
Sektion III: Wirkungen landwirtschaftlicher Maßnahmen auf Agrarvögel

Veränderungen in der Segetalflora in den letzten Jahrzehnten und mögliche Konsequenzen für Agrarvögel

Changes in the arable flora in recent decades and their possible impacts on farmland birds

Stefan Meyer^{1*}, Karsten Wesche², Benjamin Krause¹, Christoph Leuschner¹

¹Georg-August-Universität Göttingen, Albrecht-von-Haller Institut für Pflanzenwissenschaften, Abt. Ökologie und Ökosystemforschung, Untere Karspüle 2, 37073 Göttingen

²Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz, Am Museum 1, 02826 Görlitz

*Korrespondierender Autor, stefan.meyer@biologie.uni-goettingen.de, +49(0)551395723

DOI 10.5073/jka.2013.442.005

Zusammenfassung

Untersucht werden die Auswirkungen der ackerbaulichen Intensivierung auf die Segetalvegetation in Nord- und Mitteldeutschland, und mögliche Konsequenzen für die Vögel der Agrarlandschaft. In den letzten fünf Jahrzehnten verringerte sich der regionale Artenpool der Segetalflora um fast ein Viertel, die meisten Arten verloren dramatisch an Frequenz und ihre Populationen gingen stark zurück. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die Intensität der Veränderungen in der Vegetationszusammensetzung je nach Bodeneigenschaften variierte. Der mittlere Deckungsgrad der Segetalarten hat sich drastisch auf ein Zehntel des früheren Wertes reduziert, wohingegen der Deckungsgrad der Kulturpflanzen anstieg und die Kulturpflanzenvielfalt abnahm. Die beobachtete Vereinheitlichung der Gesellschaftsstrukturen in der Segetalflora, bei der sowohl Spezialisten und diagnostisch wichtige Arten als auch die Artendiversität und die Abundanz der Generalisten abnahmen, spiegelt die Homogenisierung von Anbausystemen sowie die großflächige Optimierung des Nährstoffangebotes in den letzten Jahrzehnten wider. Auch Segetalarten, die als Nahrungspflanzen für samenfressende Feldvögel von großer Bedeutung sind, zeigten starke Bestandsrückgänge. Demzufolge ist keine andere Vogelartengruppe in den letzten Jahrzehnten in Deutschland von so starken und anhaltenden Bestandsrückgängen betroffen wie die Vögel der Agrarlandschaft. Um das nationale Ziel einer deutlichen Erhöhung der Biodiversität in den Agrarökosystemen bis zum Jahre 2020 zu erreichen, sind neue, effektive und innovative Schutzmaßnahmen dringend erforderlich.

Stichwörter: Ackerintensivierung, Ackerwildkräuter, Diversitätsverluste, Feldvögel, Samenfresser, Substrattypen

Abstract

The article provides insights into the effect of agricultural intensification processes on shifts in arable vegetation composition, and discusses potential consequences for associated bird communities. The analysis bases on observational studies carried out in Central Germany. Our analysis revealed a 25 % reduction in the number of plant species in the regional species pool over the last 50 years, dramatic frequency losses of many species and decreasing population sizes of rare and diagnostic species. The results also indicate that the magnitude of vegetation changes depended on the geological substrate. Furthermore, the average cover of arable plants has decreased to a tenth of its original value, while crop cover generally increased and crop diversity decreased. The observed homogenization in community structure with both specialists and diagnostic species disappearing and also generalists decreasing reflects the growing uniformity in crop management, and the increase in soil fertility levels in recent years. Arable plant species that are of considerable importance as food plants for seed-eating farmland birds have shown strong population declines. Partly as a result of this, no other bird species group in Germany has been affected by such a strong and ongoing population decline as farmland birds in recent decades. Meeting the declared target of achieving a significant increase in biodiversity in agricultural ecosystems by 2020 will require the rapid development of new, effective and innovative conservation schemes and programs.

Keywords: agricultural intensification, arable weeds, diversity losses, farmland birds, seed-eating birds, substrate types

Einleitung

Solange es in Mitteleuropa Äcker gibt, hat sich die Begleitvegetation der angebauten Kulturpflanzen wiederholt verändert, wobei immer wieder neue Arten hinzugekommen, teilweise aber auch wieder verschwunden sind (BURRICHTER *et al.*, 1993; ELLENBERG und LEUSCHNER, 2010). Bereits um 1950 waren im Stuttgarter Raum durch Veränderungen bei den Feldfrüchten und die Einführung der maschinellen Saatgutreinigung verschiedene Segetalpflanzen weitgehend verschwunden, die noch um 1860 sehr verbreitet waren (KOCH, 1980). Im Zuge der raschen Technisierung der Bodenbearbeitung und mit dem Beginn der chemischen Unkrautbekämpfung seit etwa 1950 schritt die Artenverarmung zunehmend rascher voran (BAUERKÄMPER, 2004). Diese Entwicklung war verbunden mit einem drastischen Rückgang der Populationsgrößen der Segetalarten (STORKEY *et al.*, 2012; MEYER *et al.*, 2013). Dies ist auch deswegen besorgniserregend, weil eine Reihe von Studien zeigt, dass artenreiche Pflanzengesellschaften eine entscheidende Rolle bei der Erhaltung der Funktionsfähigkeit der Agrar-Ökosysteme spielen, z.B. durch Förderung höherer trophischer Ebenen und durch die Bereitstellung von bestimmten Ökosystemdienstleistungen (DUELLI und OBRIST, 1998; TSCHARNTKE *et al.*, 2005; BIESMEIJER *et al.*, 2006).

Schon 1962 wies TÜXEN auf den Kennartenverlust der Ackerwildkraut-Gesellschaften hin. In den folgenden Jahrzehnten wurde aus zahlreichen Regionen Mitteleuropas über oft drastische Rückgänge der Segetalflora berichtet, so z.B. aus der Stolzenauer Wesermarsch (MEISEL, 1966), Süddeutschland (BACHTHALER, 1968), Nordwestdeutschland (MEISEL und HÜBSCHMANN, 1976), Süd-Niedersachsen (WAGENITZ und MEYER, 1981), dem Münsterland (REUSS, 1981), Nordhessen (HOTZE und VAN ELSSEN, 2006), dem Erzgebirge (KÖCK, 1984), dem Kyffhäusergebirge (KOHLEBRECHER *et al.*, 2012), dem Niederrheingebiet (KUTZELNIGG, 1984), Sachsen-Anhalt (HILBIG, 1985), mehreren Regionen Ostdeutschlands (PÖTSCH und BUSCH, 1985), Bremen (KULP und CORDES, 1986), Bayern (OTTE, 1984; BRAUN, 1988; ALBRECHT, 1989), Österreich (RIES, 1992), NW Polen (BOROWIEC, 1988) und der Niederlausitz (KLÄGE, 1999).

Bis zur Mitte des vergangenen Jahrhunderts war die Landwirtschaft in Mitteleuropa durch einerseits extensiven Mitteleinsatz (Dünger, Pflanzenschutzmittel, Landmaschinen), andererseits aber durch intensive Wirtschaftsweisen im Personalbereich charakterisiert. Dies änderte sich mit Beginn der Industrialisierung der Landwirtschaft in den 1950er Jahren und Anfang der 1960er Jahre (BAUERKÄMPER, 2004), bei der sich z. B. der durchschnittliche Stickstoffüberschuss (N) in Deutschland von 25 kg N ha⁻¹ Jahr⁻¹ in den 1950er Jahren auf rund 110 kg ha⁻¹ Jahr⁻¹ im Jahr 2005 erhöhte (ELLENBERG und LEUSCHNER, 2010).

Tatsächlich haben in keinem anderen Groß-Lebensraum der mitteleuropäischen Kulturlandschaft die Populationsgrößen und die Diversität der Vegetation in den letzten 30 Jahren so stark abgenommen wie im Ackerland. In vielen Regionen übertrifft der Zusammenbruch der Ackerwildkraut-Gemeinschaften noch das Ausmaß der ebenfalls deutlichen Verluste im bodenfrischen und -feuchten Grünland (KRAUSE *et al.*, 2011; WESCHE *et al.*, 2012; LEUSCHNER *et al.*, 2013). In Deutschland gelten heute rund 120 der etwa 350 Segetalflora-Sippen als gefährdet, 15-18 Arten sind wohl ausgestorben (KORNECK und SUKOPP, 1988; SCHNEIDER *et al.*, 1994). Für viele Tierarten, die direkt oder indirekt auf Ackerwildkräuter als Nahrungsquelle angewiesen sind, bietet die „Nektarwüste Getreidefeld“ (SCHLAPP, 1985) keinen Lebensraum mehr (HEYDEMANN und MEYER, 1983; MARSHALL *et al.*, 2003), wobei die Vögel der Agrarlandschaft besonders betroffen waren (z.B. SIRIWARDENA *et al.*, 1998; WILSON *et al.*, 1999; CHAMBERLAIN *et al.*, 2000; DONALD *et al.*, 2006; DEUTSCHE ORNITHOLOGEN-GESELLSCHAFT und DACHVERBAND DEUTSCHER AVIFAUNISTEN, 2011; WAHL *et al.*, 2011; FLADE, 2012; SUDFELD, *et al.* 2012).

Gegenstand der hier präsentierten Studie waren Untersuchungen zu Veränderungen in der Segetalflora auf 392 Feldern in zehn verschiedenen Untersuchungsgebieten in Mittel-/Norddeutschland zwischen den 1950er/60er Jahren und 2009. Die Studienregion repräsentiert die drei wichtigsten geologischen Substrattypen (Sand, Lehm, Kalkstein). Wir testeten die Hypothesen, dass (1) die Intensivierung der Landwirtschaft zu einer reduzierten Kulturpflanzenvielfalt und dichteren Kulturpflanzenbeständen geführt hat, was sich in (2) Frequenzzrückgängen von sowohl naturschutzfachlich wertvollen Arten als auch wichtigen Nahrungspflanzen für samenfressende Feldvögel widerspiegelt.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden in den deutschen Bundesländern Niedersachsen, Sachsen-Anhalt, Brandenburg und Thüringen durchgeführt (Abb. 1). Das Klima wird durch einen West-Ost-Gradienten von subozeanisch nach subkontinental mit jährlichen mittleren Lufttemperaturen zwischen 7,1 und 9,1°C und mittleren jährlichen Niederschlagsmengen zwischen 487 und 727 mm (www.dwd.de) charakterisiert. Vier Untersuchungsgebiete werden von sandigen Böden, drei von kalk- und skelettreichen und drei von lehmigen Substraten (Tabelle 1) dominiert.

Abb. 1 Studienregion mit den zehn Untersuchungsgebieten in Nord- und Mitteldeutschland (zu den Nummern siehe Tab. 1).

Fig. 1 Location of the ten study sites in North and Central Germany (for the numbers see Table 1)



Die historischen Vegetationsaufnahmen wurden aus Archiven und aus unveröffentlichten Feldbüchern von Botanikern zusammengetragen (Tab. 1). Auf der Grundlage präziser Vegetationskarten und genauer Ortsbeschreibungen konnten insgesamt 392 Vegetationsaufnahmen (154, 116 und 122 Aufnahmen für sandige, kalk- und skelettreiche und lehmige Substrate) auf Schlägebene identifiziert werden. Die historischen Vegetationsaufnahmen wurden damals in gut entwickelten Beständen im Innenbereich der Äcker durchgeführt. Um den Ökoton-Einfluss (WILSON und AEBISCHER, 1995; FRIED *et al.*, 2009) zu eliminieren, wurden 2009 die Aufnahmeflächen ebenfalls im Inneren der Flächen (mindestens 10 m vom Ackerrand) durchgeführt. Die Größe der Aufnahmeflächen orientierte sich an den historischen Erhebungen und variierte zwischen 25-100 m². Die historischen und aktuellen Daten unterschieden sich nicht systematisch in der Aufnahmegröße (RM-ANOVA $p < 0,05$) und der Artenreichtum war nicht mit der Aufnahmegröße korreliert. Analog zu den 1950/60er Jahren sind die Vegetationsaufnahmen nach der Methode von BRAUN-BLANQUET (1964) durchgeführt worden; die Nomenklatur der Arten erfolgt in Anlehnung an JÄGER (2011).

Tab 1 Charakteristika der zehn Untersuchungsgebiete auf drei verschiedenen Bodensubstraten einschließlich der Anzahl der untersuchten Ackerflächen in den 1950er/60er Jahren und 2009.**Tab. 1** Characteristics of the ten study sites on three different soil substrates, including the number of investigated arable fields in the 1950s/60s and in 2009.

ID	Untersuchungsgebiet	Bundesland	Koordinaten (WGS 1984)	ØJahresniederschlag (mm)	ØJahrestemperatur (°C)	Höhe (über NN)	dominantes Substrat	Jahr der Erstaufnahme	Anzahl Vegetationsaufnahmen	Quelle der Primäraufnahmen (alle unpubliziert)
1	Reese	Niedersachsen	N 52°34' O 09°03'	654	9.1	25-40	Sand	1951	31	E. Preisig, 1952, Reinhold-Tüxen-Archiv Hannover
2	Berkhof	Niedersachsen	N 52°36' O 09°43'	673	8.9	25-40	Sand	1955	38	W. Jahns, 1957, Reinhold-Tüxen-Archiv Hannover
3	Nedlitz	Sachsen-Anhalt	N 52°03' O 12°16'	565	8.8	90-120	Sand	1956	46	H. Jage (Kemberg)
4	Luckau	Brandenburg	N 51°51' O 13°45'	560	8.5	40-125	Sand	1960/61	39	W. Fischer, H.-D. Krausch & H. Illig (Luckau)
5	Erzhausen	Niedersachsen	N 51°53' O 09°55'	644	8.8	100-330	Lehm	1959	45	Anonymus, Reinhold-Tüxen-Archiv Hannover
6	Göttingen	Niedersachsen	N 51°28' O 09°54'	727	8.7	160-225	Lehm	1960	37	W. Ernsting, 1961, Reinhold-Tüxen-Archiv Hannover
7	Halle/Saale	Sachsen-Anhalt	N 51°32' O 11°54'	475	9.1	75-140	Lehm	1958	40	G. Plass, 1960, Herbarium MLU-Halle-Wittenberg
8	Hachelbich	Thüringen	N 51°20' O 10°55'	542	8.3	180-320	Kalkstein	1956/57	39	E.M. Wiedenroth, 1960, Herbarium Haussknecht Jena
9	Plaue	Thüringen	N 50°47' O 10°54'	487	7.1	295-520	Kalkstein	1959-62	37	W. Hilbig, Herbarium Haussknecht Jena
10	Saaletal	Thüringen	N 50°58' O 11°40'	590	9.3	170-350	Kalkstein	1959-61	40	W. Hilbig, Herbarium Haussknecht Jena

Klimadaten vom Deutschen Wetterdienst (DWD), basierend auf dem Bezugszeitraum 1961–1990

Alle Vegetationsaufnahmen wurden in einer TURBOVEG-Datenbank (HENNEKENS & SCHAMINÉE, 2001) digitalisiert und sind als „BioChangeFields“ (ED-DE-027) im Global Index of Vegetation-Plot Databases (GIVD)-Register verzeichnet (DENGLER *et al.*, 2011). In die Auswertung sind alle höheren Pflanzen einschließlich der Sämlinge von Sträuchern/Bäumen und Abkömmlinge der Vorgängerkulturen (*crop volunteers*) eingegangen. In wenigen Fällen konnten die Taxa nur auf Gattungs- oder Familienebene bestimmt werden; diese wurden von der weiteren Analyse ausgeschlossen. Zur Analyse der Frequenzänderungen von Arten über den Untersuchungszeitraum wurde eine separate Indikatorarten-Analyse (BAKKER, 2008) durchgeführt. Die Auswertung der Daten erfolgte mit dem Programm R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2004). Die Einschätzung der Bedeutung von Segetalarten als Nahrungsgrundlage für samenfressende Feldvögel erfolgt in Anlehnung an STORKEY (2006).

Ergebnisse

Die Kulturpflanzenvielfalt im Gesamtdatensatz sank von insgesamt 25 angebauten Nutzpflanzenarten in den 1950er/60er Jahren auf nur noch 16 heutzutage (Tab. 2). Der Anteil des Sommergetreides verringerte sich von 26 auf 17 %, während die Frequenz von Wintergetreide sich von 41 auf 61 % erhöhte. Die größten Zuwächse im Anbau verzeichneten Winterweizen (14 vs. 31 %), Winterraps (0 vs. 17 %) und Mais (1 vs. 9 %). Im Gegenzug ist der Anbau von Kartoffeln (15 vs. 1 %), Hafer (8 vs. 2 %) und Zuckerrüben (5 vs. 3 %) stark zurückgegangen.

Der Deckungsgrad der Kulturpflanzen stieg während der Jahrzehnte im Median von 60 auf 94 % an (Abb. 2). Dagegen verringerte sich der Median des Deckungsgrades der Segetalflora von 40 % in den 1950er/60er Jahren auf nur noch 4 % im Jahr 2009.

Tab. 2 Prozentualer Anteil von Feldern mit verschiedenen Kulturpflanzen und -klassen in den 1950er/60er Jahren und 2009 (Frequenz) und mittlerer Deckungsgrad der Kulturfrucht (rechte Spalten); angegeben sind Median und Interquartilbereich (IQR). Abkürzungen für den Saatzeitpunkt: w - Winterkulturen (= im Herbst gesät), s - Sommerkulturen (= im Frühjahr gesät), s / w - sowohl Sommer- als auch Winterkulturen.

Tab. 2 Percentage of fields with different crops and crop classes in the 1950s/60s and 2009 (frequency) and mean crop cover (right-hand); median and interquartile range (IQR) of the values are given. Abbreviations for the sowing time: w - winter crops (sown in autumn), s - summer crops (=sown in spring), s / w - both summer and winter crops.

Kulturpflanze/-klasse	Saatzeitpunkt	Frequenz [%]		1950er/60er		2009	
		1950er/60er	2009	Median	IQR	Median	IQR
Getreide – Winterfrüchte	w	41,3	60,5				
Triticale	w	-	1,3	-	-	80	80-80
Wintergerste	w	3,3	8,4	70	70-90	94	94-97,75
Winterroggen	w	24,5	20,2	90	90-90	85	85-90
Winterweizen	w	13,5	30,6	60	60-80	85	85-95
Getreide – Sommerfrüchte	s	26,0	16,6				
Gemenge	s	4,8	0,3	60	60-70	85	85-85
Mais	s	0,8	8,9	70	70-70	95	95-95
Sommergerste	s	4,8	3,6	60	60-70	83	82,5-90
Sommerroggen	s	1,3	-	90	90-95	-	-
Sommerweizen	s	6,1	1,8	70	70-80	92	92-95
Hafer	s	8,2	2,0	50	50-70	90	90-95
Körnerleguminosen	s	2,0	-				
Bohnen	s	0,5	-	-	-	-	-
Erbsen	s	1,5	-	45	45-47,5	-	-
Futterpflanzen	s/w	1,0	0,3				
Kleegrass	s/w	-	0,3	-	-	50	50-50
Luzerne	s/w	0,5	-	75	75-75	-	-
Hirse	s	0,5	-	65	65-67,5	-	-
Hack-/Kohlfrüchte	s	22,3	3,9				
Rüben	s	5,4	2,6	40	40-60	97	97-98,75
Möhren	s	-	0,5	-	-	25	25-32,5
Kartoffeln	s	15,1	0,8	40	40-85	75	75-85,5
andere Gemüsearten	s	1,8	-	-	-	-	-
Ölfrüchte	s/w	0,6	17,1				
Senf	s	0,3	-	30	30-30	-	-
Sonnenblume	s	0,3	0,3	20	20-20	95	95-95
Winterraps	w	-	16,8	-	-	90	90-97,5

Fortsetzung Tab. 2

Kulturpflanze/-klasse	Saatzeitpunkt	Frequenz [%]		1950er/60er		2009	
		1950er/60er	2009	Median	IQR	Median	IQR
andere Kulturen		7,0	1,9				
Buchweizen	s	0,3	-	90	90-90	-	-
Lein	s	0,5	0,3	60	60-60	45	45-45
Ackerfutter	-	0,3	-	50	50-50	-	-
Einjährige Brache	-	1,5	0,8	93	92,5-95,75	63	62,5-66,25
Sonstige							
Stoppel	-	3,6	0,8	90	90-95	80	80-85
keine Angabe	-	0,8	-	-	-	-	-

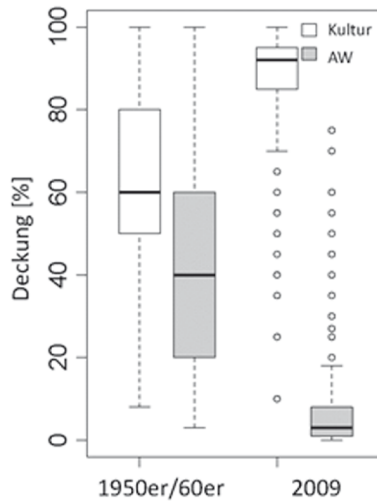


Abb. 2 Boxplot zur Gesamtdeckung der Kulturpflanzen (Kultur) und der Segetalflora (AW) in den 1950er/60er Jahren und 2009.

Fig. 2 Boxplot of the total cover of crops (Kultur) and the arable flora (AW) in the 1950s/60s and 2009.

Insgesamt sind auf den Aufnahme­flächen 366 Taxa nachgewiesen worden. Davon traten 133 Taxa nur in den 1950er/60er und 65 nur im Jahr 2009 auf. 168 Taxa waren sowohl im historischen als auch im aktuellen Datensatz auf den Aufnahme­flächen vertreten.

Deutliche Verschiebungen in der Artenzusammensetzung der Plots zeigt eine Indikatorarten-Analyse. Von den jeweiligen Charakterarten für Sand-, Lehm- und Kalkäcker zeigten 66 Taxa, darunter 18 Rote Liste-Arten, signifikante Frequenzänderungen über die Zeit ($p < 0.05$; Tab. 3). Nur zwei Arten (*Geranium pusillum* vor allem in Rapsfeldern und *Tripleurospermum inodorum*) nahmen in der Frequenz zu. Alle anderen Charakterarten der Sandäcker (z.B. *Scleranthus annuus*, *Spergula arvensis*), Lehmäcker (z.B. *Fumaria officinalis*, *Veronica polita*) und Kalkäcker (z.B. *Consolida regalis*, *Fumaria vaillantii*) haben abgenommen oder sind ganz aus den Innenbereichen der Felder verschwunden (z.B. *Arnoseria minima*, *Hypochaeris glabra*, *Atriplex patula*, *Stachys palustris*, *Lithospermum arvense*, *Caucalis platycarpus*).

Auch bei den Arten, die von besonderer Bedeutung als Nahrungsgrundlage für samenfressende Vögel sind, waren fast durchweg negative Frequenzveränderungen bzw. Totalverluste (*Senecio vulgaris*) zu beobachten (Tab. 4). Nur *Rumex obtusifolius* zeigt eine positive Bestandentwicklung auf niedrigem Niveau.

Tab. 3 Veränderungen in der Frequenz von Indikatorarten seit den 1950er/60er, angegeben für den kompletten Datensatz (n=392) und jeweils getrennt für die drei Substratklassen. Aufgeführt sind nur die jeweiligen Arten für Sand-, Lehm- und Kalkäcker, die signifikante Frequenzänderungen aufweisen. Abkürzungen geben den Status in Deutschland an; ‚A‘ = Archäophyt; ‚A/I‘ = unklar, ob Archäophyt oder indigen; ‚I‘ = indigen; ‚N‘ = Neophyt und ‚NA‘ = keine Daten verfügbar. Die Arten werden als gefährdet (x) gekennzeichnet, wenn diese in den Roten Listen von Deutschland (LUDWIG und SCHNITTLER, 1996), oder den Bundesländern Niedersachsen (GARVE, 2004), Sachsen-Anhalt (FRANK *et al.*, 2004), Brandenburg (RISTOW *et al.*, 2006) und Thüringen (KORSCH und WESTHUS, 2011) aufgeführt sind.

Tab. 3 Changes in the frequency of the indicator species since the 1950s/60s, indicated for the complete data set (n = 392) and in each case separately for the three substrate classes. The table includes only the species for sand, loam and lime fields which showed significant frequency changes. Abbreviations indicate the status in Germany: ‚A‘ = archaeophyte; ‚A / I‘ = unclear whether archaeophyte or indigenous, ‚I‘ = indigenous, ‚N‘ = neophyte and ‚NA‘ = data not available. The species are identified as threatened (x) if they are included in the red list of Germany (LUDWIG and SCHNITTLER, 1996), or the Federal States of Lower Saxony (GARVE, 2004), Saxony-Anhalt (FRANK *et al.*, 2004), Brandenburg (RISTOW *et al.*, 2006) and Thuringia (WESTHUS and KORSCH, 2011).

Wissenschaftlicher Name	Status	Rote Liste	Kompletter Datensatz (n=392) Frequenz (%)		Sand als Blockvariable (n=154) Frequenz (%)		Lehm als Blockvariable (n=122) Frequenz (%)		Kalkstein als Blockvariable (n=116) Frequenz (%)	
			2009	1950er/60er	2009	1950er/60er	2009	1950er/60er	2009	1950er/60er
Indikatorarten der Sandäcker										
<i>Scleranthus annuus</i>	I		2	33	4	69	0	13	0	7
<i>Arnosseris minima</i>	I	x	0	16	0	38			0	3
<i>Gnaphalium uliginosum</i>	I		1	14	3	25	1	6	0	6
<i>Juncus bufonius</i>	I		1	11	1	23	0	5	0	2
<i>Viola tricolor</i>	NA		0	8	0	14	0	6	0	3
<i>Digitaria ischaemum</i>	A		1	8	1	21				
<i>Hypochoeris glabra</i>	I	x	0	7	1	18			0	1
<i>Rumex acetosella</i>	I		3	21	7	45	1	3	0	6
<i>Spergula arvensis</i>	A		4	30	10	69	0	2	2	8
<i>Achillea millefolium</i>	I		2	12	5	22	1	2	0	9
<i>Spergularia rubra</i>	A/I		1	6	1	14			0	3
<i>Setaria viridis</i>	A		4	17	9	38	0	6		
<i>Aphanes inexpectata</i>	A	x	0	4	0	9			0	1
<i>Vicia sativa</i>	I		9	33	19	58	2	11	1	23
<i>Centaurea cyanus</i>	A		10	35	21	55	2	16	5	29
<i>Anchusa arvensis</i>	A		3	10	8	21	0	2	0	3
<i>Veronica arvensis</i>	A		9	27	15	51	3	20	7	3
<i>Papaver dubium</i>	A		3	8	8	14	0	6	0	1
<i>Arabidopsis thaliana</i>	A		4	10	9	20	2	7		
<i>Erodium cicutarium</i>	I		7	17	18	39	0	2	0	4
<i>Vicia hirsuta</i>	I		11	19	28	40	2	6	0	6
<i>Apera spica-venti</i>	I		22	33	36	58	17	25	9	9
<i>Galinsoga parviflora</i>	N		6	8	14	15	1	7		

Fortsetzung Tab. 3

Wissenschaftlicher Name	Status	Rote Liste	Kompletter Datensatz (n=392)		Sand als Blockvariable (n=154)		Lehm als Blockvariable (n=122)		Kalkstein als Blockvariable (n=116)	
			Frequenz (%)		Frequenz (%)		Frequenz (%)		Frequenz (%)	
			2009	1950er/60er	2009	1950er/60er	2009	1950er/60er	2009	1950er/60er
Indikatorarten der Lehmäcker										
<i>Atriplex patula</i>	A/I		0	22	0	1	0	39	0	32
<i>Stachys palustris</i>	I		0	17	0	2	0	36	1	18
<i>Sonchus asper</i>	NA		2	22	3	12	2	42	3	16
<i>Lamium amplexicaule</i>	A		3	28	6	19	0	38	1	31
<i>Equisetum arvense</i>	I		3	26	3	13	5	48	2	19
<i>Veronica polita</i>	A	x	2	15			2	30	3	20
<i>Fumaria officinalis</i>	A		3	21	3	4	3	42	1	22
<i>Plantago major</i>	I		4	25	5	19	5	34	3	24
<i>Aphanes arvensis</i>	A		3	17	5	14	2	33	1	3
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	I		3	17	6	12	2	28	1	14
<i>Persicaria lapathifolia</i>	I		7	30	8	32	7	42	4	13
<i>Euphorbia helioscopia</i>	A		9	34	4	8	8	52	16	51
<i>Taraxacum officinale</i>	NA		11	34	12	14	8	40	11	56
<i>Lamium purpureum</i>	A		8	19	8	10	9	43	7	7
<i>Poa annua</i>	I		10	19	9	16	8	34	13	8
Indikatorarten der Kalkäcker										
<i>Silene noctiflora</i>	A	x	1	21	0	1	0	19	3	51
<i>Galeopsis tetrahit</i>	NA		1	20	2	12	1	14	0	37
<i>Lathyrus tuberosus</i>	I		0	17	0	1	0	11	0	46
<i>Adonis aestivalis</i>	A	x	1	16					3	55
<i>Medicago lupulina</i>	I		1	16	0	5	1	17	1	28
<i>Campanula rapunculoides</i>	I		0	15			0	7	0	43
<i>Lithospermum arvense</i>	A	x	0	13	0	1	1	8	0	33
<i>Galium tricornutum</i>	A	x	0	11			0	1	0	36
<i>Rumex crispus</i>	I		2	18	1	6	2	11	3	41
<i>Sherardia arvensis</i>	A	x	1	9			0	7	4	24
<i>Neslia paniculata</i>	A	x	0	8	0	3	0	3	0	21
<i>Consolida regalis</i>	A	x	3	22	0	2	6	20	4	51
<i>Sedum telephium</i>	I	x	0	7			0	6	0	19
<i>Knautia arvensis</i>	I		0	6					0	21
<i>Falcaria vulgaris</i>	I		2	11			4	5	1	33
<i>Anagallis foemina</i>	I	x	0	5			0	5	0	12

Fortsetzung Tab. 3

Wissenschaftlicher Name	Status	Rote Liste	Kompletter Datensatz (n=392)		Sand als Blockvariable (n=154)		Lehm als Blockvariable (n=122)		Kalkstein als Blockvariable (n=116)	
			Frequenz (%)		Frequenz (%)		Frequenz (%)		Frequenz (%)	
			2009	1950er/60er	2009	1950er/60er	2009	1950er/60er	2009	1950er/60er
<i>Caucalis platycarpus</i>	A	x	0	5			1	1	0	15
<i>Conringia orientalis</i>	A	x	0	5					0	16
<i>Fumaria vaillantii</i>	A	x	1	5			0	1	3	16
<i>Rubus caesius</i>	I		1	5			2	3	0	12
<i>Ranunculus arvensis</i>	A	x	0	4			0	1	0	11
<i>Lapsana communis</i>	I		4	14	2	1	5	7	6	40
<i>Centaurea scabiosa</i>	I	x	0	3					0	11
<i>Potentilla reptans</i>	I		0	3	1	1			0	9
<i>Valerianella locusta</i>	A/I		0	3					0	9
<i>Avena fatua</i>	A		7	18			7	4	17	55
<i>Tripleurospermum inodorum</i>	A		28	11	30	4	17	11	37	20
<i>Geranium pusillum</i>	A		17	12	23	5	8	10	18	23

Tab. 4 Veränderungen in der Frequenz von Arten mit besonderer Bedeutung für samenfressende Vögel, angegeben für den kompletten Datensatz (n=392). Abkürzungen geben den Status in Deutschland an: ‚A‘ = Archäophyt; ‚A/I‘ = unklar, ob Archäophyt oder Neophyt und ‚I‘ = indigen. Bedeutung für samenfressende Vögel nach STORKEY (2006) [von Bedeutung für 1 oder 2 Arten = *; von Bedeutung für 3-8 Arten = **; von Bedeutung für > 8 Arten = ***].

Tab. 4 Changes in the frequency of species of special significance for seed-eating birds specified for the complete data set (n = 392). Abbreviations indicate the status in Germany: ‚A‘ = archaeophyte; ‚A / I‘ = unclear whether archaeophyte or neophyte and ‚I‘ = indigenous. Importance for seed-eating birds according to STORKEY (2006) [important for 1 or 2 species = *; important for 3-8 species = **; important for > 8 species = ***].

Wissenschaftlicher Name	Status	Kompletter Datensatz (n=392)		Rückgang/ Zunahme (%)	Bedeutung für samenfressende Feldvögel
		Frequenz (%)	Frequenz (%)		
		2009	1950er/60er		
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	I	25	56	-55	*
<i>Chenopodium album</i>	I	44	68	-35	***
<i>Cirsium arvense</i>	I	13	62	-79	*
<i>Fallopia convolvulus</i>	A	50	84	-40	***
<i>Fumaria officinalis</i>	A	3	21	-86	*
<i>Persicaria maculosa</i>	I	2	16	-88	***
<i>Poa annua</i>	I	10	19	-47	**
<i>Polygonum aviculare</i>	I	38	66	-42	***
<i>Rumex obtusifolius</i>	I	2	1	+100	**
<i>Senecio vulgaris</i>	I	0	19	-100	**
<i>Sinapis arvensis</i>	A	3	43	-93	**
<i>Sonchus oleraceus</i>	I	3	25	-88	*
<i>Spergula arvensis</i>	A	4	30	-87	*
<i>Stellaria media</i>	I	16	57	-72	***
<i>Viola arvensis</i>	A/I	51	67	-24	**

Diskussion

Die Ergebnisse unserer Wiederholungsaufnahmen von Ackerflächen in Mitteldeutschland zeigen sowohl in der Segetalflora als auch im Kulturartenspektrum eine dramatische Verarmung in den letzten fünf Jahrzehnten. In den 1950er/60er Jahren war noch eine starke Differenzierung der Segetalflora zwischen verschiedenen Substrattypen und pH-Werten auf den Ackerflächen vorhanden (MEYER *et al.*, 2013). Durch die ackerbaulichen Intensivierungsmaßnahmen der letzten Jahrzehnte ist diese Heterogenität einer zunehmenden Homogenisierung der Segetalflora gewichen (FIRBANK *et al.*, 2008). Besonders vom Rückgang betroffen sind Segetalpflanzen, die auf Äckern mit extremer Bodenreaktion und nur mäßiger Nährstoffversorgung ihren Schwerpunkt haben. Weil diese Arten häufig auch als Kenn- und Trennarten der Segetalgesellschaften und ihrer höheren Syntaxa fungieren, hat der Artenschwund vielerorts zu soziologisch schlecht gekennzeichneten „Fragmentgesellschaften“ geführt, deren Zuordnung in das bestehende pflanzensoziologische System Schwierigkeiten bereitet (BRUN-HOOL, 1966; MEISEL, 1979; MEYER *et al.*, in Revision).

Die heutigen Fruchtfolgen werden vom Anbau von Wintergetreide bestimmt, hauptsächlich Winterweizen und Winterraps, der jedoch erst seit Mitte der 1980er Jahre verstärkt in Deutschland angebaut wird (HEYLAND *et al.*, 2006). Die Anbaufläche vieler Sommerkulturen ging im Untersuchungszeitraum stark zurück. Demgegenüber nahm jedoch durch die staatliche Subventionierung der Biomasseerzeugung der Anbau von Mais enorm zu (HAMPICKE, 2013), und dies nicht nur im Untersuchungsgebiet, sondern ebenso in ganz Deutschland (GEVERS *et al.*, 2011; WALDHARDT *et al.*, 2011). Dies führt zu sehr uniformen, artenarmen Segetalgesellschaften, in denen meist nur noch ubiquitäre Arten wie *Chenopodium album*, *Fallopia convolvulus*, *Stellaria media* oder *Echinochloa crus-galli* vorkommen. Hackfrüchte wie Rüben auf lehmigen Böden oder Kartoffeln auf Sandböden, haben heutzutage erheblich weniger Flächenanteile als vor 50/60 Jahren, was sich auch in der Vielfalt der Segetalflora widerspiegelt und somit die Tatsache bestätigt, dass eine verringerte Kulturpflanzenvielfalt eine Ursache für den Biodiversitätsverlust in Agroökosystemen darstellen kann. Als Beispiel sei hier *Linaria arvensis* genannt, früher eine Charakterart der Kartoffelfelder (MEYER und BERGMEIER, 2010), heute jedoch (fast) komplett von den Äckern in Deutschland verschwunden.

Die Gesamtartenzahl der nachgewiesenen Segetalarten sank um fast ein Viertel (-23 %). Eine Literaturschau von mehr als 30 Studien aus Deutschland zeigte Verluste im Artenpool im Bereich zwischen 20 bis 50 % (ALBRECHT, 1995). In 195 Äckern in sieben bayerischen Landschaften führte ALBRECHT (1989) flächenscharfe Wiederholungsaufnahmen einer früheren Erhebung durch. Demnach wurden 1951 bis 1968 in den Äckern insgesamt 209 Gefäßpflanzenarten festgestellt, 1986/88 nur noch 168; die Gesamtartenzahl nahm im Mittel um 20 % ab. Bei 39 Arten ergab sich ein signifikanter Rückgang. Auch in anderen deutschen Regionen (Bremer Umland, Ostdeutschland, Schwäbische Alb, Kyffhäuser) wurden Abnahmen der Gesamtartenzahl der Ackerwildkräuter zwischen 17 und 52 % festgestellt (MITTNACHT, 1980; PÖTSCH und BUSCH, 1985; KULP, 1993; KOHLBRECHER *et al.*, 2012). Nur an wenigen Orten wie am Niederrhein (KUTZELNIGG, 1984) und im thüringischen Orlatal (XYLANDER, 1987) blieb die Gesamtartenzahl bis in die 1980er Jahre stabil. Zu berücksichtigen ist dabei allerdings, dass die meisten der genannten Untersuchungen z.T. über 20 Jahre zurückliegen. In der Slowakei, wo die landwirtschaftliche Transformation später begann, sind nur 8 % der Arten in den letzten 50 Jahren verschwunden (MÁJEKOVÁ *et al.*, 2010).

Nicht überraschend ist, dass neben der Artenvielfalt auch der Deckungsgrad der Ackerwildkrautbestände stark zurückgegangen ist, während die Deckung der Kulturpflanzen sehr stark anstieg. Wie erfolgreich der Feldzug gegen die „Verunkrautung“ war, zeigte bereits der von ALBRECHT (1989) in fast 1400 bayerischen Vegetationsaufnahmen Mitte der 1980er Jahre gefundene mittlere Deckungsgrad der Ackerwildkräuter von gerade noch 7.7 %. Unsere Schätzung des Rückgangs des Deckungsgrades von Segetalgesellschaften um über 90 % (durchschnittliche Deckung von 40% in den 1950er/60er Jahren auf nur 3 % Deckung in 2009) übersteigt sogar noch die Angaben aus langfristigen Untersuchungen aus Dänemark und Österreich, wo von 75 % Verlust des Deckungsgrades der Segetalarten berichtet wird (RIES, 1992; ANDREASEN und STREIBIG, 2011). Viele Äcker sind heute insbesondere im Feldinneren sehr dicht mit Kulturpflanzen bestockt und nahezu wildkrautfrei.

Es kommen oft nur noch wenige dominante Arten vor, die ebenfalls starke Frequenzrückgänge in den letzten fünf Jahrzehnten zu verzeichnen hatten. Unsere Ergebnisse sind im Einklang mit einer Studie aus Frankreich (FRIED *et al.*, 2009), wo von ebenfalls drastischen Rückgängen in der Frequenz und Dichte der ehemals gemein vorkommenden Segetalarten wie *Chenopodium album*, *Polygonum aviculare*, *Cirsium arvense* und vor allem *Stellaria media* berichtet wurde.

Folglich sind nach den hier aufgezeigten Ergebnissen auch die Ressourcen für Wirbellose (im Speziellen für Bestäuber), aber auch für samenfressende Vögel, stark zurückgegangen. Die von STORKEY (2006) als besonders bedeutsam für samenfressende Feldvögel gelisteten Arten haben fast ausnahmslos dramatische Frequenzrückgänge oder Totalverluste im Feldinneren. Das Nahrungsangebot für samenfressende Feldvögel wie Feldlerche, Grauammer, Rebhuhn oder Wachtel ist in den letzten fünf Jahrzehnten sehr stark gesunken. Der auch im Untersuchungsgebiet beobachtete verstärkte Maisanbau auf Kosten der Winterungen könnte nach Untersuchungen von NEUMANN *et al.* (2009) sowohl zu einer Erweiterung (z.B. lokal des Kiebitz) als auch zu einer Verengung (z.B. Abnahme der Schafstelze) des Brutvogelspektrums führen. Die gleichen Autoren geben auch an, dass „Maisflächen im Vergleich zu anderen Ackerkulturen nur eine geringe Brutplatzqualität aufweisen, da sie im Allgemeinen durch einen Mangel an Bodendeckung sowie ein geringes Nahrungsangebot gekennzeichnet sind“. Die Ergebnisse unserer Studie bestätigen diese Aussage in Bezug auf die Flora. Im Mais dominieren zwar Segetalarten wie *Chenopodium album*, *Fallopia convolvulus* und *Stellaria media*, die für viele Feldvögel als Nahrungsquelle sehr bedeutsam sind (STORKEY, 2006), andererseits zeigten auch diese Frequenzrückgänge im Bereich von 35 bis 72 % und wiesen in den meisten Vegetationsaufnahmen 2009 nur noch sehr niedrige Deckungswerte zwischen 1-5 % auf (MEYER *et al.*, 2013). Andererseits ist es aber auch möglich, dass eine Ausdehnung des Maisanbaus, verbunden mit einer zusätzlichen Ausweitung von Winterstoppelflächen, auch zu einem verbesserten Nahrungsangebot für rastende bzw. überwinternde Vögel führen könnte (NEUMANN *et al.*, 2009).

Neben dem Rückgang des Nahrungsangebotes für samenfressende Feldvögel können die heutzutage viel dichteren Kulturpflanzenbestände und der starke Rückgang von Sommerkulturen in unserem Datensatz als mögliche Ursachen für deren Bestandsrückgänge angesehen werden. Bei Untersuchungen in Schottland fanden PERKINS *et al.* (2012) eine signifikante Korrelation zwischen dem langfristigen Rückgang der Grauammer-Brutbestände und dem Deckungsgradrückgang der Segetalarten in Getreidefeldern. Ebenso ist aus zahlreichen Arbeiten bekannt, dass z.B. die Feldlerche sowohl vegetationslose als auch sehr dicht und hoch bewachsene Ackerflächen als Brutplatz meidet (TOEPFFER und STUBBE, 2001; ERAUD und BOUTIN, 2002). Laut NEUMANN *et al.* (2009) sind die Reviere der Feldlerchen, die im Frühjahr in konventionell bewirtschaftetem Wintergetreide oder Winterapps angelegt werden, aufgrund der sich rasch schließenden und schnell aufwachsenden Pflanzenbestände nicht die gesamte Brutzeit über besetzt. Von den Feldlerchen werden Sommerkulturen meist erst nach dem Auflaufen der Kulturpflanzen besetzt (CHAMBERLAIN und GREGORY, 1999; STÖCKLI *et al.*, 2006).

Um das Ziel der nationalen Biodiversitätsstrategie Deutschlands (BMU, 2007) („Bis zum Jahre 2020 ist die Biodiversität in Agrarökosystemen deutlich erhöht; bis 2015 sind die Populationen der Mehrzahl der Arten (insbesondere wildelebende Arten), die für die agrarisch genutzten Kulturlandschaften typisch sind, gesichert und nehmen wieder zu.“) doch noch zu erreichen, bedarf es enormer Anstrengungen, sowohl auf politischer als auch auf naturschutzfachlicher Seite. Zur Erreichung dieser Ziele im Bereich des Ackerwildkrautschutzes schlug HAMPICKE (2009) die Extensivierung von 10 % (ertragsschwacher) Ackerstandorte in Deutschland (ca. 300.000 ha) vor. Einen kleinen Schritt in diese Richtung stellt das von der Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderte Projekt „100 Äcker für die Vielfalt“ dar. Hier wurde ein bundesweites Netzwerk von Schutzäckern aufgebaut, um gefährdeten Ackerwildpflanzen und ihren Begleitern Lebensraum zu bieten. Wichtige Ziele des Projektes sind die langfristige Finanzierung und Sicherstellung von Schutzäckern im Zusammenhang mit der für die jeweiligen Ackerwildkräuter günstigen Bewirtschaftung (MEYER *et al.*, 2010). Die Anlage von Schutzäckern als ein segregativer Naturschutzansatz kann nur ein Element zur Erhaltung und Förderung der Segetalflora sein. Vielmehr kann nur eine Kombination verschiedenster Maßnahmen, wie z.B. das Zulassen

ein- oder mehrjähriger Brachestadien, eine Ausweitung des ökologischen Landbaus, eine Erhöhung der Kulturpflanzendiversität, die Reduktion des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln bzw. lichtere Wintergetreidekulturen, dem qualitativen wie quantitativen Artenschwund der Segetalflora und der Vögel der Agrarlandschaft in Mitteleuropa entgegenwirken.

Literatur

- ALBRECHT, H., 1989: Untersuchungen zur Veränderung der Segetalflora an sieben bayerischen Ackerstandorten zwischen den Erhebungszeiträumen 1951/68 und 1986/88. *Disser-t. Bot.* **141**, 201 S.
- ALBRECHT, H., 1995: Changes in the arable weed flora of Germa-ny during the last five decades. *Proc. 9th EWRS-Sympos. Budapest*, 41–48.
- ANDREASEN, C. und J. C. STREIBIG, 2011: Evaluation of changes in weed flora in arable fields of Nordic countries – based on Danish long-term surveys. *Weed Res.* **51**, 214–226.
- BACHTHALER, G., 1968: Die Entwicklung der Ackerunkrautflora in Abhängigkeit von veränderten Feldbaumethoden I. und II. *Z. Acker- u. Pflanzenbau* **127**, 149–170 u. 326–358.
- BAKKER, J.D., 2008: Increasing the utility of Indicator Species Analysis. *J. Appl. Ecol.* **45**, 1829–1835.
- BAUERKÄMPER, A., 2004: The industrialization of agriculture and its consequences for the natural environment: an inter-German comparative perspective. *Hist. Soc. Res.* **29**, 124–149.
- BIESMEIJER, J.C., S.P.M. ROBERTS, M. REEMER, R.OHLEMÜLLER, M. EDWARDS, T. PEETERS, A.P. SCHAFFERS, S.G. POTTS, R. KLEUKERS, C.D. THOMAS, J. SETTELE und W. KUNIN, 2006: Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Nether-lands. *Science* **313**, 351–354.
- BOROWIEC, S., 1988: Erfassung und Bewertung anthropogener Veränderungen in segetalen Gemeinschaften Nordwest-Polens. *Wiss. Z. Univ. Halle, Math.-Nat. R.* **37**, 127–136.
- BRAUN, W., 1988: Auswirkungen der modernen Landbewirt-schaftung auf die Vegetation von Grün- und Ackerland in Bayern. *Wiss. Z. Univ. Halle, Math.-Nat. R.* **37**, 82–92.
- BRAUN-BLANQUET, J.: *Pflanzensoziologie*, 3. Auflage. Wien, Sprin-ger Verlag, 865 S.
- BRUN-HOOL, J.: *Ackerunkraut-Fragmentgesellschaften*. In: *Anth-ro-pogene Vegetation*. TÜXEN, R. (Hrsg.), Den Haag, W. Junk, 38–50.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (BMU), 2007: *Nationale Strategie zur biologischen Viel-falt*. Berlin, Silber Druck oHG, 180 S.
- BURRICHTER, E., J. HÜPPE und R. POTT, 1993: Agrarwirtschaftlich bedingte Vegetationsbereicherung und –verarmung in historischer Sicht. - *Phytocoenologia* **23**, 427–447.
- CHAMBERLAIN, D.E. und R.D. GREGORY, 1999: Coarse and fine scale habitat associations of breeding Skylarks *Alauda arvensis* in the UK. *Bird Study* **46**, 34–47.
- CHAMBERLAIN, D.E., R.J. FULLER, R.G.H. BUNCE, J.C. DUCKWORTH und M. SHRUBB, 2000: Changes in the abundance of farmland birds in relation to the timing of agricultural intensifica-tion in England and Wales. *J. Appl. Ecol.* **37**, 771–788.
- DEUTSCHE ORNITHOLOGEN-GESELLSCHAFT UND DACHVERBAND DEUTSCHER AVIFAUNISTEN, 2011: *Positionspapier zur aktuellen Bestands-situation der Vögel der Agrarlandschaft*. Vogelkdl. Ber. Niedersachs. **42**, 175–184.
- DENGLER, J., F. JANSEN, F. GLÖCKLER, R.K. PEET, M. DE CÁCERES, M. CHY-TRÝ, J. EWALD, J. OLDELAND, G. LOPEZ-GONZALEZ, M. FINCKH, L. MU-CINA, J.S. RODWELL, J.H.J. SCHAMINEE und N. SPENCER, 2011: The Global Index of Vegetation-Plot Databases (GIVD): a new resource for vegetation science. *J. Veg. Sci.* **22**, 582–597.
- DONALD, P.F., F.J. SANDERSON, I.J. BURFIELD und F.J.P. VAN BOMMEL, 2006: Further evidence of continent-wide impacts of agricul-tural intensification on European farmland birds, 1990–2000. *Agr. Ecosyst. Environ.* **116**, 189–196.
- DUELLI, P. und M.K. OBRIST, 1998: In search of the best correlates for local organismal biodiversity in cultivated areas. *Bio-divers. Conserv.* **7**, 297–309.
- ELLENBERG, H. und C. LEUSCHNER: *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen: In ökologischer, dynamischer und histori-scher Sicht*. 6. Auflage. Stuttgart, Ulmer, 1357 S.
- ERAUD, C. und J.M. BOUTIN, 2002: Density and productivity of breeding Skylarks *Alauda arvensis* in relation to crop type on agricultural lands in western France. *Bird Study* **49**, 287–296.
- FLADE, M., 2012: Von der Energiewende zum Biodiversitäts-Desaster – zur Lage des Vogelschutzes in Deutschland. *Vogelwelt* **133**, 149–158.
- FIRBANK, L.G., S. PETIT, S. SMART, A. BLAIN und R.J. FULLER, 2008: As-sessing the impacts of agricultural intensification on bio-diversity: a British perspective. *Phil. Trans. R. Soc. B* **363**, 777–787.
- FRANK, D., H. HERDAM, H. JAGE, H. JOHN, H.-U. KISON, H. KORSCH und J. STOLLE, 2004: Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen (*Pte-ridophyta* et *Spermatophyta*) des Landes Sachsen-Anhalt. *Ber. Landesamt Umweltsch. Sachsen-Anhalt* **39**, 91–110.
- FRIED, G., S. PETIT, F. DESSAINT und X. REBOUD, 2009: Arable weed de-cline in Northern France: crop edges as refugia for weed conservation? *Biol. Conserv.* **142**, 238–243.
- GARVE, E., 2004: Rote Liste und Florenliste der Farn- und Blüten-pflanzen in Niedersachsen und Bremen, 5. Auflage. Inf. dienst Nat.schutz Niedersachs. **24**, 76 S.
- GEVERS, J., T.T. HOYE, C.J. TOPING, M. GLEMNITZ und B. SCHRODER, 2011: Biodiversity and the mitigation of climate change through bioenergy: impacts of increased maize cultiva-tion on farmland wildlife. *Glob. Change Biol.* **3**, 472–482.
- HAMPICKE, U., 2009: Die Höhe von Ausgleichszahlungen für die naturnahe Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Nutzflä-chen in Deutschland. Hamburg, Fachgutachten im Auf-trag der Michael Otto-Stiftung, 31 S.
- HAMPICKE, U.: *Kulturlandschaft und Naturschutz: Probleme-Konzepte-Ökonomie*. Heidelberg, Springer Spektrum, 356 S.
- HENNEKENS, S.M. und J.H.J. SCHAMINEE, 2001: TURBOVEG, a com-prehensive data base management system for vegetati-on data. *J. Veg. Science* **12**, 589–591.
- HEYDEMANN, B. und H. MEYER, 1983: Auswirkungen der Intensiv-kultur auf die Fauna in den Agrarbiotopen. *SchrR. Dt. Rat für Landespf.* **42**, 174–191.
- HEYLAND, K.-U., H. HANUS und E.R. KELLER: *Ölfrüchte, Faserpfan-zen, Arzneipflanzen und Sonderkulturen*. Handbuch des Pflanzenbaus, Band 4. Stuttgart, Eugen Ulmer, 718 S.
- HILBIG, W., 1985: Die Ackerunkrautvegetation der Querfurter Platte und ihre Veränderung in den letzten Jahrzehnten. *Wiss. Z. Univ. Halle, Math.-Nat. R.* **34**, 94–117.
- HOTZE, C. und T. VAN ELSSEN, 2006: Ackerwildkräuter konventi-onell und biologisch bewirtschafteter Äcker im östlichen Meißnervorland – Entwicklung in den letzten 30 Jahren. *J. Plant Diseases and Protection, Spec. Issue* **20**, 547–555.
- JÄGER, E.J. (Hrsg.): *Rothmaler. Exkursionsflora von Deutschland, Gefäßpflanzen*. Grundband, 20. Auflage. Heidelberg, Spektrum Akademischer Verlag, 944 S.
- KLÄGE, H.-C., 1999: *Segetalarten und –gesellschaften der nord-westlichen Niederlausitz und die Naturschutzstrategie zu ihrer Erhaltung*. *Dissert. Bot.* **304**, 142 S.

- KRAUSE, B., H. CULMSEE, K. WESCHE, E. BERGMEIER und C. LEUSCHNER, 2011: Habitat loss of floodplain meadows in north Germany since the 1950s. *Biodivers. Conserv.* **20**, 2347-2364.
- KOCH, W., 1980: Die Segetalflora in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsmaßnahmen. Daten u. Dokumente zum Umweltschutz **30**, 43-60.
- KÖCK, U.-V., 1984: Intensivierungsbedingte Veränderungen der Segetalvegetation des mittleren Erzgebirges. *Arch. Naturschutz u. Landsch.forsch.* **24**, 105-133.
- KOHLBRECHER, C., K. WESCHE, W. HILBIG, C. LEUSCHNER und S. MEYER, 2012: Veränderungen in der Segetalflora am Kyffhäusergebirge in den letzten 50 Jahren. *Landschaftspflege und Naturschutz in Thüringen* **49**, 1-9.
- KORNECK, D. und H. SUKOPP, 1988: Rote Liste der in der Bundesrepublik Deutschland ausgestorbenen, verschollenen und gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen und ihre Auswertung für den Arten- und Biotopschutz. *SchrR. Vegetationskde.* **19**, 210 S.
- KORSCH, H. und W. WESTHUS, 2011: Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen (*Pteridophyta* et *Spermatophyta*) Thüringens. 5. Auflage. *Naturschutzreport* **26**, 365-390.
- KULP, H.-G., 1993: Vegetationskundliche und experimentell-ökologische Untersuchungen der Lammkraut-Gesellschaft (*Teesdalia-Arnoseridetum Minima*, Tx. 1937) in Nordwestdeutschland. *Dissert. Bot.* **198**, 183 S.
- KULP, H.-G. und H. CORDES, 1986: Veränderungen der soziologischen Bindung in Ackerwildkraut-Gesellschaften auf Sandböden. *Tuexenia* **6**, 25-36, Göttingen.
- KUTZELNIGG, H., 1984: Veränderungen der Ackerwildkrautflora im Gebiet um Moers/Niederrhein seit 1950 und ihre Ursachen. *Tuexenia* **4**, 81-102.
- LEUSCHNER, C., K. WESCHE, S. MEYER, B. KRAUSE, K. STEFFEN, T. BECKER und H. CULMSEE, 2013: Veränderungen und Verarmung in der Offenlandvegetation Norddeutschlands seit den 1950er Jahren: Wiederholungsaufnahmen in Äckern, Grünland und Fließgewässern. *Ber. Reinhold-Tüxen-Ges.* **25**, 166-182.
- LUDWIG, G. und M. SCHNITTLER, 1996: Rote Liste der Pflanzen Deutschlands. *SchrR. Vegetationskde.* **28**, 744 S.
- MAJEKOVÁ, J., M. ZALIBEROVÁ, J. ŠIBÍK und K. KUMOVÁ, 2010: Changes in segetal vegetation in the Borská nížina Lowland (Slovakia) over 50 years. *Biologia* **65**, 465-478.
- MARSHALL, E.J.P., V.K. BROWN, N.D. BOATMAN, P.J.W. LUTMAN, G.R. SQUIRE und L.K. WARD, 2003: The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *Weed Res.* **43**, 77-89.
- MEISEL, K.: Ergebnisse von Daueruntersuchungen in nordwestdeutschen Ackerunkrautgesellschaften. In: *Anthropogene Vegetation*. R. TÜXEN, Den Haag, W. Junk, 86-96.
- MEISEL, J., 1979: Veränderungen der Segetalvegetation in der Stolzenauer Wesermarsch seit 1945. *Phytocoenologia* **6**, 118-130.
- MEISEL, K. und A. VON HÜBSCHMANN, 1976: Veränderungen der Acker- und Grünlandvegetation im nordwestdeutschen Flachland in jüngerer Zeit. *SchrR. Vegetationskde.* **10**, 109-124.
- MEYER, S. und E. BERGMEIER, 2010: Zur aktuellen Verbreitung des Acker-Leinkrautes (*Linaria arvensis*) in Deutschland. *Flor. Rundbriefe* **44**, 13-25.
- MEYER, S., K. WESCHE, C. LEUSCHNER, T. VAN ELSSEN und J. METZNER, 2010: Schutzbemühungen für die Segetalflora in Deutschland – Das Projekt „100 Äcker für die Vielfalt“. *Treffpunkt Biologische Vielfalt IX - BFN-Skripten* **265**, 59-64.
- MEYER, S., K. WESCHE, B. KRAUSE und C. LEUSCHNER, 2013: Dramatic losses of specialist arable plants in Central Germany since the 1950s/60s – a cross-regional analysis. *Diversity Distrib.* **19**, 1175-1187.
- MITTNACHT, A., 1980: Segetalflora der Gemarkung Mehrstetten 1975-1978 im Vergleich zu 1948/49. *Dissert. Universität Hohenheim*.
- NEUMANN, H., R. LOGES und F. TAUBE, 2009: Ausdehnung der Maisanbaufläche infolge des „Biogas-Booms“ – ein Risiko für Feldvögel? *Ber. Ldw.* **87**, 65-86.
- OTTE, A., 1984: Änderungen in Ackerwildkraut-Gesellschaften als Folge sich wandelnder Feldbaumethoden in den letzten 3 Jahrzehnten. *Dissert. Bot.* **78**, 165 S.
- PERKINS, A.; A. WATSON, H.E. MAGGS und J.D. WILSON, 2012: Conservation insights from changing associations between habitat, territory distribution and mating system of Corn Buntings *Emberiza calandra* over a 20-year population decline. *IBIS* **154**, 601-615.
- POTSCH, J. und K.-D. BUSCH, 1985: Großräumige vegetationskundliche Untersuchungen zur Erfassung von Veränderungen der Ackerunkrautvegetation. *Arch. Naturschutz u. Landsch.forsch.* **25**, 237-246.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2004: R: A language and environment for statistical computing. Wien, R Foundation for Statistical Computing, 1731 S.
- REUSS, H.-U., 1981: Untersuchung des Einflusses produktions-technischer und ökologischer Faktoren auf die quantitative und qualitative Veränderung der standörtlichen Unkrautflora auf Ackerland. *Dissert. TU München*.
- RIES, C., 1992: Überblick über die Ackerunkrautvegetation Österreichs und ihre Entwicklung in neuerer Zeit. *Dissert. Bot.* **187**, 188 S.
- RISTOW, M., A. HERRMANN, H. ILLIG, G. KLEMM, V. KUMMER, H.-C. KLÄGE, B. MACHATZI, S. RÄTZEL, R. SCHWARZ, R. und F. ZIMMERMANN, 2006: Liste und Rote Liste der etablierten Gefäßpflanzen Brandenburgs. *Nat.schutz Landsch.pfl. Brandenburg, Beiheft* **15**, 70-80.
- SCHLAPP, G., 1985: Das Ackerrandstreifenprogramm zum Schutz der Ackerwildkräuter – Erfahrungen in Mittelfranken 1985. *Inform. Natursch. Landschaftspf.* **2**, 16-24.
- SCHNEIDER, C., U. SUKOPP und H. SUKOPP, 1994: Biologisch-ökologische Grundlagen des Schutzes gefährdeter Segetalpflanzen. *SchrR. Vegetationskde.* **26**, 356 S.
- SIRIWARDENA, G.M., S.R. BAILLIE, S.T. BUCKLAND, R.M. FEWSTER, J.H. MARCHANT und J.D. WILSON, 1998: Trends in the abundance of farmland birds: a quantitative comparison of smoothed Common Birds Census indices. *J. Appl. Ecol.* **35**, 24-43.
- STÖCKLI, S., M. JENNY und R. SPAAR, 2006: Eignung von landwirtschaftlichen Kulturen und Mikrohabitat-Strukturen für brütende Feldlerchen *Alauda arvensis* in einem intensiv bewirtschafteten Ackerbaugebiet. *Orn. Beob.* **103**, 145-158.
- STORKEY, J., 2006: A functional group approach to the management of UK arable weeds to support biological diversity. *Weed Res.* **46**, 513-522.
- STORKEY, J., S. MEYER, K.S. STILL und C. LEUSCHNER, 2012: The impact of agricultural intensification and land use change on the European arable flora. *Proc. R. Soc. B* **279**, 1421-1429.
- SÜDFELDT, C., F. BAIRLEIN, R. DROSCHMEISTER, C. KÖNIG, T. LANGEMACH und J. WAHL: Vögel in Deutschland – 2012. Münster, Eigenverlag des Dachverbandes Deutscher Avifaunisten e.V., 55 S.

- TOEPFER, S. und M. STUBBE, 2001: Territory density of the Skylark (*Alauda arvensis*) in relation to field vegetation in central Germany. *J. Ornithol.* **142**, 184–194.
- TSCHARNKE, T., A.M. KLEIN, A.KRUESS und I. STEFFAN-DEWENTER, 2005: Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management. *Ecol. Lett.* **8**, 857-874.
- TÜXEN, R., 1962: Gedanken zur Zerstörung der mitteleuropäischen Ackerbiozoenosen. *Mitt. Flor.-Soziol. Arb.gem. N.F.* **9**, 69-91.
- WAGENITZ, G. und G. MEYER, 1981: Die Unkrautflora der Kalkäcker bei Göttingen und im Meißnervorland und ihre Veränderungen. *Tuexenia* **4**, 25-37.
- WAHL, J., R. DRÖSCHMEISTER, T. LANGGEMACH und C. SUDFELDT: Vögel in Deutschland – 2011. Münster, Eigenverlag des Dachverbandes Deutscher Avifaunisten e.V., 76 S.
- WALDHARDT, R., A. OTTE, D. SIMMERING und O. GINZLER, 2011: Biogas gegen Biodiversität? *DLG-Mitteilungen* **3**, 20–23.
- WESCHE, K., B. KRAUSE, H. CULMSEE und C. LEUSCHNER, 2012: Fifty years of change in Central European grassland vegetation: Large losses in species richness and animal-pollinated plants. *Biol. Cons.* **150**, 76-85.
- WILSON, J.D., A.J. MORRIS, B.E. ARROYO, S.C. CLARK und R.B. BRADBURY, 1999: A review of the abundance and diversity of invertebrate and plant foods of granivorous birds in northern Europe in relation to agricultural change. *Agr. Ecosyst. Environ.* **75**, 13–30.
- WILSON, P.J. und N.J. AEBISCHER, 1995: The distribution of dicotyledonous arable weeds in relation to distance from the field edge. *J. Appl. Ecol.* **32**, 295–310.
- XYLANDER, W., 1987: Veränderungen der Unkrautflora der Getreidebestände des Orlatales im Zeitraum 1967-1985/85. *Hercynia N.F.* **24**, 389-394.