Der Einsatz von Herbiziden unterscheidet sich von den bisher besprochenen ackerbaulichen Maßnahmen dadurch, dass unabhängige und abhängige Variable weniger eindeutig zuzuordnen sind. Wahrscheinlich wird die Herbizidauswahl aufgrund der Artenabundanzen auf dem Schlag getroffen. Es gilt aber wahrscheinlich auch, dass der Einsatz von Herbiziden mit ihren jeweiligen Wirkungsspektren seinerseits die Artenabundanzen beeinflusst. Deshalb wurde hier ein Auswertungsverfahren gewählt, das eine beiderseitige Lesart zulässt. Die Korrelationen weichen deutlich von 0 ab, offenbar ist also ein Zusammenhang erkennbar. Das Ergebnis sollte allerdings vorsichtig interpretiert werden, denn Abbildung 3 zeigt visuell, wie vage die Zusammenhänge sind. Mögliche Gründe werden im Folgenden genannt:

1. Datenerhebung und -auswertung sind nicht optimal: Schläge mit reiner Maisselbfolge lassen höhere Korrelation erwarten. Hier werden nur die pragmatisch gewählten Maisunkräuter betrachtet, aber auch andere Arten könnten die Herbizidauswahl bestimmen und sind sicherlich für die Ordination der Unkrautabundanz bedeutsam. Eventuell ist die Übersetzung der Kreuze aus den Wirkungstabellen in Prozentwerte mit Mängeln behaftet. Die Monitoringfrage „Welche Maisherbizide wurden in den letzten Jahren häufig eingesetzt?“ führt zu vagen Antworten, was den betrachteten Zeitrahmen und die Zahl der angegebenen Herbizide betrifft.
2. Die vagen Zusammenhänge spiegeln die Realität wider: Die Herbizidauswahl bestimmt das Auftreten neben weiteren Umwelt- und Pflanzenbauparametern nur zu einem geringen Teil. Unkräuter werden zunehmend mit Herbizid-Packs bekämpft, deren Ziel es ist, möglichst breit zu wirken. Oder aber eine spezifischere Anwendung von Herbiziden ist generell nicht möglich, da spezifisch wirkende Herbizide nicht auf dem Markt sind.

Literatur

- ANDERSON, M.J., K.E. ELLINGSEN UND B.H. MCARDLE, 2006: MULTIVARIATE DISPERSION AS A MEASURE OF BETA DIVERSITY. *ECOLOGY LETTERS* **9**, 683–693.
- ANDREASEN, C. UND I.B. SKOVGAARD, 2009: CROP AND SOIL FACTORS OF IMPORTANCE FOR THE DISTRIBUTION OF PLANT SPECIES ON ARABLE FIELDS IN DENMARK. *AGRICULTURE, ECOSYSTEMS AND ENVIRONMENT* **133**, 61–67.
- BERGMANN, E., 2009: UNKRAUTBEKÄMPFUNG MIT AKTUELLER HERBIZIDPALETTE. *MAIS* 2/2009, 62–67.
- BÖTTGER, W. UND M. KETTEL, 2001: JUNGER MAIS VERTRÄGT KEINE UNKRAUTKONKURRENZ. *TOP AGRAR* 4/2001, 70–77.
- EUROPEAN PLANT PROTECTION ORGANISATION, 2011: EPPO PLANT PROTECTION THESAURUS (EPPT), [HTTP://EPPT.EPPO.ORG/](http://eppt.eppo.org/), ZUGRIFF AM 18.11.2011.
- GEHRING, K. UND J.-H. HOPPE, 2003: UNKRAUTBEKÄMPFUNG IST EINE REINE STANDORTFRAGE. *MAIS* 2/2003, 58–64.
- HANZLIK, K. UND B. GEROWITT, 2011: THE IMPORTANCE OF CLIMATE, SITE AND MANAGEMENT ON WEED VEGETATION IN OILSEED RAPE IN GERMANY. *AGRICULTURE, ECOSYSTEMS AND ENVIRONMENT* **141**, 323–331.
- HOFMEISTER, H. UND E. GARVE, 1986: *LEBENSRAUM ACKER*. ERSTE AUFLAGE. PAREY, HAMBURG, BERLIN.
- IMGRABEN, H., 1998: UNKRAUTBEKÄMPFUNG PROBLEMLOS. *MAIS* 2/1998, 64–72.
- KLINGENHAGEN, G., 2002: NEUE STRATEGIEN MIT NEUEN PRÄPARATEN. *TOP AGRAR* 4/2002, 62–69.
- KLINGENHAGEN, G., 2009: DEN UNKRÄUTERN IM MAIS PAROLI BIETEN! *TOP AGRAR* 4/2009, 72–79.
- KLINGENHAGEN, G. UND D. GEBEL, 2000: UNKRÄUTER IM MAIS FLEXIBEL BEKÄMPFEN. *TOP AGRAR* 4/2000, 90–97.
- KOHNNEN, 2002: MAISHERBIZIDE 2002, [HTTP://WWW.KOHNEN-ONLINE.DE/PDF/LEITFADEN/MAISHERBIZIDE.PDF](http://www.kohnnen-online.de/pdf/leitfaden/maisherbizide.pdf), ZUGRIFF AM 20.6.2011
- KOHNNEN, 2004: MAISHERBIZIDE 2004, [HTTP://WWW.KOHNEN-ONLINE.DE/DOKUMENTE/MAISHERBIZIDE.PDF](http://www.kohnnen-online.de/dokumente/maisherbizide.pdf), ZUGRIFF AM 20.6.2011
- MEHRTENS, J., 2005: RÄUMLICHE UND ZEITLICHE VERTEILUNG VON UNKRÄUTERN IN MAIS. DISSERTATION UNIVERSITÄT HOHENHEIM. VERLAG GRAUER, BEUREN, STUTTGART.
- MEHRTENS, J., - M. SCHULTE UND - K. HURLE, 2005: UNKRAUTFLORA IN MAIS. *GESUNDE PFLANZEN* **57**, 206–218.

MEINERT, G., 2002: MAISHERBIZIDE IM ÜBERBLICK. MAIS 2/2002, 56-58.

MEINERT, G., 2004: VOR DER PFLANZENSCHUTZSAISON. MAIS 2/2004, 50-55.

OKSANEN, J., F. G. BLANCHET, R. KINDT, P. LEGENDRE, R. G. O'HARA, G. L. SIMPSON, P. SOLYMOS, M. H. H. STEVENS UND H. WAGNER (2010): VEGAN: COMMUNITY ECOLOGY PACKAGE. R PACKAGE VERSION 1.17-11, [HTTP://CRAN.R-PROJECT.ORG/PACKAGE=VEGAN](http://CRAN.R-PROJECT.ORG/PACKAGE=VEGAN).

R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2009: R: A LANGUAGE AND ENVIRONMENT FOR STATISTICAL COMPUTING. R FOUNDATION FOR STATISTICAL COMPUTING, VIENNA, AUSTRIA. ISBN 3-900051-07-0, URL [HTTP://WWW.R-PROJECT.ORG](http://www.R-project.org).