

Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus
zur Biogaserzeugung auf
Landschaftsstruktur und Avifauna

Von der Fakultät für Architektur und Landschaft
der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
zur Erlangung des Grades
Doktorin der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.)

genehmigte Dissertation

von

Dipl.-Ing. Hilke Rühmkorf

geboren am 23.10.1980 in Hildesheim

2011

Referent: Prof. Dr. Michael Reich

Korreferent: Prof. Dr. Michael Rode

Tag der Promotion: 06.12.2011

Inhaltsverzeichnis

	Seite
<i>Vorwort</i>	V
<i>Zusammenfassung</i>	VII
<i>Abstract</i>	XIII
<i>Kapitel 1</i> Einleitung	1
<i>Kapitel 2</i> Auswahl und Beschreibung der Untersuchungsgebiete im Forschungsvorhaben Sunreg III	11
<i>Kapitel 3</i> Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf die Landschaftsstruktur	13
<i>Kapitel 4</i> Nutzung der Agrarlandschaft durch die Vogelwelt im Winter unter besonderer Berücksichtigung des Maisanbaus	15
<i>Kapitel 5</i> Einfluss des Energiepflanzenanbaus auf rastende und überwinternde Vögel in der Börde	17
<i>Kapitel 6</i> Die Bedeutung von Biogasanlagen als Lebensraum für Vögel	19
<i>Kapitel 7</i> Zusammenfassende Ergebnisdarstellung	21
<i>Kapitel 8</i> Zusammenfassende Diskussion	25
<i>Quellenverzeichnis</i>	37
<i>Eigenständigkeitserklärung</i>	
<i>Nachweis des individuellen Beitrags der Autorin</i>	

Vorwort

Diese Dissertation ist während meiner Tätigkeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Umweltplanung der Leibniz Universität Hannover im Rahmen des Forschungsvorhabens „Auswirkungen des großflächigen Anbaus von Energiepflanzen auf die Tierwelt der Agrarlandschaft (SUNREG III)“ entstanden.

Bei meinem Betreuer Prof. Dr. Michael Reich möchte ich mich zum einen für die wertvollen fachlichen und praktischen Anregungen für die Fertigstellung der Arbeit bedanken und zum anderen für die Möglichkeit, die Inhalte des Forschungsvorhabens im Rahmen dieser Dissertation verwenden zu dürfen. Bei Prof. Dr. Rüdiger Prasse bedanke ich mich für die umfangreichen Diskussionen zur Methodenentwicklung und bei Prof. Dr. Michael Rode für die spontane Übernahme des Zweitgutachtens.

Ein besonderer Dank gilt meinen Arbeitskolleginnen und Arbeitskollegen von der „Kaffeerunde“ für die guten fachlichen oder einfach nur lustigen Diskussionen.

Besonders hervorheben möchte ich meine Mitstreiter aus dem Forschungsvorhaben SUNREG III Stefan Rüter und Sarah Matthies für die gute Zusammenarbeit, klasse Diskussionen und netten Stunden während der Feldarbeit. Ebenso gilt Kornelius Rohmeyer vom Institut für Biostatistik dank für die sehr umfangreichen und guten Diskussionen zur Auswertung der Vogeldaten sowie für die Hilfe bei der statistischen Umsetzung. Ohne Euch wäre ich sicher nicht so gut vorangekommen.

Des Weiteren danke ich meinen studentischen und wissenschaftlichen Hilfskräften Marcel Hollenbach, Andre Poldrack, Katharina Herbst, Frauke Lehrke und Maren Hüttemann für die Mithilfe bei der Feldarbeit zur Erfassung der Habitatstrukturparameter sowie der Aufbereitung der Daten, wodurch sie wertvolle Vorarbeit geleistet haben.

Dank gilt auch den Landwirten und Betreibern der Biogasanlagen für die nette und unkomplizierte Zusammenarbeit. Ein besonderer Dank gilt Christopher Hapke für die stets schnelle Beantwortung von Fragen zur landwirtschaftlichen Praxis und dem Biogasanlagenbetrieb.

Martin Altemüller und Maria Beiring möchte ich für die vielen kritischen Denkanstöße, das stets offene Ohr und die vielen guten Gespräche danken. Jakob Nein, Corinna Feldmeier und Karen Kappertz danke ich für die jahrelange Unterstützung, der Hilfe bei der Feldarbeit, den textlichen Korrekturvorschlägen als auch für die vielen aufmunternden Gespräche.

Julius Repper danke ich ebenfalls für die textlichen Korrekturvorschläge.

Meiner Familie möchte ich für die stete Unterstützung meiner Arbeit danken.

Abschließend gilt Roland Schröder dank für die viele Geduld in der oftmals nicht einfachen Zeit und für die vielen aufmunternden Worte und Gesten.

Zusammenfassung

Schlagworte: Agrarlandschaft, Landschaftsstruktur, Feldvögel, Winter, Energiepflanzen, Biogasanlage

Die Nutzung erneuerbarer Energieträger wird aus klima- und energiepolitischen Gründen intensiv gefördert, wodurch sich die Rahmenbedingungen für die landwirtschaftliche Flächennutzung in Deutschland innerhalb der letzten Jahre erheblich verändert haben. Durch das Inkrafttreten des Erneuerbare-Energien-Gesetzes und dessen Novellierungen (2004, 2009) wandelte sich die Biogasproduktion von einer Marktnische zu einem wichtigen agrarischen und technologischen Wirtschaftsfaktor. Als Folge hat sich der bundesweite Bestand an Biogasanlagen seit dem Jahr 2000 verfünffacht und umfasste bis Ende 2009 4671 Anlagen, wodurch auch die Anbaufläche der Energiepflanzen rasant zunahm. Die bisherige und zukünftig zu erwartende Expansion des Energiepflanzenanbaus hat dabei deutliche Effekte auf die Lebensgemeinschaften, die auf den Anbauflächen bzw. in der Landschaft vorkommen. So werden seitens des Naturschutzes negative Auswirkungen auf die Artendiversität der Agrarlandschaft aufgrund von Änderungen in den Kulturartenspektren und deren Flächenanteilen, den Bewirtschaftungsterminen sowie dem Zeitraum und dem Grad der Bodenbedeckung über den Jahresverlauf befürchtet. Die Avifauna rückt hierbei besonders in den Fokus, da die Vögel der Agrarlandschaft schon in den vergangenen Jahrzehnten drastische Bestandseinbrüche zu verzeichnen hatten. Bisherige Untersuchungen beschränkten sich auf die Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf bodenbrütende Vogelarten der Äcker während die Wintermonate mit ihren extremen Witterungsbedingungen und Nahrungsengpässen bisher kaum berücksichtigt wurden.

Vor diesem Hintergrund war es das Ziel dieser Arbeit, die durch den Energiepflanzenanbau zur Biogaserzeugung verursachten Änderungen der Landschaftsstruktur am Beispiel von intensiv ackerbaulich genutzten Landschaftsausschnitten über den Jahresverlauf zu erfassen. Aufbauend auf den so gewonnenen Kenngrößen und Strukturparametern sollte untersucht werden, wie sich der Energiepflanzenanbau in den Wintermonaten auf rastende und überwinterte Vögel auswirkt. Der Energiepflanzenanbau verändert die Agrarlandschaft aber nicht nur durch den Anbau der Energiepflanzenkulturen, sondern auch durch den Bau der Biogasanlagen außerhalb geschlossener Ortschaften. Ein weiteres Ziel war es deshalb, die Habitatfunktion von Biogasanlagen für die Avifauna der Agrarlandschaft sowohl während der Brutphase, als auch in den Wintermonaten, zu untersuchen.

Die Veränderungen der Landschaftsstruktur durch den Energiepflanzenanbau wurden am Beispiel von Landschaftsausschnitten mit einem hohen Anteil an Energiepflanzenkulturen im Vergleich zu Gebieten mit konventioneller Bewirtschaftung in den Naturräumen „Börde“ und „Lüneburger Heide“ in Niedersachsen in den Jahren 2008 bis 2010 erfasst. Als Strukturparameter wurden die angebauten Kulturarten und deren Flächenanteile, die Vegetationshöhen, Ernte- und Aussaatzeitpunkte, Fruchtfolgen, Flächengrößen der angebauten Kulturen, sowie die Ackerflächenbewirtschaftung zwischen Ernte und Neueinsaat der Folgekultur erfasst.

Grünlandumbruch oder die Inanspruchnahme bzw. Intensivierung bisher extensiv genutzter Flächen waren nicht Gegenstand der Untersuchung.

Bei den angebauten Energiepflanzen handelte es sich hauptsächlich um Mais, sowie vereinzelt um Grünroggen und Sonnenblume. Der Flächenumfang des Energiemaisanbaus war in der Heide deutlich höher (bis 40 %) als in der Börde (bis 20 %) und nahm über die Untersuchungsjahre zu. In der Börde führte der Energiepflanzenanbau zu einer Erhöhung des Kulturartenangebotes von zwei auf drei Hauptkulturen sowie zu ausgeglicheneren Flächenanteilen der durch Winterweizen dominierten Kulturen. In der Heide bestand insgesamt eine höhere Kulturartendiversität und der Energiepflanzenanbau führte tendenziell zu einem Rückgang der Hauptkulturen. Auf Ebene des Einzelschlages konnten insbesondere in der Heide zunehmend maisbetonte Fruchtfolgen nachgewiesen werden. Zwischen den konventionellen Kulturen und Feldern mit Energiepflanzen gab es keine Unterschiede in den Größen der Ackerschläge. Die Energiepflanzenkulturen waren aber deutlich hochwüchsiger und veränderten das Landschaftsbild sowohl im Frühjahr (Grünroggen bis 160 cm) als auch im Sommer (Mais bis 320 cm). In der Börde wurden die von Getreide dominierten Erntespitzen im Sommer durch den Energiemaisanbau entzerrt. In den Herbst- und Wintermonaten führte der Energiepflanzenanbau zu einer höheren Vielfalt an Bearbeitungszuständen auf den Äckern. So nahm im Herbst die Vielfalt an Stoppelackertypen zu, die aufgrund der späten Ernte länger in der Landschaft verblieben als z.B. Getreidestoppeln. Diese waren aber mit Beginn des Winters durch Grubbern oder Pflügen genauso umgebrochen wie in den Referenzgebieten ohne Energiepflanzenanbau. Die Untersuchungsergebnisse machen deutlich, dass die Auswirkungen des zunehmenden Energiepflanzenanbaus auf die Landschaftsstruktur in starkem Maße von der Ausgangssituation der jeweiligen Agrarlandschaft und dem Umfang des Energiepflanzenanbaus abhängen.

Die Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf rastende und überwinternde Vögel in den Wintermonaten wurden anhand der Ackerflächenwahl in Abhängigkeit von angebauten Feldfrüchten und daraus resultierenden Bearbeitungszuständen untersucht. Die Erhebungen wurden im Umkreis einer Biogasanlage in der Hildesheimer Börde in den Wintern 2008/09 und 2009/10 von November bis März an 61 Kartiertagen auf insgesamt 76 Äckern mit einer Gesamtflächengröße von 537 ha durchgeführt. Der Wintergetreideanbau dominierte mit einem Flächenanteil von 58 % die Untersuchungsäcker, gefolgt von nicht wendend bearbeiteten Flächen (26 %) und gepflügten Äckern (10 %). Stoppeläcker standen den Vögeln nur in Form von abgeerntetem Mais zur Verfügung. Durch den sehr hohen Anteil konservierender Bodenbearbeitung (64 %) blieben Erntereste aller angebauten Kulturen über die Wintermonate für die Vögel verfügbar. Insgesamt wurden 37 Vogelarten auf den Äckern nachgewiesen. Es gab artübergreifend eine stärkere Nutzung unbestellter und nicht

gepflügter Äcker, während Wintergetreide und gepflügte Äcker seltener aufgesucht wurden. Diese Unterschiede waren aber statistisch nicht signifikant. Eine Zunahme unbestellter Flächen in der Landschaft konnte auf den Energiemaisanbau zurückgeführt werden. Entscheidend für die Antreffwahrscheinlichkeit von Vögeln war das Vorhandensein von Ernteresten der Vorkultur. Das Spektrum an Ernteresten nahm durch den Energiepflanzenanbau zu. Flächen mit gehäckselter Zwischenfrucht sowie den Ernteresten von Mais wurden signifikant gegenüber den Ernteresten der konventionellen Kulturen Getreide und Zuckerrübe bevorzugt. Auf Flächen mit Ernteresten der Energiepflanzenkultur Mais wurden insgesamt 21 Vogelarten nachgewiesen. Bei den Individuenzahlen dominierte die Rabenkrähe, gefolgt von Feldlerche und Kiebitz. Der Einfluss des Energiemaisbaus auf rastende und überwinternde Vögel im untersuchten Landschaftsausschnitt ist aufgrund des geringen Anteils von unter 20 % der Ackerfläche bisher noch als gering einzustufen und im Wesentlichen abhängig vom Umfang auftretender Erntereste. Der Bodenbearbeitung nach der Ernte kommt demnach eine zentrale Bedeutung zu.

In der winterlichen Agrarlandschaft kam neben den Ackerflächen insbesondere den Biogasanlagen eine hohe Bedeutung als Nahrungshabitat für die Avifauna zu. Die Habitatfunktion des Betriebsgeländes von Biogasanlagen wurde sowohl durch eine Erhebung der Brutvögel mittels Revierkartierung im Frühjahr 2010 sowie einer Erfassung der Nahrungsgäste im Winter 2009/10 an drei Biogasanlagen in der Börde sowie einer weiteren Anlage in der Heide untersucht. Zur Brutzeit wurde das Betriebsgelände der Biogasanlagen trotz der Lage inmitten der Agrarlandschaft nur von acht, überwiegend gehölbewohnenden Arten aufgesucht. Bei der Nistplatzwahl kam den Gehölzanpflanzungen um das Betriebsgelände die höchste Bedeutung zu, während andere Strukturen wie die Gebäude oder Säume nur vereinzelt genutzt wurden. Dagegen stellten die Silagelager der Biogasanlagen in den Wintermonaten einen Anziehungspunkt für die Avifauna dar. Es konnten insgesamt 29 Vogelarten, überwiegend bei der Nahrungsaufnahme, beobachtet werden. Dabei stand den Vögeln maisdominiertes Substrat mit wechselnden Anteilen von GPS-Roggen, Hirse, Sonnenblume und Zuckerrübe zur Verfügung. Hinsichtlich der Anzahl der beobachteten Vogelarten gab es zwischen den Biogasanlagen fast keine Unterschiede, aber das Artinventar differierte leicht. Für die Vogelarten der Roten Liste spielen die Biogasanlagen aber nur eine geringe Rolle. Während der Brutzeit nutzten lediglich Rebhuhn und Feldsperling die Säume bzw. Gebäude zur Brut. In den Wintermonaten suchten fünf gefährdete Arten die Biogasanlagen auf, abgesehen vom Feldsperling jedoch nur in geringen Individuenzahlen und Stetigkeiten.

Insgesamt zeigte sich, dass Energiepflanzen zu einer Erhöhung der Strukturvielfalt in der Agrarlandschaft beitragen können, wenn sie nicht schon vor dem Bau der Biogasanlage in größerem Umfang in konventioneller Nutzung in der Landschaft

angebaut wurden. Das vielfältige Spektrum an möglichen Energiepflanzenkulturen wird bisher jedoch nicht ausgeschöpft. In den Wintermonaten profitieren von den neu hinzugekommenen Ernteresten des Mais überwiegend die Generalisten unter den Vögeln, wie Rabenkrähe oder Ringeltaube. Eine Ausnahme bildet der Kranich, der vermutlich erst durch den Energiepflanzenanbau in der Börde rasten. Die Silagemieten der Biogasanlagen können die Ernährungssituation der Avifauna insbesondere bei geschlossener Schneebedeckung verbessern. Aufgrund ihrer Fluchtstrategie und Nahrungspräferenzen nutzten die im Rückgang begriffenen Vogelarten der Agrarlandschaft diese Nahrungsquelle jedoch kaum. Die Habitatfunktion und Nahrungsverfügbarkeit für diese Arten hängt deshalb hauptsächlich von der Flächenbewirtschaftung der Äcker (z.B. Bodenbearbeitung, Pflanzenschutz) nach der Ernte ab. In Zukunft kann in den betrachteten Landschaftsausschnitten von einer weiteren Zunahme der Anbaufläche für Energiepflanzen vornehmlich mit Mais ausgegangen werden, da Erweiterungen der Biogasanlagen geplant sind. Aufgrund der bisher geringen Flächenanteile wird eine Zunahme des Maisanbaus in der Börde auch zukünftig die Fruchtfolgen eher auflockern und zu ausgeglicheneren Verhältnissen der angebauten Kulturen führen, während in der Heide die Strukturvielfalt durch zunehmenden Maisanbau deutlich eingeschränkt wird.

Bei der vorliegenden Doktorarbeit handelt es sich um eine kumulative Dissertation, die im Rahmen des Forschungsprojekts „Auswirkungen des großflächigen Anbaus von Energiepflanzen auf die Tierwelt der Agrarlandschaft (SUNREG III)“ (gefördert durch Mittel des Landes Niedersachsen) durchgeführt wurde. Die Arbeit setzt sich aus insgesamt fünf Veröffentlichungen zusammen.

Abstract

Keywords: Agricultural landscape, landscape structure, farmland birds, winter, energy crops, biogas plant

In its effort to implement new climate and energy policies, Germany has been heavily promoting the adoption of renewable energies. This has brought about a dramatic change in the use of arable land during the last years. Since the enactment of the Renewable Energy Sources Act and its two amendments in 2004 and 2009, biogas production, which had only held a small share of the market a few years ago, has become a key agrarian and technological factor in the country's economy. As a result, the nation-wide number of biogas plants has increased fivefold since the year 2000, reaching a total of 4671 units in 2009. At the same time cultivation areas for energy crops have also experienced a significant expansion. This new scenario in the agriculture sector as well as expected future trends are already weighing strongly on the habits of all the animal species presently living in the vicinity of energy crops and neighbouring rural regions. Environmental groups fear that these altered cultivation fields and patterns, which trigger changes in the type, intensity, period of cultivation and amount of land used in the course of the year, would negatively influence the lives of the existing species diversity. Especially the farmland birds, which in the past decades have been witnessing a constant deterioration of their habitat appear to be most directly affected by this development. Up to now research had been largely focused on the impacts of energy cropping on ground-breeding farmland birds, thus neglecting wintertime conditions, when the survival of many bird species is at stake due to the harsh weather and the lack of sufficient food sources.

So, in light of the aforementioned premises the primary objective of this study was therefore to assess the effect of energy cropping on existing landscape structures in intensively cultivated regions in the course of the year. According to the available structural parameters an investigation was conducted to ascertain the fallout of energy plant cultivation on both migratory and overwintering birds. The period covered entailed the winter months. Both the advent of the energy crops as well as the associated biogas facilities that sprang up outside built-in areas seem to have reshaped the existing agriculture landscape. Hence, an additional aim of this study was to identify birds that use biogas plants for breeding or as a feeding habitat in winter.

In order to conduct an analysis of the energy-induced landscape transformation a pair of sites, one with energy cropping and the other without were selected in the regions "Heide" and "Börde". Both regions are situated in Lower Saxony and the relevant data was gleaned between 2008 and 2010. The parameters analyzed during these years included land use, crop and field types, sowing and harvesting time, vegetation height as well as the intervals between harvest and sowing. Ploughing of grassland and the intensive usage of formerly extensively used areas or set-aside were not targeted in this research work.

Most of the energy-oriented crops were made of by maize fields; to a lesser extent green-rye and sunflower fields were also present. Whereas at the "Börde" energy crops

took up no more than 20 % of the total tilling area, in the “Heide” this type of agriculture covered as much as 40 % of the total disposable farming land. As a matter of fact even during the two investigation years energy crops expansion was ongoing at the “Heide”. For the “Börde” energy farming at other sites helped pave the way for an expansion from two main crop types to three, thus providing a better balanced land use regime, instead of the usual domination of winter wheat. However, at the “Heide”, where agriculture diversity had been higher in the past, the proliferation of energy-based crops seems to be drifting toward a reduction of the main farming cultures. On a single field level maize stressed crop rotations could be detected particularly in the “Heide”. Energy crops did not differ in field size from conventional crops. Now, since energy crops grew considerably higher than their conventional counterparts - green rye up to 160 cm in early spring, maize up to 320 cm in summer - the general landscape has undergone a remarkable change. In the “Börde” the wheat dominated peak of harvest in summer was flattened by the harvest of maize in autumn. During the fall and the winter months it could be observed that energy cropping led to a higher diversity of cultivated field types, although at the beginning of the winter season stubble areas, be it conventional or energy-oriented crops, had all but vanished, largely owing to ploughing and grubbing activities. The major outcomes of this study show that the impact of energy cropping depends to a high degree both on the regional conventional farming practices as well as on the volume of energy-based farming.

The analysis of the impact of energy crops cultivation on migratory and overwintering birds was based on their site preferences as well as on the plant cultivation type and the availability of crop leftovers. Data was compiled in the surroundings of a biogas plant located in the “Börde”, where winter bird communities in 76 selected arable fields with a total area of 537 ha were recorded on 61 days. The months surveyed were November through March, first from 2008 to 2009, and then again from 2009 to 2010. The targeted fields were dominated by winter wheat (58 %), followed by grubbed (26 %) and ploughed (10 %) fields. Stubble fields as a source of bird nourishment solely occurred on former maize fields, but due to the extremely high amount of sustainable tilling (64 %) the birds had plenty of different crop remnants at their disposal for winter feeding.

A total of 37 bird species was recorded. Although winter wheat was the prevailing crop type, birds would preferably still seek nourishment in uncultivated and unploughed fields. But for the sake of statistics these differences were not relevant. The rise in the number of uncultivated fields in winter could be attributed to energy crops. Crucial to record birds were harvest leftovers. The diversity of leftovers increased as energy crops became more prevalent. In this context chopped intertillage as well as fields with harvest leftovers of maize were preferred significantly to leftovers of the main crops winter wheat or sugar beet. On fields featuring maize harvest leftovers 21 of 37 species

were found, the carrion crow being the most common one, followed by the skylark and the lapwing. But by and large the impact of energy crops on migratory and wintering birds in the examined landscape was still relatively low, as maize was merely cultivated on 20 % of the study fields. The influence of maize relies to a great extent on the availability of any harvest leftovers. Therefore the cultivation after harvest is of great importance.

In addition to their regular feeding fields biogas plants were deemed to constitute another reliable source of nourishment for many birds, especially during the winter season. One of the goals of this paper was to identify birds that use biogas facilities as a feeding or breeding habitat. For this reason three biogas sites in the “Börde” and one in the “Heide” were selected as study areas, where birds were mapped in regular intervals during the winter of 2009/2010 and in the spring and early summer of 2010. Despite being suitably located right in the heart of agricultural areas, biogas premises were only used by a few bird species for breeding. Hedges turned out to be their main breeding habitats on the biogas plants, while other facilities such as buildings or margins were used only occasionally. But in the winter months the main center of attraction for the birds shifted to the stacks, where a total of 29 bird species were spotted, mostly occupied with feeding themselves. In terms of stored energy crops, most of them were made up by maize, with selected amounts of rye, sorghum, sunflower and sugar beet. Among the biogas plants there was almost no difference in the species observed, only their quantity appeared to vary slightly. Endangered farmland birds did not regard biogas plants as an essential factor in their daily nourishment requirements. Five different endangered species sought shelter in the biogas plants, but with the exception of tree sparrows, which were frequently seen in high numbers, no other species were worth mentioning. During the breeding season only the grey partridge and the tree sparrow used the facilities for breeding.

In conclusion, it can be asserted that energy crops can definitely contribute to the expansion of structural diversity in the agricultural landscape provided those energy crops were not cultivated on a large scale prior to the advent of the biogas facilities. Hence, there is still room for further energy crop diversification as its potential has not yet been exhausted. During the winter months mostly common species such as the carrion crow or the wood pigeon consider the maize fields as a viable source of nutrition. Cranes are seen as newcomers, as they probably started resting in the “Börde” precisely due to the advent of energy maize cultivation. And more availability of nourishment when the ground is covered by snow is another benefit the avifauna reaps from biogas plants. However, for endangered farmland birds this type of nutrition is a rarely used source, as it runs counter to their escape strategies and food preferences. For these species the habitat function and the food availability depends especially on how the land is managed, (e.g. cultivation, plant protection) after the harvest.

Looking forward it can be assumed that the expansion of energy crops, predominantly maize, will continue in the observed landscapes, as more biogas plants come on line. In the “Börde”, where until now cropped maize has not made any significant inroads, crop rotation seems set to enjoy more flexibility and thus lead to a more balanced area of cultivated crops. In the “Heide” structural variety will no doubt be reduced as a result of the increasing energy crop cultivation.

This doctoral dissertation is a cumulative treatise which was written within the framework of the research project “Impacts of large-scale cultivation of energy crops on wildlife in the agricultural landscape (SUNREG III)” (promoted by funds of the state Lower Saxony). All together this dissertation consists of five publications.

Kapitel 1
Einleitung

In der Bundesrepublik Deutschland nutzt die Landwirtschaft mehr als die Hälfte der Landesfläche (DESTATIS 2011). Von den ca. 17 Mio. ha landwirtschaftlich genutzter Fläche werden rund 70 % ackerbaulich und ca. 30 % als Grünland oder Dauerkultur (z.B. Wein) genutzt (DBV 2007). Die rasante Modernisierung der Landwirtschaft führte seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts zu einer intensiveren landwirtschaftlichen Flächennutzung sowohl in Deutschland als auch vielen Regionen Europas (STOATE et al. 2001). Mit der Zunahme der Mechanisierung landwirtschaftlicher Arbeitsprozesse, insbesondere durch die Einführung von Traktoren seit den 1950er Jahren (vgl. BUCHHOLZ & GRIMM 1994; VOIGTLÄNDER et al. 2001), wurden die einzelnen Bewirtschaftungseinheiten dieser Entwicklung allmählich angepasst. So nahm durch Flächenzusammenlegungen die Größe der Ackerschläge zu (BUCHHOLZ & GRIMM 1994; BAESSLER & KLOTZ 2006) und strukturbildende Elemente der Agrarlandschaft wie z.B. Feldraine, Hecken, Feldgehölze, Kleingewässer und Gräben fielen in großem Umfang weg (BAESSLER & KLOTZ 2006). Im Zuge dieses Strukturwandels wurde auch das Wegenetz in der Agrarlandschaft ausgedünnt und oftmals befestigt (VOIGTLÄNDER et al. 2001). Die standörtliche Vielfalt wurde z. B. durch Veränderungen der Bodenfeuchte aufgrund von umfangreichen Entwässerungsmaßnahmen auf Ackerflächen und Grünländern eingeschränkt (ebd.). Durch die Einführung anorganischer Düngemittel und chemischer Pflanzenschutzmittel reduzierten sich auf Ebene des Ackerschlag die Fruchtfolgen (BUCHHOLZ & GRIMM 1994; ROBINSON & SUTHERLAND 2002), da der Erhalt der Bodenfruchtbarkeit und Pflanzengesundheit nun nicht mehr an die Einhaltung vielfältiger Fruchtfolgen und regelmäßiger Stilllegungsphasen gebunden war. Die Flächenanteile einzelner Ackerkulturen veränderten sich und resultierten in einer Reduzierung der Kulturartenvielfalt bis hin zu großflächigem monokulturellem Anbau (BUCHHOLZ & GRIMM 1994; VOIGTLÄNDER et al. 2001).

Diese Veränderungen in der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung gingen mit einer Reduzierung der Lebensraumdiversität für die Tiere und Pflanzen der Agrarlandschaft sowohl durch den Verlustes als auch durch die Fragmentierung von Lebensräumen einher (vgl. TIVY 1993; STOATE et al. 2001). Neben der Reduktion an Lebensraumdiversität führte die intensivere Nutzung weiterhin auch zu einer Abnahme der Lebensraumqualität z.B. durch Grundwasserabsenkungen, -verschmutzungen oder Bodenverdichtungen (ebd.). Dieser Strukturwandel der Landwirtschaft führte innerhalb der letzten Jahrzehnte zu starken Rückgängen der Biodiversität in den Agrarlebensräumen (KREBS et al. 1999; CHAMBERLAIN et al. 2000a; DONALD et al. 2001b; ROBINSON & SUTHERLAND 2002; BURFIELD & BOMMEL 2004; PERRINGS et al. 2006; BAUER et al. 2007). So wurden unter anderem Einbrüche in den Arten- und den Bestandszahlen sowohl für Ackerwildkräuter und Insekten (DONALD 1998; SOTHERTON & SELF 2000; ROBINSON & SUTHERLAND 2002), Kleinsäuger (DE LA PEÑA et al. 2003) als auch für die Vögel der Agrarlandschaft (BURFIELD & BOMMEL 2004; NABU 2004; BAUER

et al. 2007) beschrieben. Mittlerweile stellt die Landwirtschaft in Deutschland für wildlebende Tierarten die bedeutsamste Gefährdungsursache dar (GÜNTHER et al. 2005).

1.1 Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf die Landschaft

Durch die intensive Förderung erneuerbarer Energieträger in Deutschland haben sich innerhalb der letzten Jahre die Rahmenbedingungen landwirtschaftlicher Flächennutzung aus klima- und energiepolitischen Gründen zusätzlich verändert (FNR 2006; THRÄN et al. 2009). Diese Entwicklung konzentriert sich in der deutschen Landwirtschaft im Wesentlichen auf drei Energielinien – Biodiesel, Bioethanol und Biogas (DVL & NABU 2009), wobei die Biogaserzeugung den größten Flächenanteil einnimmt (DBV 2011).

Die Biogasproduktion wandelte sich seit dem Inkrafttreten des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (2000) von einer Marktnische zu einem wichtigen agrarischen und technologischen Wirtschaftsfaktor. Beschleunigt wurde diese Entwicklung durch die zweite Novellierung des EEG 2004, welches die Nutzung nachwachsender Rohstoffe (NawaRo) für die Landwirtschaft auch ökonomisch interessant gestaltete (FNR 2010c). Als Folge nahm die Zahl leistungsstarker Biogasanlagen rasant zu und viele Anlagen werden ausschließlich auf NawaRo-Basis betrieben (SCHÜMANN et al. 2010). Der bundesweite Bestand an Biogasanlagen hat sich seit dem Jahr 2000 knapp verfünffacht und umfasste bis Ende 2009 4671 Anlagen mit einer installierten elektrischen Gesamtleistung von 1724 MWel (vgl. Abb. 1). Mit der Novellierung des EEG 2009 wurden weitere Anreize für den Ausbau der Biogaskapazitäten insbesondere durch die Ausweitung der Boni für die Kraft-Wärme-Kopplung, den Einsatz innovativer Technologien sowie die Einführung des Bonus für die Verwendung von Gülle geschaffen (3N 2010), was zu einer weiteren starken Zunahme von Biogasanlagen führte und führt (FNR 2010c) (Abb. 1).

In der Praxis werden in 91 % der landwirtschaftlichen Biogasanlagen nachwachsende Rohstoffe eingesetzt (FNR 2010c). Mais ist derzeit die leistungsfähigste Kulturart für die Biogasproduktion und stellt fast 80 % des eingesetzten Substrates während andere Substrate wie Grassilage, Getreide-GPS, Getreidekorn und Zuckerrübe bisher nur geringere Anteile einnehmen (ebd.). Nachwachsende Rohstoffe wurden 2010 auf 18 % der deutschen Ackerfläche angebaut, wovon 30 % auf Energiepflanzen für die Biogasnutzung entfielen (FNR 2010a). Die Anbaufläche von Silomais in Deutschland ist von dem Jahr 2000 bis 2009 um insgesamt 42 % angewachsen (DMK 2011b), während die Anbaufläche für Körnermais einschließlich Corn-Cob-Mix in diesem Zeitraum lediglich um 13 % vergrößerte (DMK 2011a). Die Zunahme der Maisanbaufläche ist demnach im Wesentlichen auf den Energiepflanzenanbau zurückzuführen.

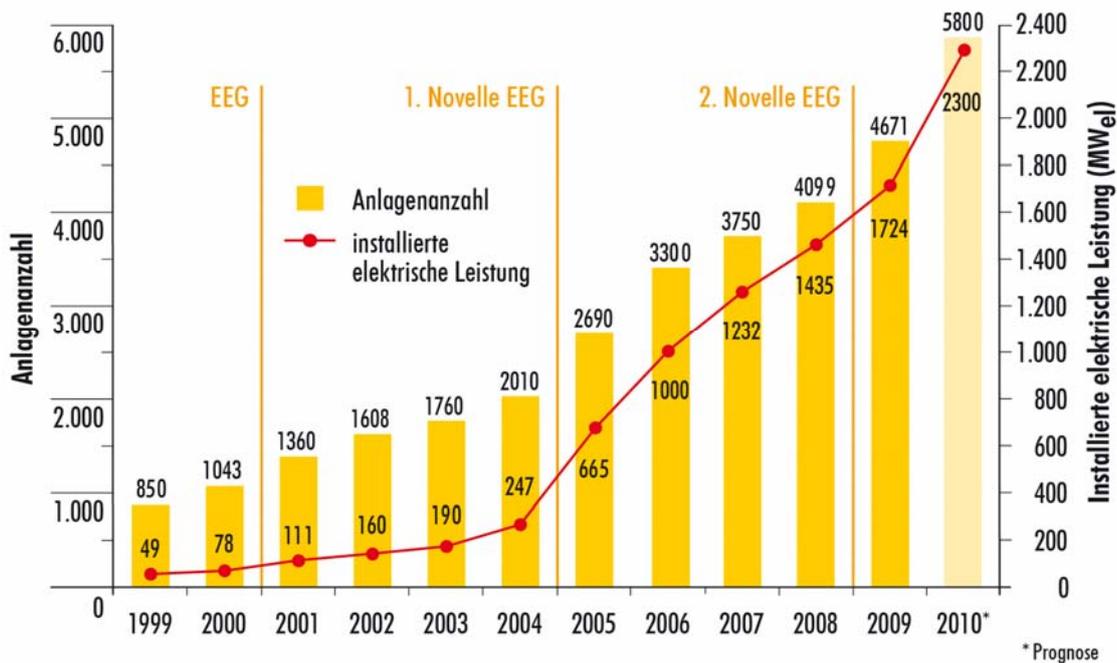


Abb. 1: Entwicklung der Biogasanlagenzahl und die daraus resultierende elektrische installierte Leistung in Deutschland (erstellt durch FNR (2010b) nach DBFZ (2010) und FACHVERBAND BIOGAS (2010))

Innerhalb Deutschlands gibt es regional große Unterschiede im Bestand an Biogasanlagen und dem Anbau von Energiepflanzen (vgl. FNR 2010c). Bei der Produktion von Biogas hat Niedersachsen in Deutschland und Europa eine Spitzenposition inne. Ca. 25 % des in Deutschland erzeugten Stroms aus Biogas kommen aus niedersächsischen Anlagen (3N 2010). Die deutliche Ausrichtung der niedersächsischen Landwirtschaft auf den Energiepflanzenanbau für die Biogaserzeugung spiegelt sich auch in der Fläche der angebauten Kulturen wider. In Niedersachsen lag der Anteil der Anbaufläche für Energiepflanzen im Jahr 2010 mit 12 % zwar deutlich unter dem Bundesdurchschnitt, der Anteil der Energiepflanzen für die Biogaserzeugung hatte hieran aber einen sehr hohen Anteil von 73 % (HÖHER 2010). Seit 2009 nimmt Mais die höchsten Flächenanteile aller angebauten Ackerfrüchte in Niedersachsen ein und hat damit den Winterweizen überholt, der bisher auf die Anbaufläche bezogen die bedeutendste Getreideart und Einzelkultur war (LKN 2010). Der Anteil des Energiemais ist 2010 in Niedersachsen auf einen Anteil von 33 % an der Gesamtmaisbaufläche gestiegen (ebd.). In Zukunft kann von einer weiteren Zunahme der Maisanbaufläche ausgegangen werden, da die Ausbauziele der Bundesregierung im Bereich der erneuerbaren Energien ambitioniert sind und die Zielvorgaben bis 2020 einen Anteil am Endenergieverbrauch von 20 % vorsehen (BMU 2009). Nach dem „Nationalen Biomasseaktionsplan“ nimmt die Bioenergie hierbei auch zukünftig eine wichtige Rolle ein, denn es wird bis 2020 theoretisch eine Verdoppelung des Bioenergieanteils für möglich gehalten (BMU & BMELV 2010).

Die bisherige und zukünftig zu erwartende Expansion der energetischen Biomassenutzung hat deutliche Effekte auf die Landnutzungssysteme (WIEHE & RODE 2007; RUSCHKOWSKI & WIEHE 2008). So tritt der Energiepflanzenanbau zur Biogaserzeugung durch den zunehmenden Flächenbedarf verstärkt mit der Nahrungs- und Futtermittelproduktion und der Erzeugung nachwachsender Rohstoffe für die stoffliche Nutzung in Wettbewerb um landwirtschaftliche Flächen (WBGU 2008). Eine intensivere Landnutzung gewinnt dadurch an Attraktivität und der Ackerbau wird gegenüber der Grünlandnutzung, unabhängig von der Produktlinie, immer wettbewerbsfähiger (DVL & NABU 2009). In den meisten Bundesländern Deutschlands konnten im Zeitraum 2003 bis 2009 Grünlandverluste nachgewiesen werden. In den Bundesländern Niedersachsen/Bremen, Schleswig-Holstein/Hamburg und Mecklenburg-Vorpommern hat der Grünlandverlust bereits einen Umfang von 5 % des Dauergrünlandanteils von 2003 überschritten (BfN 2009). Seit Einführung des EEG (2000) werden zunehmend die durch EU-Verordnung geschaffenen Stilllegungsflächen zum Anbau von Energiepflanzen wieder in Nutzung genommen, da die Stilllegungspflicht nur für den Anbau von Marktfrüchten galt (RAT DER EUROPÄISCHEN UNION 1992). Zum Wirtschaftsjahr 2008 beschloss die EU den Wegfall der Stilllegungsverpflichtung (RAT DER EUROPÄISCHEN UNION 2007), so dass bereits 2007 die Hälfte der Stilllegungsflächen in Deutschland wieder in Nutzung genommen wurde (DOG 2011).

Dieser Trend zur Intensivierung der landwirtschaftlichen Flächennutzung wirkt sich neben dem Wegfall naturschutzfachlich wertvoller Grünländer und Stilllegungsflächen (NABU 2008) auch auf die Anbaustruktur insbesondere der ackerbaulich genutzten Regionen in der Agrarlandschaft aus. Im Zuge der Umstellung landwirtschaftlicher Betriebe auf den Energiepflanzenanbau werden bisher konventionell genutzte Kulturen nun auch als Energiepflanzen angebaut wie z.B. Mais, Getreide oder Zuckerrübe (WIEHE et al. 2009; KARPENSTEIN-MACHAN & WEBER 2010). Neben den gängigen Ackerfrüchten etablieren sich auch neue Kulturen wie z.B. Zuckerhirse, Sonnenblume oder Durchwachsene Silvie für die energetischen Nutzung (LKN 2010). Der Anteil der als Energiepflanze genutzten Kulturen in der Landschaft bzw. an der Fruchtfolge ist regional sehr unterschiedlich und korreliert positiv mit der jeweils installierten Biogasleistung (LKN 2010). Der Anbau der Energiepflanzen konzentriert sich dabei überwiegend auf den nahen Umkreis der Biogasanlagen, um Transportwege und -kosten für das Substrat möglichst gering zu halten (BERNARDY & DZIEWIATY 2005; BUHR & KANNING 2008). Die regionale Anbaustruktur landwirtschaftlicher Betriebe sowie die Intensität und Zusammensetzung des Energiepflanzenanbaus bestimmen die Vielfalt und die Flächenanteile der angebauten Kulturen in der Landschaft. Während in den südniedersächsischen Ackerbauregionen ca. 90 % des angebauten Mais für die Biogasproduktion bestimmt sind, liegt der Anteil in den viehhaltenden Regionen

lediglich bei 2-20 % der Gesamtmaisbaufläche (3N 2010). Die einseitige Ausrichtung auf die Kulturpflanze Mais führt insbesondere in Regionen sowohl mit hoher Biogasanlagen- als auch Viehdichte zu einer Anbaukonzentration der Kultur, die in einigen Gemeinden über 50 % der Ackerfläche einnimmt (LKN 2010). Unterschiede zwischen dem Verfahren und der Intensität des Anbaus von Mais als Gärsubstrat für die Biogasanlage im Vergleich zum „konventionellen“ Silomaisanbau bestehen dabei zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht oder nur marginal (RUSCHKOWSKI & WIEHE 2008; WIEHE et al. 2010).

Die Veränderungen der Kulturartenspektren und deren Flächenanteile durch den Energiepflanzenanbau wirken sich auch auf die raum-zeitliche Dynamik der Landschaft aus. Die Energiepflanzen unterscheiden sich durch neue Anbauverfahren wie z.B. der Zweikulturnutzung (vgl. STÜLPNAGEL et al. 2006) und der Ausrichtung des Anbaus auf hohe Biomasseerträge bei einem hohen Anteil vergärbare Substanzen in ihrem Wuchsverhalten und der Wuchshöhe oftmals von konventionellen Kulturen (LKN 2010). Die Ernte der Energiepflanzen ist aufgrund der späteren Einlagerung der gehäckselten Pflanzen im Silagelager weniger vom Reifezustand der Kulturen abhängig und es werden geringere Anforderungen an die Witterungsbedingungen gestellt, als bei der Ernte konventioneller Kulturen (KTBL & ATB 2006). So findet eine Verschiebung der bisherigen Aussaat- und Erntetermine insbesondere bei dem Anbausystem der Zweikulturnutzung statt, in dem z.B. Mais nach Grünroggen kultiviert wird (LKN 2010). Diese Nutzungsform führt zu einem vorgezogenen Erntetermin des Grünroggens im Mai mit anschließender Bodenbearbeitung und Aussaat der Zweitkultur Mais. Der zunehmende Energiepflanzenanbau vornehmlich mit Mais kann je nach Spektrum der angebauten Ackerkulturen in der Landschaft auch zu einer Verschiebung im Verhältnis von Winterungen zu Sommerungen führen (KARPENSTEIN-MACHAN & WEBER 2010), was eine Veränderung der Bearbeitungszustände der Ackerflächen in den Wintermonaten zur Folge hat.

Der Energiepflanzenanbau wirkt sich demnach sowohl auf die angebauten Kulturen und deren Flächenanteile in der Landschaft als auch auf die Bestandsentwicklung und -struktur, die Bewirtschaftungstermine sowie den Zeitraum und den Grad der Bodenbedeckung über den Jahresverlauf aus. Diese Effekte sind in ihrer Intensität regional aber mehr oder minder verschieden ausgeprägt und wirken somit auch sehr unterschiedlich auf einzelne Raumstrukturparameter.

1.2 Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf die Vogelwelt

Durch den zunehmenden Energiepflanzenanbau werden seitens des Naturschutzes weitere negative Effekte auf die Artendiversität der Agrarlandschaft befürchtet (NABU 2009). Die Avifauna der Agrarlandschaft rückt hierbei besonders in den Fokus, da diese

Artengruppe schon in den vergangenen Jahrzehnten drastische Bestandseinbrüche zu verzeichnen hatte (vgl. FULLER et al. 1995; BURFIELD & BOMMEL 2004; SIRIWARDENA & STEVENS 2004), die parallel zur Intensivierung landwirtschaftlicher Flächenbewirtschaftung verliefen (vgl. O'CONNOR & SHRUBB 1986; KREBS et al. 1999; CHAMBERLAIN et al. 2000b; BENTON et al. 2002; ROBINSON & SUTHERLAND 2002; WRETENBERG 2006). Die aktuellen Entwicklungen in der deutschen Landwirtschaft durch den zunehmenden Energiepflanzenanbau, den Wegfall der obligatorischen Flächenstilllegung, sowie die intensivere Acker- und Grünlandnutzung lassen weitere Bestandsrückgänge der Agrarvögel vermuten.

Für eine Beurteilung der Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf die Lebensraumquantitäten und -qualitäten für wildlebende Tiere ist es von grundlegender Bedeutung, die aus dem Anbau resultierenden zeitlichen und räumlichen Veränderungen der Raumstruktur in betroffenen Landschaftsausschnitten zu identifizieren und zu quantifizieren. Konkrete Untersuchungen zum Einfluss des Energiepflanzenanbaus auf die Raumstrukturen im Jahresverlauf liegen bislang jedoch nicht vor. So basieren Untersuchungen zum Flächennutzungswandel durch Energiepflanzenanbau auf der Auswertung von Agrarstatistiken unterschiedlicher räumlicher Ebenen (Bundesländer, Landkreise, Gemeinden) (vgl. AGROPLAN 2006; KRUSKA & EMMERLING 2008; SCHÜTTE 2009; WIEHE et al. 2009; KARPENSTEIN-MACHAN & WEBER 2010). Da die Anbaufläche von Grünroggen und anderen Energiepflanzen bisher aber statistisch nicht erfasst wurde, berücksichtigen diese Untersuchungen lediglich die Anbaufläche des Mais (LSKN 2008; SCHÜTTE 2009). Weitere Untersuchungen wurden auf Ebene des Ackerschlages anhand von Befragungen landwirtschaftlicher Bioenergiebetriebe zu den angebauten Kulturen (konventionell, Energiepflanzen) und eingehaltener Fruchtfolgen durchgeführt (AGROPLAN 2006; KRUSKA & EMMERLING 2008; KARPENSTEIN-MACHAN & WEBER 2010). Untersuchungen zu den Folgen des Energiepflanzenanbaus auf die Vogelwelt der Agrarlandschaft konzentrieren sich bisher auf die Brutphase (vgl. BERNARDY & DZIEWIATY 2005; BERNARDY & DZIEWIATY 2007; HOFFMANN 2008; DZIEWIATY & BERNARDY 2010; TILLMANN & KRUG 2010; KRUG 2011; TILLMANN 2011).

Neben dem Zeitraum der Reproduktion sind für die Bestandsentwicklungen der Agrarvögel aber insbesondere auch die Wintermonate mit ihren ausgeprägten Nahrungsengpässen (FULLER et al. 1995; MOORCROFT et al. 2002; SIRIWARDENA & STEVENS 2004) von Bedeutung. Hervorgerufen werden diese Nahrungsengpässe durch extreme Witterungsbedingungen (z.B. gefrorener Boden, geschlossene Schneebedeckung), den Einsatz von Herbiziden und Insektiziden (DONALD 1998; SOTHERTON & SELF 2000; VICKERY et al. 2001; BENTON et al. 2002; NEWTON 2004) sowie immer effektivere Erntemaschinen (DONALD et al. 2001b; NEWTON 2004). Weiterhin hat der Wegfall körner- und wildkrautreicher Getreidestoppeläcker (NEWTON 2004) durch

den Wechsel von Sommer- auf Wintergetreide insbesondere die Nahrung körnerfressender Vogelarten in der Agrarlandschaft reduziert (BAUER & RANFTL 1996; WILSON et al. 1996; BUCKINGHAM et al. 1999; MOORCROFT et al. 2002). Der Energiepflanzenanbau verändert die winterliche Landschaft sowohl durch die Energiepflanzenkulturen selbst und die damit einhergehenden Bewirtschaftungsgänge, aber auch durch geänderte Fruchtfolgen, sowie Feldfruchtanteile. Aktuelle Untersuchungen zu der Nutzung der Agrarlandschaft durch die Avifauna in den Wintermonaten heben die besondere Bedeutung von Flächen des ökologischen Landbaus gegenüber konventionellem Ackerbau hervor (HÖTKER et al. 2004; BELLEBAUM 2008). Untersuchungen von DEGEN (2004; 2007) belegen die Bedeutung von Äckern mit Rapsanbau als Äsungsplätze von Gänsen und Schwänen im Winter. Zu den Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus bzw. Maisanbaus auf die Avifauna in den Wintermonaten liegen nur wenige vergleichende Studien aus Deutschland (GESEMANN & RÜTER 2007; HÖTKER et al. 2009; NEUMANN et al. 2009) und England (VICKERY et al. 2005) vor, andere Energiepflanzen zur Biogasgewinnung werden bislang nicht berücksichtigt. Die Veränderungen durch den Energiepflanzenanbau in Agrarlandschaften im Winter und deren Auswirkungen auf rastende und überwinternde Vögel können aufgrund der vielfältigen Energiepflanzenkulturen aber nicht nur auf den Maisanbau zurückgeführt werden. Die Auswirkungen müssen vielmehr differenzierter betrachtet werden, da sowohl die Einbindung der Energiepflanzen in die Fruchtfolgen als auch das Angebot und die Zusammensetzung an unterschiedlichen Äckern insgesamt einen Einfluss auf rastende und überwinternde Vögel haben können.

Mögliche Auswirkungen auf die Vogelwelt ergeben sich nicht nur durch den Anbau von Energiepflanzen, sondern auch durch die Errichtung der Biogasanlagen (vgl. Abb. 1). Viele dieser Anlagen wurden auf Ackerflächen außerhalb geschlossener Ortschaften errichtet. Die Ackerflächen werden durch den Bau der Anlage versiegelt, es werden aber auch neue Strukturen durch die baulichen Anlagen, den Betrieb der Biogasanlage sowie die Einbindung der Anlage in die Landschaft durch Anpflanzungen und Säume geschaffen. Ein Charakteristikum der Biogasanlagen stellen die Silagemieten dar, in denen unterschiedliche Substrate zur Erzeugung von Biogas eingelagert werden. Die Strukturen auf dem Betriebsgelände könnten den Vögeln in der Agrarlandschaft sowohl zur Brut als auch zur Überwinterung und Nahrungssuche dienen. Es gibt bisher jedoch keine Untersuchungen, die sich mit dieser Thematik auseinandergesetzt haben.

Aussagen zu den Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf die Vogelwelt der Agrarlandschaft müssen daher neben den raumstrukturellen Veränderungen in der Feldflur und geänderten Ackerflächenbewirtschaftungen auch die Biogasanlagenstandorte selbst umfassen. Auf dieser Grundlage ist es möglich eine übergreifende Bewertung aus Sicht des Naturschutzes vorzunehmen und Handlungsempfehlungen zu entwickeln.

1.3 Übergeordnete Fragestellungen der Arbeit

Aus den dargestellten Wissensdefiziten ergaben sich für die vorliegende Arbeit folgende übergeordnete Fragestellungen:

- a. Welche Veränderungen der Raumstruktur treten durch den zunehmenden Energiepflanzenanbau in intensiv ackerbaulich genutzten Gebieten auf?
- b. Welchen Einfluss hat der Energiepflanzenanbau auf rastende und überwinternde Vögel in Gebieten mit intensiver ackerbaulicher Nutzung?
- c. Welche Habitatfunktion haben Biogasanlagen für die Avifauna der Agrarlandschaft während der Brutperiode und im Winter?

1.4 Aufbau der Arbeit

Bei der vorliegenden Doktorarbeit handelt es sich um eine kumulative Dissertation, die sich aus fünf Veröffentlichungen zusammensetzt. Die einzelnen Artikel leisten unterschiedliche Beiträge zur Beantwortung der drei übergeordneten Fragestellungen.

Vorbereitend für die Untersuchung der **Fragestellung a** wird im Kapitel 2 „Auswahl und Beschreibung der Untersuchungsgebiete im Forschungsvorhaben SUNREG III“ die Vorgehensweise bei der Auswahl und Abgrenzung der Untersuchungsgebiete dargestellt. Von den insgesamt sieben Landschaftsausschnitten wurden im Rahmen dieser Dissertation vier Gebiete berücksichtigt. Die Bearbeitung der übergeordneten **Fragestellung a** wird in Kapitel 3 „Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf die Landschaftsstruktur“ durchgeführt. Anhand von Landschaftsausschnitten mit bzw. ohne Energiepflanzenanbau wird in den Naturräumen Börde und Lüneburger Heide dargestellt, wie und in welchem Umfang der Energiepflanzenanbau die Landschaftsstruktur über den Jahresverlauf verändert.

Die zwei Veröffentlichungen „Nutzung der Agrarlandschaft durch die Vogelwelt im Winter unter besonderer Berücksichtigung des Maisanbaus“ (Kapitel 4) und „Einfluss des Energiepflanzenanbaus auf rastende und überwinternde Vögel in der Börde“ (Kapitel 5) befassen sich mit der Bearbeitung der **Fragestellung b**. Der Fokus der Untersuchungen in Kapitel 4 lag auf der Erfassung der Vogelarten, die im Verlauf eines Winters ein intensiv ackerbaulich genutztes Gebiet zur Rast und Nahrungssuche aufsuchen sowie deren Ackerflächenwahl in Abhängigkeit vom Angebot an Flächen unterschiedlicher Bearbeitungszustände bzw. Erntereste der Vorkultur. Die Flächen mit Ernteresten von Energiemais wurden noch einmal gesondert hinsichtlich der Frequentierung durch Vögel und deren Artenspektrum betrachtet. Aufbauend auf der in Kapitel 4 angewandten Methode wurden die Untersuchungen rastender und überwinternder Vögel in einem weiteren Untersuchungswinter fortgesetzt (Kapitel 5). Ein Schwerpunkt dieser Untersuchung lag auf der Identifizierung der aus dem

Energiepflanzenanbau resultierenden Bearbeitungszustände sowie vogelverfügbaren Erntereste auf den Äckern und deren Frequentierung durch Vögel. Die Darstellung der Präferenzen der Vögel für bestimmte Bearbeitungszustände und Erntereste der Vorkultur erfolgte sowohl in der Zusammenfassung der beiden Untersuchungswinter als auch in deren Einzeldarstellung. Anhand der Unterschiede in der räumlich-zeitlichen Nutzung der Äcker im Verlauf der beiden Winter wurde der Einfluss der Witterung und des großräumigen Zugverhaltens auf die Ackerflächenwahl der Vögel herausgearbeitet.

Die **Fragestellung c** wurde in Kapitel 6 „Die Bedeutung von Biogasanlagen als Lebensraum für Vögel“ anhand ausgewählter Biogasanlagen im Naturraum der Börde in Niedersachsen während der Brutphase und in den Wintermonaten bearbeitet. Während zur Brutzeit insbesondere die Strukturen im Mittelpunkt stehen, die die Vögel zur Brut nutzen, werden in den Wintermonaten die Silagelager hinsichtlich ihrer Bedeutung als Nahrungsquelle für die Avifauna betrachtet.

In Kapitel 7 „Zusammenfassende Ergebnisdarstellung“ werden die Ergebnisse der einzelnen Veröffentlichungen im Hinblick auf die Beantwortung der übergeordneten Fragestellungen zusammenfassend dargestellt. Das Kapitel 8 „Zusammenfassende Diskussion“ greift die im vorangegangenen Kapitel dargestellten Ergebnisse noch einmal auf und diskutiert diese vertiefend. In einem Ausblick wird auf weiteren Forschungsbedarf hingewiesen.

Kapitel 2

Auswahl und Beschreibung der Untersuchungsgebiete im Forschungsvorhaben SUNREG III

Hilke Rühmkorf, Stefan Rüter, Sarah Matthies & Michael Reich

Umwelt und Raum (2011) 2, 225-244

Kapitel 3

Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf die Landschaftsstruktur

Hilke Rühmkorf, Sarah Matthies, Michael Reich & Stefan Rüter

Umwelt und Raum (2011) 2, 19-41

Kapitel 4

Nutzung der Agrarlandschaft durch die Vogelwelt im Winter unter besonderer Berücksichtigung des Maisanbaus

Hilke Rühmkorf & Michael Reich

Umwelt und Raum (2010) 1, 127-150

Kapitel 5

Einfluss des Energiepflanzenanbaus auf rastende und überwinternde Vögel in der Börde

Hilke Rühmkorf & Michael Reich

Umwelt und Raum (2011) 2, 91-129

Kapitel 6

Die Bedeutung von Biogasanlagen als Lebensraum für Vögel

Hilke Rühmkorf, Sarah Matthies & Michael Reich

Umwelt und Raum (2011) 2, 163-179

Kapitel 7

Zusammenfassende Ergebnisdarstellung

Die im Rahmen dieser Dissertation erzielten Ergebnisse werden anhand der in der Einleitung formulierten übergeordneten Fragestellungen nachfolgend zusammenfassend dargestellt.

a. Welche Veränderungen der Raumstruktur treten durch den zunehmenden Energiepflanzenanbau in intensiv ackerbaulich genutzten Gebieten auf?

In den niedersächsischen Naturräumen „Lüneburger Heide“ und „Börden“ konnten anhand des Vergleichs von Landschaftsausschnitten mit und ohne Energiepflanzenanbau deutliche Veränderungen der Raumstruktur aufgrund von Energiepflanzenanbau nachgewiesen werden. Die Ausprägung dieser Veränderungen war zwischen den untersuchten Landschaftsausschnitten in den beiden Naturräumen aber unterschiedlich. So führte der Energiepflanzenanbau in der Börde zu einer Diversifizierung des von Winterweizen und Zuckerrübe bestimmten Kulturartenangebotes und zu ausgeglicheneren Flächenanteilen der angebauten Kulturen. In der Heide bestand insgesamt eine höhere Diversität an angebauten Kulturen und durch den Energiepflanzenanbau wurden keine neuen Kulturen in die Landschaft integriert, der Maisanteil nahm aber deutlich zu. Das Spektrum der angebauten Energiepflanzenkulturen in den Untersuchungsgebieten der Börde und Heide war gering und wurde vom Maisanbau dominiert und in kleinen Flächenanteilen kam Grünroggen in Zweikulturnutzung mit Mais oder Sonnenblume vor. Die Äcker mit Energiepflanzenanbau konzentrierten sich in beiden Naturräumen überwiegend im nahen Umkreis der Biogasanlagen und wiesen dort deutlich höhere Flächenanteile als im sonstigen Durchschnitt der Landkreise auf, in denen die Untersuchungsgebiete liegen. Insgesamt war der Flächenumfang des Energiemaisanbaus in der Heide deutlich höher (bis 40 %) als in der Börde (bis 20 %). Über die Untersuchungsjahre konnte in der Heide eine deutliche Zunahme des Maisanbaus beobachtet werden. Durch den Energiepflanzenanbau konnte in den Landschaftsausschnitten beider Naturräume keine Zunahme der Ackerschlaggrößen nachgewiesen werden. So gab es weder zwischen Gebieten mit bzw. ohne Energiepflanzenanbau noch zwischen konventionellen bzw. Energiepflanzenkulturen deutliche Abweichungen in den Flächengrößen der Äcker. Die von Getreide dominierten Erntespitzen im Sommer wurden in beiden Naturräumen durch den Energiemaisanbau mit seiner späten Ernte im September entzerrt. Das Anbauverfahren der Zweikulturnutzung führte zu einem bisher nicht da gewesenen Erntetermin im Mai mit darauffolgender Bodenbearbeitung und Aussaat der Zweitkultur. Der Flächenumfang dieser Nutzungsform in den Untersuchungsgebieten war mit max. 1 % in der Börde und max. 8 % in der Heide gering. Im Gegensatz zu den konventionellen Kulturen wurde die Ernte der Energiepflanzen innerhalb von wenigen Tagen durchgeführt. Der Aufwuchs der

Energiepflanzenkulturen war deutlich höher als der, konventioneller Kulturen (Getreide, Zuckerrübe) und veränderte im Frühjahr (Grünroggen 160 cm) und Spätsommer (Mais 320 cm, Sonnenblume 205 cm) insbesondere in der Börde die Landschaftsstruktur. In den Herbst- und Wintermonaten führte der Energiepflanzenanbau aufgrund der Zunahme von Sommerungen insbesondere in der Börde zu einer höheren Vielfalt an Bearbeitungszuständen auf den Äckern. Im Herbst nahm durch den Energiepflanzenanbau die Vielfalt an Stoppelackertypen zu, die aufgrund der späten Ernte länger in der Landschaft verblieben als z.B. Getreidestoppeln. Die Fruchtfolgen wurden in dem Untersuchungsgebiet der Börde durch den Energiepflanzenanbau überwiegend aufgelockert. Auf Betriebsebene führte der Energiepflanzenanbau nicht immer zu einer Diversifizierung des Anbauspektrums, da auf Ebene des Einzelschlages zunehmend maisbetonte Fruchtfolgen insbesondere in der Heide nachgewiesen werden konnten.

b. Welchen Einfluss hat der Energiepflanzenanbau auf rastende und überwinternde Vögel in Gebieten mit intensiver ackerbaulicher Nutzung?

In dem ackerbaulich intensiv genutzten Naturraum der Börden in Niedersachsen wirkte sich der Energiepflanzenanbau auf die Rast- und Nahrungshabitate überwinternder Vögel durch eine Änderung des Angebotes an Äckern unterschiedlicher Bearbeitungszustände und Erntereste aus. Vögel konnten in den beiden Untersuchungswintern auf allen untersuchten Ackerflächen nachgewiesen werden, die einzelnen Bearbeitungszustände unterschieden sich aber hinsichtlich der nachgewiesenen Arten- und Individuenzahlen sowie der Frequentierung durch Vögel. Im Zuge des Energiepflanzenanbaus haben insbesondere die Anteile unbestellter Äcker in den Wintermonaten zugenommen. Maistoppeläcker sowie Flächen mit abgeernteten Zuckerrüben kamen ausschließlich in Fruchtfolgen mit Energiepflanzen vor. Die Vögel zeigten artübergreifend eine stärkere Nutzung der durch den Energiepflanzenanbau vermehrt vorkommenden, unbestellten und nicht gepflügten Äcker, während Wintergetreide und gepflügte Äcker seltener aufgesucht wurden. Eine signifikant höhere Anwesenheit von Vögeln auf Äckern bestimmter Bearbeitungszustände konnte jedoch nicht nachgewiesen werden. Entscheidend für die artübergreifende Antreffwahrscheinlichkeit von Vögeln war vielmehr das Vorhandensein von Ernteresten der Vorkultur an der Bodenoberfläche. Der hohe Anteil an Äckern mit pflugloser Bodenbearbeitung schaffte ein vielfältiges Angebot an vogelverfügbaren Ernteresten aller angebauten Kulturen für die vorkommende Avifauna in den Wintermonaten und das Spektrum vorkommender Erntereste wurde durch den Anbau der Energiepflanzenanbau erhöht. Die Flächen mit Ernteresten von Mais und gehäckselter Zwischenfrucht wurden gegenüber den Ernteresten der Hauptanbaukulturen Getreide

und Zuckerrübe signifikant bevorzugt. Auf Flächen mit Ernteresten der Energiepflanzenkultur Mais wurden 21 der insgesamt 37 beobachteten Vogelarten nachgewiesen. Bei den Individuenzahlen dominierte die Rabenkrähe, gefolgt von Feldlerche und Kiebitz. Von den Maisernteresten als Nahrung profitieren aber überwiegend Generalisten, regional auch seltenere Arten wie der Kranich. Der Einfluss von Energiemais auf rastende und überwinternde Vögel in der Börde ist bisher gering, da der Anbauumfang der Kultur in dem untersuchten Landschaftsausschnitt bei unter 20 % der Ackerfläche verblieb. Der Einfluss des Energiepflanzenbaus auf rastende und überwinternde Vögel war neben der Erhöhung des Angebotes von Äckern unterschiedlicher Bearbeitungszustände und Erntereste im Wesentlichen abhängig vom Umfang auftretender Erntereste. Der Bodenbearbeitung nach der Ernte kommt demnach eine zentrale Bedeutung zu.

c. Welche Habitatfunktion haben Biogasanlagen für die Avifauna der Agrarlandschaft während der Brutperiode und im Winter?

Das Betriebsgelände der drei Biogasanlagen in der Börde sowie einer Anlage im Naturraum Lüneburger Heide wurden trotz der Lage inmitten der Agrarlandschaft nur von wenigen, überwiegend anpassungsfähigen Vogelarten zur Brut aufgesucht. Das Arteninventar zwischen den Biogasanlagen war unterschiedlich, aber auf jeder der Anlagen brüteten jeweils nur drei Vogelarten. Bei der Nistplatzwahl kam den Gehölzanzpflanzungen um das Betriebsgelände die höchste Bedeutung zu, während andere Strukturen wie die Gebäude oder Säume nur vereinzelt genutzt wurden. Von den im Rückgang begriffenen Vogelarten der Agrarlandschaft nutzten lediglich Rebhuhn und Feldsperling das Betriebsgelände der Biogasanlagen zur Brut.

In den Wintermonaten kam den Silagelagern der Biogasanlagen eine besondere Bedeutung als Nahrungshabitat zu, da die einsilierten Substrate eine unbegrenzte und leicht zugängliche Nahrungsquelle darstellten. So suchten in diesem Zeitraum insgesamt 29 Vogelarten die drei Biogasanlagen in der Börde überwiegend zur Nahrungsaufnahme auf. Dabei stand den Vögeln maisdominiertes Substrat mit wechselnden Anteilen von GPS-Roggen, Hirse, Sonnenblume und Zuckerrübe zur Verfügung. Hinsichtlich der Anzahl der beobachteten Vogelarten gab es zwischen den drei Anlagen fast keine Unterschiede, aber das Arteninventar differierte leicht. Von den gefährdeten Vogelarten der Agrarlandschaft suchten fünf Arten die Biogasanlagen auf, abgesehen vom Feldsperling kamen sie jedoch nur in geringen Individuenzahlen und Stetigkeiten vor.

Kapitel 8

Zusammenfassende Diskussion

Die Teilergebnisse zu den Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf die Landschaftsstruktur (Kap. 3) und auf rastende und überwinternde Vögel (Kap. 4 und Kap. 5) sowie zur Habitatfunktion von Biogasanlagen für die Avifauna (Kap. 6) wurden in den jeweiligen Kapiteln anhand untergeordneter Fragestellungen ausführlich diskutiert. Im Folgenden wird eine zusammenfassende Diskussion der Ergebnisse vor dem Hintergrund der drei übergeordneten Fragestellungen (Kap. 7) durchgeführt. Mögliche Folgen des zunehmenden Energiepflanzenanbaus für die Biodiversität der Agrarlandschaft werden dabei aufgezeigt. Anhand einer Gegenüberstellung und Diskussion der Ergebnisse zu rastenden und überwinternden Vögeln auf Äckern im Vergleich zu der winterlichen Avifauna an Biogasanlagen wird die Bedeutung dieser verschiedenen Habitate vor dem fortschreitenden Rückgang der Agrarvogelfauna bewertet. In einem Ausblick wird weiterer Forschungsbedarf aufgezeigt.

8.1 Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf die Landschaftsstruktur

Die Ergebnisse dieser Arbeit haben gezeigt, dass die Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf die Raumstruktur der Agrarlandschaft in hohem Maße von der regionalen Agrarstruktur abhängen. Eine Beurteilung der Auswirkungen auf die Landschaftsstruktur setzt demnach die Berücksichtigung der konkreten räumlichen Gegebenheiten voraus. So können Energiepflanzen insbesondere in Regionen mit intensiver ackerbaulicher Nutzung „eine strukturelle Lücke (Vegetationshöhen, Erntezeitpunkte usw.) im Vergleich zu anderen Feldfrüchten schließen und zur Habitatvielfalt beitragen“ (REICH et al. 2011). In Abhängigkeit von der unterschiedlichen Phänologie deckt jede Kulturart durch ihre spezifischen Eigenschaften die Habitatansprüche einzelner Tier- und Pflanzenarten ab (z. B. hinsichtlich Bodenbedeckung, Mikroklima, Lichtverhältnisse, Raumwiderstand) und bereichert die Diversität der Agrarlandschaft, wenn sie in den Fruchtartenwechsel und das räumliche Nebeneinander mit anderen Kulturen eingebettet ist (GLEMNITZ et al. 2010). Dominiert jedoch ein Anbauverfahren Landschaftsausschnitte, so weisen große Flächenanteile der Landschaft zur selben Zeit den gleichen Zustand auf. Dieses reduzierte Angebot an verschiedenen Lebensbedingungen kann sich negativ auf die Vielfalt an Arten- und Lebensgemeinschaften in der Agrarlandschaft auswirken (WIEHE et al. 2009), da insbesondere die Fauna bei Störung wie z.B. der Ernte nicht auf Nachbarflächen ausweichen kann (GLEMNITZ et al. 2008). Entscheidend für eine hohe Artenvielfalt ist demnach nicht nur eine hohe Anzahl an Fruchtarten, sondern vielmehr auch die hohe räumliche und zeitliche Strukturvielfalt (unterschiedliche Bearbeitungsgänge, Aussaat- und Erntetermine der Kulturen) bzw. die Komplementarität der Kulturarten in ihrer Phänologie (GLEMNITZ et al. 2010; SCHÜMANN et al. 2011). Die vom DVL & NABU (2007) befürchtete Verschiebung des Spektrums an angebauten Kulturarten durch den

Energiepflanzenanbau geht nicht zwangsläufig mit einer Reduzierung der Kulturreichhaltigkeit in der Agrarlandschaft einher. Die Energiepflanzen führen jedoch nur dann zu einer Erhöhung der Kulturartenvielfalt sowie zu ausgewogeneren Flächenanteilen der angebauten Kulturen und deren Fruchtfolgen, wenn sie vor dem Bau der Biogasanlagen im jeweiligen Landschaftsausschnitt nicht schon in größerem Umfang zu konventionellen Zwecken angebaut wurden.

Am Beispiel der Börde konnte im Rahmen dieser Arbeit eine Diversifizierung der angebauten Kulturarten durch den Anbau von insgesamt drei verschiedenen Energiepflanzenkulturen nachgewiesen werden. Ähnliche Zusammenhänge zeigten auch die Untersuchungen von WIEHE & RODE (2007) sowie KARPENSTEIN-MACHAN & WEBER (2010). Weiterhin konnte eine leichte Reduzierung des landschaftlich dominierenden und schlagübergreifenden Winterweizenanbaus aufgrund von Energiemaisanbau belegt werden, wodurch die Erntespitzen des Getreideanbaus entzerrt wurden. Der Energiepflanzenanbau in der Börde zeigte raum-zeitlich große Unterschiede in der Anbaufläche, so dass sich die Energiepflanzen über einen größeren Landschaftsausschnitt verteilten. In der Heide führte die starke Zunahme der Maisanbaufläche hingegen tendenziell zu der von Naturschutzverbänden befürchteten Reduzierung in der Nutzungs- und Strukturvielfalt (vgl. NABU 2009) sowie einer Vereinheitlichung der Strukturen innerhalb des Agrarraumes aufgrund der zunehmenden Dominanz des Energiemaisanbaus. Auf Ebene des Einzelschlages konnte insbesondere in der Heide eine Verengung der Fruchtfolge bis hin zum Monokulturanbau nachgewiesen werden. Verantwortlich hierfür war vermutlich die hohe Anbauverpflichtung einzelner Energiewirte für Nawaros im Verhältnis zu deren bewirtschafteter Fläche (vgl. ZALF 2008). Nach den Untersuchungen von GLEMNITZ et al. (2010) in drei unterschiedlichen Naturräumen Deutschlands gefährdete der Anbau von Mais als Monokultur auf Ebene des Ackerschlages das Vorkommen und indirekt auch den Bestand von durchschnittlich 20-35 % der regional vorkommenden Arten an Beikräutern, Laufkäfern, Spinnen, Blütenbesuchern und Vögeln. Der Monokulturanbau von Mais kann demnach insbesondere bei einer weiteren Zunahme dieser Kultur in der Heide zu einem Rückgang der Diversität bei den zuvor genannten Artengruppen der Agrarlandschaft beitragen.

Konflikte aufgrund des zunehmenden Energiepflanzenanbaus vornehmlich mit Mais treten vermutlich vorzugsweise in Regionen mit hoher Vieh- und Biogasanlagendichte auf. So nimmt der Mais in einigen Regionen Niedersachsens schon heute Anteile von über 50 % der Ackerfläche ein (LKN 2010). Bisher fehlen jedoch auf Ebene der Landschaft Untersuchungen, welche Folgen der schlagübergreifende Anbau von Mais in Monokultur auf die Artengemeinschaften der Agrarlandschaft hat. In den Untersuchungen von TILLMANN (2011) wurden die Innenbereiche von Maisäckern im Gegensatz zu den Randstrukturen, Ansaatschneisen und „Vogelfenstern“ von einem

kleineren Spektrum an Tierarten aufgesucht und die Präsenzphasen der Arten waren dort ebenfalls deutlich geringer, so dass der schlagübergreifende Maisanbau vermutlich deutliche negative Auswirkungen auf die Anwesenheit vieler Tierarten in der Landschaft hat. Diese Zusammenhänge wurden jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht näher betrachtet, da Mais nicht in diesem Umfang in den untersuchten Landschaftsausschnitten angebaut wurde.

Neben der Dominanz eines Anbauverfahrens können sich auch neue Bewirtschaftungsgänge des Energiepflanzenanbaus negativ auf die Fauna und Flora der Agrarlandschaft auswirken. So fällt der frühe Erntetermin des Grünroggens in Zweikulturnutzung mit Mais oder Sonnenblume in die Reproduktionsphase vieler bodenbrütender Agrarvogelarten, Wildtiere und Wildkräuter (DOYLE et al. 2007; DVL & NABU 2007). Die späte Aussaat der Zweikultur bietet aber wiederum dem Kiebitz und der Feldlerche die Chance einer Zweitbrut (vgl. BERNARDY & DZIEWIATY 2007). Auf Böden mit geringer Wasserspeicherkapazität wie z.B. im Naturraum der Lüneburger Heide ist dieses Anbauverfahren aufgrund des deutlich höheren Wasserbedarfs im Gegensatz zu dem Anbau lediglich einer Kultur deutlich negativer zu bewerten, da der Anbau nur in Verbindung mit umfangreicher Beregnung durchgeführt werden kann (KTBL & ATB 2006; DVL & NABU 2007). Beregnung führt neben der frühen Ernte vermutlich zusätzlich zu höheren Verlusten an Vogelgelegen insbesondere der Zweitbrut oder bei den Jungtieren (BERNARDY & DZIEWIATY 2007). Der Umfang der Auswirkungen der Zweikulturnutzung ist demnach abhängig von dem Anteil, den diese Nutzung in der Landschaft einnimmt, als auch den vorhandenen Rückzugsräumen, die für Flora und Fauna zur Verfügung stehen. Bisher nahm diese Nutzungsform in den untersuchten Landschaftsausschnitten dieser Arbeit nur geringe Flächenanteile ein. Auch weitergehende Aussagen zu dem Anbauumfang dieser Nutzungsform sind bislang nicht möglich, da sie in der niedersächsischen Agrarstatistik bisher noch nicht berücksichtigt wurde.

In den Felderhebungen von Kapitel 3 wurden im Naturraum der Börden lediglich Mais, Grünroggen und Sonnenblume in der Landschaft als Energiepflanzen angesprochen. Die Vielfalt der eingesetzten Energiepflanzen in niedersächsischen Biogasanlagen ist aber weitaus umfangreicher (vgl. LKN 2010) und eine Abgrenzung von den konventionellen Kulturen in der Landschaft ist nicht ohne weiteres möglich. Ausgehend von den einsilbigen Substanzen in den Silagemieten der Biogasanlagen in der Börde (vgl. Kap. 5.5.5 und Kap. 6.3.2) hat sich gezeigt, dass auch Zuckerrübe, Gerste, Körnermais und Zuckerhirse als nachwachsende Rohstoffe in der Börde eingesetzt und vermutlich auch überwiegend dort angebaut werden. Während die Zuckerhirse in Deutschland aufgrund ihrer alleinigen Nutzung als Energiepflanze (KTBL & ATB 2006) auch als solche im Gelände angesprochen werden kann, unterscheidet sich die Kultivierung von Zuckerrübe, Gerste und Körnermais bisher kaum vom konventionellen

Anbau (vgl. KTBL & ATB 2006; LKN 2010; WIEHE et al. 2010). Oftmals wird die Entscheidung, ob konventionelle Kulturen als nachwachsende Rohstoffe in Biogasanlagen eingesetzt werden, erst kurz vor bzw. nach deren Ernte getroffen, da der Bedarf an zusätzlichen Substraten vorher nicht abschätzbar ist. Verantwortlich hierfür sind vermutlich Faktoren wie der Bedarf der Biogasanlage an Substraten, die erwarteten Ernteerträge und die Preisentwicklung landwirtschaftlicher Produkte in Zusammenhang mit der Überproduktion konventioneller Feldfrüchte. Im Naturraum der Heide wurden im Zuge dieser Arbeit keine einsilierten Substrate an Biogasanlagen erfasst, so dass für diesen Naturraum keine Aussagen zu der Nutzung bisher konventionell angebaute Kulturen in Biogasanlagen möglich sind. Abschließend lässt sich zusammenfassen, dass Kulturen in der Landschaft nicht ohne weiteres der konventionellen oder energetischen Nutzung zugeordnet werden können. Demnach sollten zukünftige Untersuchungen zu den Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf Landschaftsebene bei der Abgrenzung der Energiepflanzenanbauflächen eng mit den Biogasanlagenbetreibern zusammenarbeiten.

8.2 Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf rastende und überwinternde Vögel

Veränderungen durch den Energiepflanzenanbau auf einzelnen Äckern sowie in der Zusammensetzung der Agrarlandschaft treten nicht nur in der Wachstumsphase der Kulturen, sondern auch in den Wintermonaten auf. In Kapitel 3 und 5 wurde gezeigt, dass eine Vielzahl an Bearbeitungszuständen und eine begrenzte Anzahl an vorkommenden Ernteresten (Mais, Sonnenblume) auf den winterlichen Äckern ausschließlich dem Energiepflanzenanbau zugeordnet werden können. Die Änderungen waren jedoch in hohem Maße von den regional angebauten Feldfrüchten, den daraus resultierenden Fruchtfolgen, dem Flächenanteil der Energiepflanzenkulturen sowie dem Umfang pflugloser Bodenbearbeitung abhängig (vgl. Kap. 3.3.4).

Am Beispiel rastender und überwinternder Vögel in der Börde konnte aufgezeigt werden, dass sich die Veränderungen der winterlichen Äcker positiv auf die Fauna der Agrarlandschaft auswirken können (Kap. 4 und 5). Den Vögeln stand durch den Energiepflanzenanbau ein vielfältigeres Angebot an unterschiedlich bewirtschafteten Äckern im Winter zur Verfügung. Hierbei nutzten die nachgewiesenen Vogelarten alle Ackerflächen der vorkommenden Bearbeitungszustände, diese jedoch in sehr unterschiedlichen Intensitäten. Vögel sind in den Wintermonaten überwiegend hoch mobil und das Vorkommen wird durch die Witterung, großräumiges Zugverhalten sowie die lokale Verfügbarkeit von Nahrung bestimmt. Außerdem treten zwischen den Wintern teils erhebliche regionale Schwankungen im Vorkommen einzelner Vogelarten auf (vgl. BERTHOLD 2007). Viele Untersuchungen stellen dabei einen besonders engen

Zusammenhang zwischen der Anwesenheit von Vögeln und der Konzentration von Nahrung in der Landschaft her (vgl. BAUER & RANFTL 1996; ROBINSON & SUTHERLAND 1999; MOORCROFT et al. 2002; ROBINSON et al. 2004; ORLOWSKI 2006; BELLEBAUM 2008). Demnach sind die Vögel in den Wintermonaten im Gegensatz zur Brutphase nicht an einen Ort gebunden und die Flächenwahl orientiert sich an jeweiligen Nahrungs- und Rastpräferenzen. Die Bewertung einer Ackerfläche ist aus diesem Grund auf deren Eignung als Rast- und Nahrungshabitat beschränkt und kann nur unter Berücksichtigung des Gesamtangebotes an Äckern unterschiedlicher Bearbeitungszustände in der Landschaft und deren Frequentierung durch Vögel durchgeführt werden. Entscheidend für die Flächenwahl rastender und überwinternder Vögel war, unabhängig vom Energiepflanzenanbau, eine nicht wendende (konservierende) Bodenbearbeitung der Äcker nach der Ernte der Vorkultur. Dieses Bodenbearbeitungsverfahren führt insbesondere bei langjähriger Durchführung zu einem vielfältigeren Bodenleben, einer besseren Verfügbarkeit von Ernterückständen der Vorkultur sowie von Wildkrautsamen, wodurch das Nahrungsangebot für die Avifauna in den Wintermonaten verbessert wird (HOLLAND 2004; SALZMANN & RÜTER 2007). Der Anteil nicht wendend bearbeiteter Äcker lag in der vorliegenden Untersuchung mit 64 % weit über dem gesamt-niedersächsischen Anteil von 49 % (KLEFFMANNGROUP 2009). Durch die nicht wendende Bodenbearbeitung standen Erntereste von allen konventionellen und zur Energiegewinnung genutzten Kulturen für die Vögel zur Verfügung. Von den Bearbeitungszuständen und Ernteresten, die ausschließlich auf den Energiepflanzenanbau zurückgeführt werden konnten, waren lediglich die Erntereste des Energiemais für die Antreffwahrscheinlichkeit von Vögeln signifikant entscheidend. Weiterhin konnten sämtliche Äcker, die nach der Ernte der Vorkultur ohne Bodenbearbeitung verblieben, auf den Energiepflanzenanbau zurückgeführt werden. Auch diese Flächen wiesen durch eine bessere Nahrungsverfügbarkeit an Wildkräutern, Ernteresten und Bodenleben höhere Vogelnachweise als andere Flächen auf. Unabhängig von der Zuordnung der Äcker zu einzelnen Bearbeitungszustände oder vogelverfügbaren Ernteresten zeigte sich im Rahmen der Felderhebungen auch der große Einfluss der individuellen Bewirtschaftung (z. B. Bodenbearbeitung, Düngung, Pflanzenschutz) auf die Ausprägung (Wildkräuter, Erntereste) eines Ackers (vgl. WEIß 2008). Von den relativ großen Energiemaiskörnern als Nahrung profitierten nur wenige, häufig vorkommende und überwinternde Arten wie Rabenkrähe, Ringeltaube, Stockente und Saatkrähe (vgl. BAUER et al. 2005b). Von den gefährdeten Vogelarten der Agrarlandschaft wie Feldlerche und Rebhuhn werden die Maiskörner aufgrund ihrer Größe kaum als Nahrung genutzt, beide Arten ernähren sich im Frühjahr vielmehr von grünen Pflanzenteilen (GLUTZ VON BLOTZHEIM & BAUER 1985; GLUTZ VON BLOTZHEIM et al. 1994). Abgesehen von den überwinternden Vögeln wird die Hildesheimer Börde zur Zugzeit neben ziehenden Kleinvogelschwärmen insbesondere von Kiebitzen zur Rast aufgesucht (SCHOPPE 2006). Kiebitze zeigten in dieser

Untersuchung keine Meidung der Maisstoppeläcker, sondern sie suchten vielmehr ihre traditionellen Rastplätze in Senken und Gewässernähe unabhängig vom Bewirtschaftungszustand der Flächen auf (vgl. Kap. 5.5.1). In anderen Regionen können abgeerntete Maisäcker aber auch eine besondere Habitatfunktion für rastende Zugvögel aufweisen. So ernähren sich insbesondere Kraniche (FLADE et al. 2003) und Saatgänse (DEGEN 2004; DEGEN 2007) in ihrer Zugzeit oder im Überwinterungsgebiet von den kohlehydratreichen Ernteresten des Mais, um ausreichend Energie für den Weiterzug aufzunehmen.

Insgesamt war der Anbauumfang der Energiepflanzen in dem untersuchten Landschaftsausschnitt gering und konventionelle Kulturen überwogen. Eine Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Landschaftsausschnitte wird durch das stark schwankende Vorkommen rastender und überwinternder Vögel erschwert. Neben Faktoren wie dem Zugverhalten und der Witterung hat insbesondere die strukturelle Ausstattung der Landschaft mit Gehölzen einen wesentlichen Einfluss auf die Eignung einer Fläche zur Rast- und Nahrungssuche für verschiedene Vogelarten im Winter. So stellten BAUER et al. (1995) in Baden-Württemberg sowohl erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Naturräumen als auch zwischen strukturarmen und strukturreichen Landschaften hinsichtlich der winterlichen Gesamtartenzahlen als auch der Gesamtabundanz der angetroffenen Vogelarten fest. Auch DÄNHARDT et al. (2010) und ARNOLD (1983) zeigten, dass die strukturelle Ausstattung eines Landschaftsausschnittes einen wesentlichen Einfluss auf das Vorkommen von Vögeln unterschiedlicher ökologischer Anspruchsgruppen auf Äckern hat. So nutzen viele Kleinvogelarten, insbesondere Finken und Ammern, Hecken und Gehölzreihen als Schutzstreifen und Schlafplätze, von denen sie nahe gelegene Äcker zur Nahrungssuche aufsuchen (BAUER et al. 1995; DÄNHARDT et al. 2010). Für viele Arten der Wälder haben Hecken und Baumreihen auch den Effekt von Leitstrukturen, von denen sie angrenzende Äcker zur Nahrungssuche anfliegen (BAUER et al. 1995). In der Börde hatten angrenzende Gehölzstrukturen ebenso wie Wälder keinen nachweisbaren Einfluss auf die Flächenwahl der Vögel (vgl. Kap. 5.4.5), da diese Strukturen in der intensiv ackerbaulich genutzten Börde nur sehr vereinzelt und in geringer Ausprägung vorhanden waren. Demnach kann die geringe Anwesenheit von Kleinvogelschwärmen in dem untersuchten Landschaftsausschnitt vermutlich auf einen Mangel an Gehölzstrukturen zurückgeführt werden. Eine Untersuchung zur Flächenwahl rastender und überwinternder Vögel im Naturraum Lüneburger Heide würde aufgrund des höheren Anteils an Feldgehölzen und Wäldern in der Landschaft in Kombination mit der höheren Vielfalt an angebauten Kulturen vermutlich ein deutlich anderes Vogelartenspektrum bei anderer Flächenwahl der nachgewiesenen Vogelarten ergeben. Zusammenfassend sind die Ergebnisse dieser Arbeit aufgrund des geringen

Anbauumfangs der Energiepflanzenkulturen nicht auf Landschaften übertragbar, in denen Mais als Monokultur angebaut wird.

8.3 Vergleich rastender und überwinternder Vögel auf Äckern gegenüber der Avifauna an Biogasanlagen im Winter

In der winterlichen Agrarlandschaft kam neben den Ackerflächen besonders auch den Biogasanlagen eine hohe Bedeutung als Nahrungshabitat für die Avifauna zu. Ein Vergleich der Individuen- und Artenzahlen rastender und überwinternder Vögel auf Äckern (vgl. Kap. 5) und an der im Zentrum gelegenen Biogasanlage Hotteln (vgl. Kap. 6) im Winter 2009/10 verdeutlicht, dass die Silagemieten in den Wintermonaten einen Anziehungspunkt für die Avifauna im Gegensatz zur umliegenden Agrarlandschaft darstellten. Die Silagelager boten im Gegensatz zu den Äckern unbegrenzte und frei zugängliche Nahrung auch in Phasen mit geschlossener Schneebedeckung oder gefrorenem Oberboden. Von den insgesamt 36 in der Agrarlandschaft von Hotteln und der dortigen Biogasanlage beobachteten Vogelarten kamen jedoch nicht alle Arten sowohl auf Äckern als auch an der Biogasanlage vor. So suchten 18 Arten ausschließlich Äcker auf und sechs Arten wurden nur an den Anschnittflächen der Silagemieten nachgewiesen. Verantwortlich für die unterschiedliche Raumnutzung sind sowohl verschiedene Nahrungsansprüche als auch Fluchtstrategien der nachgewiesenen Vogelarten. Ausschließlich auf den Äckern wurden zum einen Arten nachgewiesen die sich karni- bzw. insektivor ernähren wie Mäusebussard, Grau- und Silberreiher, Silber-, Lach- und Sturmmöwe (BAUER et al. 2005a). Zum anderen handelte es sich um Arten, die sich im fortgeschrittenen Winter überwiegend von grünen Pflanzenbestandteilen ernähren, wie Rebhuhn, Fasan oder Graugans (ebd.). Ausschließlich an den Biogasanlagen kamen hingegen granivore Arten der Siedlungen und Wälder wie Buchfink oder Türkentaube vor.

Das Spektrum der gefährdeten Agrarvogelarten war auf den Äckern deutlich höher als an der Biogasanlage. Während Feldlerche, Kiebitz und Rebhuhn auf den Äckern teils hohe Individuenzahlen aufwiesen, konzentrierte sich das Vorkommen des Feldsperlings auf die Silagemieten. Die fehlende bzw. geringe Beobachtung von Feldlerche und Kiebitz an der Biogasanlage ist auf die Feindvermeidungsstrategie der beiden Arten zurückzuführen, die Strukturen in der Landschaft meiden und sich überwiegend im Zentrum von Äckern aufhalten (vgl. DONALD et al. 2001a; GILLINGS & FULLER 2001; DÄNHARDT et al. 2010).

Außerhalb der Brutsaison schließen sich viele Vögel aber zu Schwärmen zusammen und suchen großflächiger nach Nahrung (CHAMBERLAIN et al. 2005). Die Schwärme konzentrieren sich in diesem Zeitraum besonders um Bereiche mit qualitativ hochwertiger Nahrung (BARNARD 1980a; 1980b). Für die Konzentration der

Kleinvogelschwärme an der Biogasanlage waren neben der guten Nahrungsverfügbarkeit insbesondere die angrenzenden Gehölzstrukturen verantwortlich, die sie als Rückzugsräume und Deckung aufsuchten. So sind Finken auf Hecken und Gehölzreihen als Schutzstreifen und Schlafplätze angewiesen, von denen aus sie auf Nahrungssuche gehen (BAUER et al. 1995; DÄNHARDT et al. 2010). Neben dem Feldsperling kamen auch Rabenkrähe und Star in deutlich größeren Schwärmen an der Biogasanlage als auf den umliegenden, deutlich großflächigeren Äckern vor.

Die Biogasanlagen wurden von den Vögeln fast ausschließlich zur Nahrungssuche an den Silagemieten aufgesucht und als Substrat stand den Vögeln überwiegend Substrat aus Mais zur Verfügung. An diese Art von Nahrung gelangten die Vögel auch auf Äckern mit Ernteresten von Mais, jedoch in geringerem Umfang und unter erheblich höherem Zeitaufwand. Diese schlechtere Verfügbarkeit von Nahrung auf Äckern mit Ernteresten von Mais spiegelte sich auch in den deutlichen Unterschieden zwischen nachgewiesenen Vogelarten auf Äckern mit Ernteresten von Mais im Untersuchungswinter 2009/10 (vgl. Kap. 5.4.4) und der Biogasanlage Hotteln wider (vgl. Kap. 6.3.2). Auf Äckern mit Maisernteresten war das Artenspektrum trotz vermeintlich ähnlichem Nahrungsangebot mit insgesamt zehn Vogelarten deutlich geringer als an der Biogasanlage. Die auf den Äckern nachgewiesenen Graureiher, Singdrosseln, Wacholderdrosseln und Kiebitze ernähren sich hierbei überwiegend von animalischer Kost (vgl. BAUER et al. 2005a; BAUER et al. 2005b), so dass für die Flächenwahl dieser Vogelarten vermutlich nicht die Maiserntereste, sondern vielmehr das reichhaltige Bodenleben auf Maisstoppeläckern, die ohne Bodenbearbeitung verblieben, verantwortlich war. Insgesamt schien den Maisernteresten in der Landschaft eine nicht ganz so große Bedeutung als Nahrung für die Avifauna zuzukommen wie an der Biogasanlage, da die Konzentration der Maiserntereste deutlich geringer war und über den Winter abnahm. Für rastende Vogelarten wie den Kranich stellen Biogasanlagen aufgrund ihrer Fluchtstrategie hingegen keine Alternative zu den Äckern mit Ernteresten des Mais dar.

In den Wintermonaten war die Rabenkrähe sowohl auf den Äckern als auch an der Biogasanlage die dominierende Vogelart. Aufgrund ihrer Nahrungspräferenzen scheint diese Art von der landwirtschaftlichen Entwicklung hin zum Energiepflanzenanbau durch eine bessere Nahrungsverfügbarkeit zu profitieren. So weisen auch die Untersuchungen von GREGORY & MARCHANT (1996) und BARNETT et al. (2004) entgegen dem allgemein negativen Trend vieler Vogelarten auf den günstigen Einfluss der landwirtschaftlichen Intensivierung auf einzelne Arten wie Rabenkrähe hin. Von den gefährdeten Agrarvogelarten scheint hingegen lediglich der Feldsperling durch eine bessere Nahrungsverfügbarkeit an den Silagemieten der Biogasanlagen zu profitieren. Für andere gefährdete Agrarvogelarten wie Feldlerche, Kiebitz oder Rebhuhn sind die

Äcker der winterlichen Agrarlandschaft für die Nahrungsaufnahme von entscheidender Bedeutung.

8.4 Ausblick

Auch zukünftig wird ein weiterer schneller Ausbau der Erneuerbaren Energien angestrebt (BMU 2009; BMU & BMELV 2010), was zu einer weiteren Zunahme der Biogasanlagen und folglich auch der Energiepflanzenanbaufläche führt. Durch die Novelle des EEG (2011) wird ab Januar 2012 eine Begrenzung des Einsatzes von Mais und Getreidekorn in Biogasanlagen auf 60 % (massebezogen) festgeschrieben (BMU 2011). Trotz dieser Begrenzung der Maisanbaufläche bei neu gebauten Biogasanlagen wird durch den weiteren starken Ausbau der Erneuerbaren Energien der Anteil von Mais in der Agrarlandschaft weiter zunehmen. Für die Kultur Mais gibt es bisher keine wirkliche Alternative, so dass die Anbaubegrenzung von maximal 60 % vermutlich voll ausgeschöpft wird. Insgesamt bietet das weite Spektrum an Energiepflanzenkulturen zukünftig aber auch die Chance auf abwechslungsreichere Fruchtfolgen, den Anbau neuer Kulturarten in der Landschaft sowie den Einsatz ein- oder mehrjähriger Mischkulturen (vgl. LKN 2010). In den untersuchten Landschaftsausschnitten in der Börde und Heide sind Erweiterungen der bestehenden Biogasanlagen geplant und teilweise schon umgesetzt worden. Eine Zunahme des Energiepflanzenanbaus in der Börde wird auch zukünftig eher zu einer Auflockerung der Fruchtfolgen und zu ausgeglicheneren Verhältnissen der angebauten Feldfrüchte führen. Die Hauptanbaukultur Winterweizen wird durch den Energiepflanzenanbau in ihrer Anbauflächen weiter zurückgedrängt. Weiterhin wird durch die zukünftige Beschränkung der Energiemaisanbaufläche in der Börde vermutlich die Zuckerrübe eine größere Bedeutung als Energiepflanze einnehmen (vgl. Kap. 5.5.5). In der Heide wird die Energiemaisanbaufläche zukünftig deutlich höhere Flächenanteile als die nicht als Energiepflanze genutzten Kulturen einnehmen und sich negativ auf die Landschaftsstruktur mit den bisher diskutierten Parametern auswirken (vgl. Kap. 3). Durch die Anbaubegrenzung von Mais und Grünroggen bleibt in diesem Landschaftsausschnitt jedoch offen, welche weiteren Energiepflanzenkulturen sich zukünftig etablieren werden.

Im Hinblick auf die Avifauna der Agrarlandschaft in den Wintermonaten sind die Ergebnisse einzelner Studien zum Einfluss des Energiepflanzenanbaus vornehmlich mit Mais bisher nicht auf große Landschaftsausschnitte übertragbar, in denen Mais als Monokultur das Mosaik aus unterschiedlichen Feldfrüchten ablöst. Diese Arbeit sowie andere Studien (BAUER & RANFTL 1996; BELLEBAUM 2008; HÖTKER et al. 2009; NEUMANN et al. 2009) beschränken sich bei Aussagen zur Flächenwahl von Vögeln in den Wintermonaten auf die An- oder Abwesenheit der Vögel auf Flächen unterschiedlicher

Bearbeitungszustände und setzten ein höheres Nahrungsangebot im Gegensatz zu Flächen schlechterer Frequentierung voraus. Weiterhin wurden auch Erhebungen von Ernteresten und Wildkräutern im Verhältnis zu unterschiedlichen landwirtschaftlichen Flächenbewirtschaftungen durchgeführt (WEIß 2008; WEIß & REICH 2011), die eine Nahrungsgrundlage der Vögel darstellen. Es fehlen jedoch systematische Untersuchungen, die sowohl die Vogelverbreitung, die landwirtschaftliche Flächenbewirtschaftung als auch die Nahrungsabundanz auf den Äckern berücksichtigen. Weiterhin sollten zukünftige Studien auch die Bedeutung der Umgebung für die Nutzung einer Fläche als Rast- und Nahrungshabitat durch Vögel miteinbeziehen. In dieser Untersuchung hatten angrenzende Strukturen keinen signifikanten Einfluss auf die Nutzung einer Fläche durch Vögel (vgl. Kap. 5.4.5). In dem Untersuchungsraum der Börde kamen Randstrukturen jedoch nur vereinzelt und überwiegend in geringem Flächenumfang sowie in geringer Wuchshöhe vor, so dass deren Einfluss auf die Avifauna insgesamt nur unzureichend bewertet werden konnte. Die Habitatfunktion und auch die Nahrungsverfügbarkeit auf Äckern mit Energiepflanzenkulturen oder konventionellen Feldfrüchten hängt in den Wintermonaten sehr von der individuellen Bewirtschaftung (z. B. Sortenwahl, Bodenbearbeitung, Düngung, Pflanzenschutz) der Ackerfläche ab (vgl. WEIß 2008; WEIß & REICH 2011). An diesem Punkt kann man zukünftig ansetzen um eine naturschutzfachlich optimierte Flächenbewirtschaftung zu entwickeln, die die Nahrungsverfügbarkeit rastender und überwinternder Vögel und hierbei insbesondere der gefährdeten Agrarvogelarten in der winterlichen Agrarlandschaft verbessert. Weiterhin bietet auch der Einsatz alternativer Energiepflanzenmischungen eine Möglichkeit, die Situation für die Fauna der Agrarlandschaft verbessern (vgl. SCHÜMANN et al. 2011). So gibt es bereits erste Ansätze mehrjährige Wildpflanzenmischungen als Alternative zum Energiemaisanbau zu etablieren (NETZWERK LEBENSRAUM BRACHE 2011). Mehrjährige Kulturen erhöhen die Nahrungsverfügbarkeit der winterlichen Avifauna, da aufgrund der fehlenden Bodenbearbeitung vermutlich ein reichhaltigeres Bodenleben sowie ein größeres Potential an Wildkrautsamen vorhanden ist.

Neben dem Anbau der Energiepflanzen in der Agrarlandschaft wird auch der Bau von Biogasanlagen weiter voranschreiten. Bis zum Jahr 2010 wurden deutschlandweit knapp 5800 Biogasanlagen errichtet (vgl. Kap. 1), die zu 91 % nachwachsende Rohstoffe einsetzen (FNR 2010c) und demnach über Silagelager verfügen. Der uneingeschränkte Zugang zu qualitativ hochwertiger Nahrung kann sich positiv auf die Fitness und die Reproduktion von Vogelarten auswirken, die diese Nahrungsquelle vermehrt nutzen (ROBB et al. 2008). Bisher fehlen jedoch Studien zur Bedeutung von Biogasanlagen als Nahrungsquelle für Vögel in anderen Naturräumen Deutschlands. Erste methodische Ansätze für zukünftige Untersuchungen wurden in der vorliegenden Arbeit dargestellt.

Quellenverzeichnis

- 3N (NIEDERSÄCHSISCHES NETZWERK NACHWACHSENDE ROHSTOFFE) (2009): Stand und Perspektiven der Biogasnutzung in Niedersachsen. 12 S., Biogasforum am Niedersächsischen Ministerium für den ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Hannover.
- 3N (NIEDERSÄCHSISCHES NETZWERK NACHWACHSENDE ROHSTOFFE) (2010): Stand und Perspektiven der Biogasnutzung in Niedersachsen. 18 S., Biogasforum am Niedersächsischen Ministerium für den ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Hannover.
- AGROPLAN (2006): Bioenergie und Biogasförderung nach dem neuen EEG und ihre Auswirkungen auf Natur und Landschaft. 151 S., Wolfenbüttel
- AIGNER, A. (2006): Fruchtfolgegestaltung. In: MUNZERT, M. & J. FRAHM: Pflanzliche Erzeugung. 12. Aufl., S. 181-190, BLV Buchverlag und GmbH & Co. Kg, München.
- AMMERMANN, K. (2008): Energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe - Auswirkungen auf die Biodiversität und Kulturlandschaft. In: Natur und Landschaft 83 (3): 108-110.
- ARNOLD, G.W. (1983): The influence of ditch und hedgerow structure, length of hedgerows and area of woodland and garden on bird numbers on farmland. In: Journal of Applied Ecology 20(3): 731-750.
- BAESSLER, C. & S. KLOTZ (2006): Effects of changes in agricultural land-use on landscape structure and arable weed vegetation over the last 50 years. In: Agriculture Ecosystems & Environment 115 (1-4): 43-50.
- BARNARD, C. J. (1980a): Flock feeding and time budgets in the house sparrow (*Passer domesticus* L.). In: Animal Behaviour 28: 295-309.
- BARNARD, C. J. (1980b): Equilibrium flock size and factors affecting arrival and departure in feeding house sparrows. In: Animal Behaviour 28: 503-511.
- BARNETT, P.R., M.J. WHITTINGHAM, R.B. BRADBURY & J.D. WILSON (2004): Use of unimproved and improved lowland grassland by wintering birds in the UK. In: Agriculture, Ecosystems & Environment 102: 49-60.
- BATES, D. & M. MAECHELER (2009): lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4 classes. R package version 0.999375-32. <http://cran.r-project.org/web/packages/lme4/index.html>. Stand vom 04.02.2010.
- BAUER, H.G., M. BOSCHERT & J. HÖLZINGER (1995): Die Vögel Baden-Württembergs, Band 5: Atlas der Winterverbreitung. 557 S., Eugen Ulmer Verlag & Co, Stuttgart.
- BAUER, H.-G. & H. RANFTL (1996): Die Nutzung überwinternder Stoppelbrachen durch Vögel. In: Ornithologischer Anzeiger 35: 127-144.
- BAUER, H.-G., P. BERTHOLD, P. BOYE, W. KNIEF, P. SÜDBECK & K. WITT (2002): Rote Liste der Brutvögel Deutschlands. In: Berichte zum Vogelschutz 39: 13-60.

- BAUER, H.-G., E. BEZZEL & W. FIEDLER (2005a): Das Kompendium der Vögel Mitteleuropas- Band 1: Nichtsperlingsvögel. 808 S., AULA-Verlag, Wiebelsheim.
- BAUER, H.-G., E. BEZZEL & W. FIEDLER (2005b): Das Kompendium der Vögel Mitteleuropas- Band 2: Sperlingsvögel. 622 S., Aula-Verlag, Wiebelsheim.
- BAUER, H.-G., P. BERTHOLD, P. BOYE, W. KNIEF, P. SÜDBECK & K. WITT (2007): Rote Liste der Brutvögel Deutschlands. In: Berichte zum Vogelschutz 44: 23-82.
- BELLEBAUM, J. (2008): Röhricht, Klee gras, Stoppelfeld- überwinternde Feldvögel auf nordostdeutschen Ökolandbauflächen. In: Die Vogelwelt 129: 85- 96.
- BENKE, M., C. RIECKMANN, G. FREIMANN & T. LÜHRS (2008): Gemeinschaftsprojekt SUNREG I - Abschlussbericht zum Teilprojekt: Pflanzenbauliche Untersuchungen zur regional- und standortspezifischen Energiepflanzenerzeugung. 113 S., Hannover.
- BENTON, T. G., D. M. BRYANT, L. COLE & H. Q. P. CRICK (2002): Linking agricultural practice to insect and bird populations: a historical study over three decades. In: Journal of Applied Ecology 39: 673-687.
- BERNARDY, P. & K. DZIEWIATY (2005): Zur Problematik des Anbaus nachwachsender Rohstoffe und dem Erhalt einer artenreichen Ackerlandschaft – Literaturrecherche als Vorbereitung zur Errichtung eines Arbeitskreises. 35 S., Hitzacker.
- BERNARDY, P. & K. DZIEWIATY (2007): Auswirkungen zunehmender Biomassennutzung (EEG) auf die Artenvielfalt - Erarbeitung von Handlungsempfehlungen für den Schutz der Vögel der Agrarlandschaft. 128 S., Seedorf.
- BERTHOLD, P. (2007): Vogelzug- Eine aktuelle Gesamtübersicht. 280 S., Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- BfN (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ) (2009): Zusammenfassung der Ergebnisse der BfN Tagung "Where have all the Flowers gone- Grünland im Umbruch". 5 S., Naturschutz und Landwirtschaft im Dialog, 27.4.-30.4.2009 auf Vilm.
- BIBBY, C. J., N. D. BURGESS & D. A. HILL (1995): Methoden der Feldornithologie. 270 S., Neumann Verlag GmbH, Radebeul.
- BMU (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT) (2009): Leitszenario 2009- Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland unter Berücksichtigung der europäischen und globalen Entwicklung. 106 S., Berlin.
- BMU (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT) (2011): Eckpunkte der EEG Novelle sowie sonstige Neuerungen für Erneuerbare Energien. http://www.bmu.de/erneuerbare_energien/doc/47469.php, Stand vom 9.8.2011.
- BMU (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT) & BMELV (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND

- VERBRAUCHERSCHUTZ) (2010): Nationaler Biomasseaktionsplan für Deutschland- Beitrag der Biomasse für eine nachhaltige Energieversorgung. 30 S., Berlin.
- BRICKLE, N. W., D. G. C. HARPER, N. J. AEBISCHER & S. H. COCKAYNE (2000): Effects of agricultural intensification on the breeding success of corn buntings (*Miliaria calandra*). In: Journal of Applied Ecology 37: 742-755.
- BUCHHOLZ, H. J. & F. GRIMM (1994): Landwirtschaft in Deutschland- Veränderungen der regionalen Agrarstruktur in Deutschland zwischen 1960 und 1992. 204 S., Leipzig.
- BUCKINGHAM, D. L., A. D. EVANS, A. J. MORRIS, C. J. ORSMAN & R. XEXLEY (1999): Use of set-aside land in winter by declining farmland bird species in the UK. In: Bird Study 46: 157-169.
- BUHR, N. & H. KANNING (2008): Raumverträglichkeit Erneuerbarer Energien, Räumliche Auswirkungen des Biomassepfades und planerische Strategien. In: Planerin 3 (8): 23-24.
- BURFIELD, I. & F. V. BOMMEL (2004): Birds in Europe: population estimates, trends und conservation status. 12. Aufl., 374 S., BirdLife International, Wageningen.
- BURGDORF, K., H. HECKENROTH & P. SÜDBECK (1997): Quantitative Kriterien zur Bewertung von Gastvogellebensräumen. In: Vogelkundliche Berichte Niedersachsens 29: 113-125.
- BUTLER, S. J. & S. GILLINGS (2004): Quantifying the effects of habitat structure on prey detectability and accessibility to farmland birds. In: IBIS 146 (2): 123-130.
- BUTLER, S. J., R. B. BRADBURY & M. J. WHITTINGHAM (2005): Stubble height affects the use of stubble fields by farmland birds. In: Journal of Applied Ecology 42: 469-476.
- CHAMBERLAIN, D. E., R. J. FULLER, R. G. H. BUNCE, J. C. DUCKWORTH & M. SHRUBB (2000a): Changes in the abundance of farmland birds in relation to the timing of agricultural intensification in England and Wales. In: Journal of Applied Ecology 37: 771-788.
- CHAMBERLAIN, D. E., J. A. VICKERY & S. GOUGH (2000b): Spatial and temporal distribution of breeding skylarks *Alauda arvensis* in relation to crop type in periods of population increase and decrease. In: Ardea 88: 61-73.
- CHAMBERLAIN, D. E., J. A. VICKERY, D. E. GLUE, R. A. ROBINSON, G. J. CONWAY, R. J. W. WOODBURN & A. R. CANNON (2005): Annual and seasonal trends in the use of garden feeders by birds in winter. In: IBIS 147: 563-575.
- CLC (2006): CORINE Land Cover (CLC2006); Umweltbundesamt, DLR-DFD 2009.
- CRESSWELL, W. (1994): Song as a pursuit-deterrent signal, and its occurrence relative to other anti-predation behaviours of skylark (*Alauda arvensis*) on attack by merlins (*Falco columbarius*). In: Behavioral Ecology and Sociobiology 34: 217-223.

- CUNNINGHAM, H. M., R. B. BRADBURY, K. CHANEY & A. WILCOX (2005): Effect of non-inversion tillage on field usage by UK farmland birds in winter. In: *Bird Study* 52: 173-179.
- DÄNHARDT, J., M. GREEN, A. LINDSTROM, M. RUNDLOF & H.G. SMITH (2010): Farmland as stopover habitat for migrating birds - effects of organic farming and landscape structure. In: *Oikos* 119(7): 1114-1125.
- DAWSON, W. R., C. CAREY & T. J. VAN`T HOF (1992): Methabolic aspects of shivering thermogenesis in passerines during winter. In: *Ornis Scandinavia* 23: 381-387.
- DBFZ (DEUTSCHES BIOMASSE FORSCHUNGSZENTRUM GEMEINNÜTZIGE GMBH) (2010): Jahresbericht 2010. 75 S., PögeDruck, Leipzig.
- DBV (DEUTSCHER BAUERNVERBAND) 2007: Situationsbericht 2008- Trends und Fakten zur Landwirtschaft. 286 S., Berlin.
- DBV (DEUTSCHER BAUERNVERBAND) 2011: Situationsbericht 2011- Trends und Fakten zur Landwirtschaft. 263 S., Rohr-KommunikationEventAgrar, Berlin.
- DE LA PEÑA, N. M., A. BUTET, Y. DELETTRE, G. PAILLAT, P. MORANT, L. LE DU & F. BUREL, (2003): Response of the small mammal community to changes in western French agricultural landscapes. In: *Landscape Ecology* 18: 265-278.
- DEGEN, A. (2004): Rastverlauf und -bestände von Schwänen und Gänsen im EU-Vogelschutzgebiet V16 "Emstal von Lathen bis Papenburg" sowie angrenzenden Gebieten 2003/04. 19 S., Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Hannover.
- DEGEN, A. (2007): Rastbestände von Schwänen und Gänsen im Biosphärenreservat "Niedersächsische Elbtalaue" 2006/07- Bestandsentwicklung, Phänologie und Jungvogelanteil sowie Effizienzkontrolle der Vertragsflächen. 36 S., Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue, Osnabrück.
- DESTATIS (STATISTISCHES BUNDESAMT DEUTSCHLAND) 2011: "Flächennutzung-Bodenfläche nach Nutzungsart." <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Statistiken/Umwelt/UmweltoekonomischeGesamtrechnungen/Flaechennutzung/Tabellen/Content100/Bodenflaeche,templateld=renderPrint.psml>, Stand vom 01.02.2011.
- DILLON, I. A., A. J. MORRIS & C. M. BAILEY (2009): Comparing the benefits to wintering birds of oil-seed rape establishment by broadcast and non inversion tillage at Grange Farm, Cambridgeshire, England. In: *Conservation Evidence* 6: 18-25.
- DLG (2010): Biomasse-Rüben Die Zuckerrübe als Biogassubstrat. In: DLG-Merkblatt 363: 19.
- DMK (DEUTSCHES MAISKOMITEE E.V.) (2011a): "Körnermaisbaufläche in Deutschland im mehrjährigen Vergleich." http://www.maiskomitee.de/web/public/Fakten.aspx/Statistik/Deutschland/Anbaufl%C3%A4che_K%C3%B6rnermais, Stand vom 24.02.2011.

- DMK (DEUTSCHES MAISKOMITEE E.V.) (2011b): "Silomaisanbaufläche in Deutschland im mehrjährigen Vergleich." http://www.maiskomitee.de/web/public/Fakten.aspx/Statistik/Deutschland/Anbaufl%C3%A4che_K%C3%B6rnermais, Stand vom 24.02.2011.
- DO-G (DEUTSCHEN ORNITHOLOGEN GESELLSCHAFT) (1995): Qualitätsstandards für den Gebrauch vogelkundlicher Daten in raumbedeutsamen Planungen. 36 S., NFN Medien-Service Natur, Minden.
- DO-G (DEUTSCHEN ORNITHOLOGEN GESELLSCHAFT) (2011): "PG Vögel der Agrarlandschaft." Projektgruppe Vögel der Agrarlandschaft. <http://www.do-g.de/58/>, Stand vom 02.05.2011.
- DOLESCHEL, P. (2006a): Weizen. In: MUNZERT, M. & J. FRAHM: Pflanzliche Erzeugung. 12. Aufl., S.438-462, BLV Buchverlag GmbH & Co. Kg, München.
- DOLESCHEL, P. (2006b): Roggen. In: MUNZERT, M. & J. FRAHM: Pflanzliche Erzeugung. 12. Aufl., S.493-502, BLV Buchverlag GmbH & Co KG, München.
- DONALD, P. F. & A. D. EVANS (1994): Habitat selection by corn buntings (*Miliaria calandra*) in winter. In: Bird Study 41: 199-210.
- DONALD, P. F. (1998): Changes in the abundance of invertebrates and plants on British farmland. In: British Wildlife 9: 279-289.
- DONALD, P. F., D. L. BUCKINGHAM, D. MOORCROFT, A. D. MUIRHEAD, A. D. EVANS & W. D. KIRBY (2001a): Habitat use and diet of skylarks (*Alauda arvensis*) wintering on lowland farmland in southern Britain. In: Journal of Applied Ecology 30: 536-547.
- DONALD, P. F., R. E. GREEN & M. F. HEATH (2001b): Agricultural intensification and the collapse of Europes farmland bird populations. In: Proceedings: Biological Sciences 268 (1462): 25-29.
- DOUGALL, T. W. (1996): Movement and mortality of British-ringed skylarks. In: Ringing Migration 17: 81-92.
- DOYLE, U., K. VOHLAND, J. ROCK, K. SCHÜMANN & M. RISTOW (2007): Nachwachsende Rohstoffe- eine Einschätzung aus Sicht des Naturschutzes. In: Natur und Landschaft 82 (12): 529-534.
- DVL (DEUTSCHER VERBAND FÜR LANDSCHAFTSPFELGE E.V.) & NABU (NATURSCHUTZBUND DEUTSCHLAND E.V.) (2007): Bioenergie? - Aber natürlich! Nachwachsende Rohstoffe aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes. 50 S., DLV Schriftenreihe "Landschaft als Lebensraum" 12.
- DVL (DEUTSCHER VERBAND FÜR LANDSCHAFTSPFELGE E.V.) & NABU (NATURSCHUTZBUND DEUTSCHLAND E.V.) (2009): Landwirtschaftliche Flächennutzung im Wandel- Folgen für Natur und Landschaft. 39 S., Druckhaus Berlin Mitte GmbH, Berlin.
- DZIEWIATY, K. & P. BERNARDY (2010): Brutvögel und Energiepflanzen. In: REICH, M. & S. RÜTER (Hrsg.): Energiepflanzenanbau und Naturschutz. Umwelt und Raum, Bd. 1, S.115-126, Cuvillier Verlag, Göttingen.

- DWD (DEUTSCHER WETTERDIENST) (2008a): Mittelwerte der Temperatur für den Zeitraum 1961-1990. <http://www.dwd.de/>, Stand vom 14.10.2008.
- DWD (DEUTSCHER WETTERDIENST) (2008b): Mittelwerte des Niederschlags für den Zeitraum 1961-1990. <http://www.dwd.de/>, Stand vom 14.10.2008.
- DWD (DEUTSCHER WETTERDIENST, VERTRIEBSLEITUNG KLIMA UND UMWELT) (2009): Temperatur und Niederschlag an der Wetterstation Hildesheim Drispstedt und Wind an der Wetterstation Hannover Flughafen von November 2008 bis März 2009. Schriftliche Mitteilung vom 16.12.2009, kl_dat_abgabe_387.xls.
- DWD (DEUTSCHER WETTERDIENST, VERTRIEBSLEITUNG KLIMA UND UMWELT) (2010): Temperatur und Niederschlag an der Wetterstation Hildesheim Drispstedt und Wind an der Wetterstation Hannover Flughafen von November 2009 bis März 2010. Schriftliche Mitteilung vom 08.04.2010.
- EEG (ERNEUERBARE-ENERGIEN-GESETZ) (2000): Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 29. März 2000 (BGBl. I S. 305), zuletzt geändert durch das Gesetz vom 22. Dezember 2003 (BGBl. I S. 3074).
- EEG (ERNEUERBARE-ENERGIEN-GESETZ) (2004): Gesetz zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich, vom 21.7.2004, verkündet in BGL I 2004 Nr. 40 vom 31.7.2004.
- EEG (ERNEUERBARE-ENERGIEN-GESETZ) (2011): Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz EEG)- Konsolidierte (unverbindliche Fassung) des Gesetzestextes in der ab 1. Januar geltenden Fassung (Grundlage: Der Entwurf der Bundesregierung vom 6.Juni 2011- BTA Drucks 17/6071 und Beschluss des Deutschen Bundestages vom 30. Juni 2011 BT-Drucks 17/6363).
- ELGAR, M. E. (1989): Predator vigilance and group size in mammals and birds: a critical review of the empirical evidence. In: *Biological Reviews* 64: 449-460.
- EVANS, A. D. & K. W. SMITH (1994): Habitat selection of ciril buntings (*Emberiza cirilus*) wintering in Britain. In: *Bird Study* 41: 81-87.
- EVANS, A. D., J. A. VICKERY & M. SHRUBB (2004): Importance of overwintered stubble for farmland bird recovery: a reply to Potts. In: *Bird Study* 51: 94-96.
- FACHVERBAND BIOGAS (2010): "Biogas Branchenzahlen 2010." http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Branchenzahlen, Stand vom 02.05.2011.
- FLADE, M., H. PLACHTER, E. HENNE & K. ANDERS (2003): Naturschutz in der Agrarlandschaft- Ergebnisse des Schorfheide-Chorin-Projektes. 388 S., Quelle und Meyer Verlag GmbH & Co., Wiedelsheim.
- FLADE, M., C. GRÜNEBERG, C. SUDFELD & J. WAHL (2008): Birds and Biodiversity in Germany- 2010 Target. 31 S., Bundesamt für Naturschutz, Münster.

- FNR (FACHVERBAND FÜR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE) (2006): Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung. 232 S., Gülzow.
- FNR (FACHVERBAND FÜR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE) (2010a): Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland. http://www.nachwachsenderohstoffe.de/fileadmin/fnr/images/aktuelles/medien/RZ_Grafik_Anbau_2010_300_rgb.jpg, Stand vom 02.05.2011.
- FNR (FACHVERBAND FÜR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE) (2010b): Entwicklung der Biogasanlagenzahl und daraus resultierende elektrische installierte Leistung in Deutschland. http://www.nachwachsenderohstoffe.de/fileadmin/fnr/images/daten-und-fakten/2010/Abb27_2010_300dpi.jpg, Stand 02.05.2011.
- FNR (FACHVERBAND FÜR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE) (2010c): Leitfaden Biogas- Von der Gewinnung zur Nutzung. 272 S., Stadtdruckerei Weidner, Gülzow.
- FOX, A. D. (2004): Has Danish agriculture maintained farmland bird populations? In: *Journal of Applied Ecology* 41(3): 427-439.
- FULLER, R. J., R. D. GREGORY, D. W. GIBBONS, J. H. MARCHANT, J. D. WILSON, S. R. BAILLIE & N. CARTER (1995): Population Declines and Range Contractions among Lowland Farmland Birds in Britain. In: *Conservation Biology* 9(6): 1425-1441.
- GESEMANN, S. & S. RÜTER (2007): Untersuchungen zur winterlichen Habitatnutzung der Avifauna in der Agrarlandschaft- am Beispiel der Gemeinde Wedemark (Niedersachsen). In: *Vogelkundliche Berichte Niedersachsens* 39: 121-134.
- GFÖ (GESELLSCHAFT FÜR ÖKOLOGIE) (2008): Energiepflanzenanbau- Ökologische Folgen für die Landschaft. In: *Nachrichten der Gesellschaft für Ökologie* 38 (1): 18-19.
- GILLINGS, S. & R. J. FULLER (1998): Changes in bird populations on sample lowland English farms in relation to loss of hedgerows and other non-crop habitats. In: *Oecologia* 116: 120-127.
- GILLINGS, S. & R. J. FULLER (2001): Habitat selection by skylarks (*Alauda arvensis*) wintering in Britain in 1997/ 98. In: *Bird Study* 48: 293-307.
- GLEMNITZ, M., R. PLATEN & C. SAURE (2008): Auswirkungen des Anbaus von Energiepflanzen auf Biodiversität: Bewertungsmethodik und Einfluss des Anbauverfahrens. In: *KTBL* (2008): Ökologische und ökonomische Bewertung nachwachsender Energieträger. S. 136-150, Lokay, Darmstadt.
- GLEMNITZ, M., R. PLATEN & J. HUFNAGEL (2010): Auswirkungen des landwirtschaftlichen Anbaus von Energiepflanzen auf die Biodiversität- Optionen in der Anbaugestaltung. In: REICH, M. & S. RÜTER (Hrsg.): *Energiepflanzenanbau und Naturschutz. Umwelt und Raum*, Bd. 1, S.77-90, Cuvillier Verlag, Göttingen.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. & H.-G. BAUER (1985): *Handbuch der Vögel Mitteleuropas- Passeriformes- Band 10-I, Passeriformes*. 505 S., Aula-Verlag GmbH, Wiesbaden.

- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U., H.-G. BAUER & E. BEZZEL (1994): Handbuch der Vögel Mitteleuropas- Band 5, Galliformes und Gruiformes. 699 S., Aula Verlag GmbH, Wiesbaden.
- GREGORY, R. D., G. N. DAVID & J. CUSTANCE (2004): The state of play of farmland birds: population trends and conservation status of lowland farmland birds in United Kingdom. In: IBIS 146: 1-13.
- GREGORY, R.D. & J.H. MARCHANT (1996): Population trends of Jays, Magpies, Jackdaws and Carrion Crows in the UK. In: Bird Study 43: 28-37.
- GREIFF, K. B., G. WEBER-BLASCHKE & M. FAULSTICH (2010): Förderung eines umweltschonenden Energiepflanzenanbaus- Vorschlag für eine raum- und energiepflanzendifferenzierte Prämie. In: Naturschutz und Landschaftsplanung 42: 101-107.
- GRUBB, T. & L. GREENWALD (1982): Sparrows and s brushpile: foraging responses to different combinations of predation risk and energy cost. In: Animal Behaviour 30: 637-640.
- GÜNTHER, A., U. NIGMANN, R. ACHTZIGER & H. GRUTTKE (2005): Analyse und Gefährdungsursachen planungsrelevanter Tiergruppen in Deutschland. In: Naturschutz und biologische Vielfalt 21, 608 S., Bonn- Bad Godesberg.
- HANCOCK, M. H. & J. D. WILSON (2003): Winter habitat associations of seed-eating passerines on Scottish farmland. In: Bird Study 50: 116-130.
- HAPKE, C. (BIOENERGIE HOTTELN GMBH & CO. KG.) (2009): Mündliche Auskunft vom 09.09.2009.
- HENDERSON, I.G., J.A. VICKERY & N. CARTER (2003): The use of winter bird crops by farmland birds in lowland England. In: Biological Conservation 118(1): 21-32.
- HILDEN, O. (1965): Habitat selection in birds: a review. In: Annales Zoologici Fennici 2: 53-75.
- HOFFMANN, J. (2008): Lebensraumqualität für Vogelarten in Agrarlandschaften unter besonderer Berücksichtigung von Maisflächen und selbstbegrüntem Ackerbrachen. In: Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 20: 201-204.
- HÖHER, G. C. (2010): Bioenergie und Energiepflanzenanbau in Niedersachsen. In: REICH, M. & S. RÜTER (Hrsg.): Energiepflanzenanbau und Naturschutz. Umwelt und Raum, Bd. 1, S. 7-14, Cuvillier Verlag, Göttingen.
- HOLLAND, J. M. (2004): The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. In: Agriculture, Ecosystems and Environment 103: 1-25.
- HÖTKER, H., K. JEROMIN & G. RAHMANN (2004): Bedeutung der Winterstoppeln und der Grünbrache für Vögel der Agrarlandschaft- Untersuchungen auf ökologisch und

- konventionell bewirtschafteten Ackerflächen in Schleswig-Holstein auf schweren Ackerböden. In: *Landbauforschung Völkenrode* 4 (54): 251-260.
- HÖTKER, H., P. BERNARDY, D. CIMIOTTI, K. DZIEWIATY, R. JOEST & L. RASRAN (2009): Maisanbau für Biogasanlagen- CO₂-Bilanz und Wirkung auf die Vogelwelt. In: *Berichte zum Vogelschutz* 46: 107-125.
- INSTITUT FÜR LANDESKUNDE (Hrsg.) (1960a): Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 73 Celle. Geographische Landesaufnahme 1:200.000. Naturräumliche Gliederung Deutschlands. 37 S., Bundesanstalt für Landeskunde und Raumforschung – Selbstverlag, Bad Godesberg.
- INSTITUT FÜR LANDESKUNDE (Hrsg.) (1960b): Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 86 Hannover. Geographische Landesaufnahme 1:200.000. Naturräumliche Gliederung Deutschlands. 60 S., Bundesanstalt für Landeskunde und Raumforschung – Selbstverlag, Bad Godesberg.
- INSTITUT FÜR LANDESKUNDE (Hrsg.) (1964): Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 57 Hamburg-Süd. Geographische Landesaufnahme 1:200.000. Naturräumliche Gliederung Deutschlands. 44 S., Bundesanstalt für Landeskunde und Raumforschung – Selbstverlag, Bad Godesberg.
- INSTITUT FÜR LANDESKUNDE (Hrsg.) (1970): Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 74 Salzwedel. Geographische Landesaufnahme 1:200.000. Naturräumliche Gliederung Deutschlands. 46 S., Bundesanstalt für Landeskunde und Raumforschung – Selbstverlag, Bonn-Bad Godesberg.
- JORDAN, D., J. A. STECKER, V. N. CACNIO-HUBBARD, F. LI, C. J. GANTZER & J. R. BROWN (1997): Earthworm activity in no-tillage and conventional tillage systems in Missouri soils: a preliminary study. In: *Soil biology and Biochemistry* 29: 489-491.
- KARPENSTEIN-MACHAN, M. & C. WEBER (2010): Energiepflanzenanbau für Biogasanlagen- Veränderungen in der Fruchtfolge und der Bewirtschaftung von Ackerflächen in Niedersachsen. In: *Naturschutz und Landschaftsplanung* 42 (10): 312-320.
- KLEFFMANNGROUP (2009): *Studieninformation 2008/ 2009*. 35 S., Lüdinghausen.
- KREBS, J. R., J. D. WILSON, R. B. BRADBURY & G. M. SIRIWARDENA (1999): The second silent spring? In: *Nature* 400: 611–612.
- KRUG, A. (2011): Lebensräume der Brutvögel in einer Agrarlandschaft mit und ohne Maisanbau. In: REICH, M. & S. RÜTER (Hrsg.): *Auswirkungen des großflächigen Anbaus von Energiepflanzen auf die Tierwelt der Agrarlandschaft*. Umwelt und Raum, Bd. 2, S. 59-74, Cuvillier Verlag, Göttingen.
- KRÜGER, T. & B. OLTMANN (2007): Rote Liste der in Niedersachsen und Bremen gefährdeten Brutvogelarten. In: *Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen* 27 (3/07): 131-175.

- KRUSKA, V. & C. EMMERLING (2008): Flächennutzungswandel durch Biogasanlagen-Regionale und lokale Erhebungen in Rheinland-Pfalz. In: Naturschutz und Landschaftsplanung 30 (3): 69-72.
- KTBL (KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT E.V.) & ATB (LEIBNIZ-INSTITUT FÜR AGRARTECHNIK POTSDAM-BORNIM E.V.) (2006): Energiepflanzen. 372 S., Lokay, Reinheim.
- LK HILDESHEIM (LANDKREIS HILDESHEIM, DER OBERKREISDIREKTOR, AMT FÜR UMWELT – UNTERE NATURSCHUTZBEHÖRDE) (HRSG.) (1993): Landschaftsrahmenplan Hildesheim, Karte Landwirtschaftliches Ertragspotenzial der Böden, Bodenkundliche Standortkarte 1: 200.000, Landwirtschaftliches Ertragspotenzial CC3918, CC 3926, CC 4718, CC 4726, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung.
- LBEG (LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE) (Hrsg.) (2008a): Bodenübersichtskarte. <http://memas01.lbeg.de/>, Stand vom 30.09.2008.
- LBEG (LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE) (Hrsg.) (2008b): Bodenschätzungskarte 1: 25.000. <http://memas01.lbeg.de/>, Stand vom 14.10.2008.
- LBEG (LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE) (Hrsg.) (2008c): Geologische Karte (1:50.000). <http://memas01.lbeg.de/lucidamap/index.asp?>. Stand vom 16.10.2008.
- LGN (LANDESVERMESSUNG + GEOINFORMATION NIEDERSACHSEN) (Hrsg.) (2002): Topographische Karte 1:25.000 (TK25), Blatt 3027, Faßberg.
- LGN (LANDESVERMESSUNG + GEOINFORMATION NIEDERSACHSEN) (Hrsg.) (2003): Topographische Karte 1:25.000 (TK25), Blatt 3228, Sprakensehl.
- LGN (LANDESVERMESSUNG + GEOINFORMATION NIEDERSACHSEN) (Hrsg.) (2005a): Topographische Karte 1:25.000 (TK25), Blatt 3328, Groß Oesingen.
- LGN (LANDESVERMESSUNG + GEOINFORMATION NIEDERSACHSEN) (Hrsg.) (2005b): Topographische Karte 1:25.000 (TK25), Blatt 3428, Münden (Aller).
- LGN (LANDESVERMESSUNG + GEOINFORMATION NIEDERSACHSEN) (Hrsg.) (2005c): Topographische Karte 1:25.000 (TK25), Blatt 3725, Sarstedt.
- LGN (LANDESVERMESSUNG + GEOINFORMATION NIEDERSACHSEN) (Hrsg.) (2005d): Topographische Karte 1:25.000 (TK25), Blatt 3824, Elze.
- LGN (LANDESVERMESSUNG + GEOINFORMATION NIEDERSACHSEN) (Hrsg.) (2005e): Topographische Karte 1:25.000 (TK25), Blatt 3826, Schellerten.
- LGN (LANDESVERMESSUNG + GEOINFORMATION NIEDERSACHSEN) (Hrsg.) (2005f): Topographische Karte 1:25.000 (TK25), Blatt 3924, Gronau (Leine).
- LGN (LANDESVERMESSUNG + GEOINFORMATION NIEDERSACHSEN) (Hrsg.) (2007): Topographische Karte 1:25.000 (TK25), Blatt 2927, Faßberg.
- LIMA, S. L. & L. M. DILL (1990): Behavioral decisions made under the risk of predation: A review and prospectus. In: Canadian Journal of Zoology 68: 619-640.

- LKN (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN) (2010): Energiepflanzen in Niedersachsen- Anbauhinweise und Wirtschaftlichkeit. 75 S., Willers Druck GmbH & Co. KG, Oldenburg.
- LOOFT, V. & J. KAISER (2003): Der Mäusebussard (*Buteo buteo*)- ein Nutznießer der EU-Ackerflächen-Stillegung? In: Corax 19: 203-215.
- LSKN (LANDESBETRIEB FÜR STATISTIK UND KOMMUNIKATIONSTECHNOLOGIE NIEDERSACHSEN) (2008): Bodennutzung und Ernte 2007. 54 S., Statistische Berichte Niedersachsen.
- MOORCROFT, D., M. J. WHITTINGHAM, R. B. BRADBURY & J. D. WILSON (2002): The Selection of stubble fields by wintering granivorous birds reflects vegetation cover and food abundance. In: Journal of Applied Ecology 39: 535-547.
- MUNZERT, M. & J. FRAHM (2006): Die Landwirtschaft Band 1: Pflanzliche Erzeugung. 1128 S., BLV Buchverlag GmbH & Co Kg, München.
- NABU (NATURSCHUTZBUND DEUTSCHLAND E.V.) (2004): Die Vögel der Agrarlandschaft- Bestand, Gefährdung, Schutz. 44 S., Warlich-Druck Meppenheim, Bergenhusen.
- NABU (NATURSCHUTZBUND DEUTSCHLAND E.V.) (2008): Die Bedeutung der obligatorischen Flächenstillegung für die Biologische Vielfalt- Fakten und Vorschläge zu Schaffung von ökologischen Vorrangflächen im Rahmen der EU-Agrarpolitik. 35 S., Berlin.
- NABU (NATURSCHUTZBUND DEUTSCHLAND E.V.) (2009): Landwirtschaft und Umwelt. 19 S., Druckhaus Berlin-Mitte GmbH, Berlin.
- NABU NIEDERSACHSEN (NATURSCHUTZBUND NIEDERSACHSEN E.V.) (2008a): Wiesen und Weiden weichen Maiswüsten- NABU Niedersachsen mahnt Genehmigungspflicht für Grünland an. <http://niedersachsen.nabu.de/themen/landwirtschaft/gruenland/06671.html>, Stand Dezember 2010.
- NABU NIEDERSACHSEN (NATURSCHUTZBUND NIEDERSACHSEN E.V.) (2008b): NABU warnt: Immer Grünland vermaist. <http://niedersachsen.nabu.de/themen/landwirtschaft/gruenland/06671.html>, Stand Dezember 2010.
- NETZWERK LEBENSRAUM BRACHE (2011): Energie aus Wildpflanzen. <http://www.lebensraum-brache.de/Projekte/Biogas/index.php>, Stand vom 10.8.2011.
- NEUMANN, H., R. LOGES & F. TAUBE (2009): Ausdehnung der Maisanbaufläche in Folge des "Biogas-Booms"- ein Risiko für Feldvögel? In: Berichte über Landwirtschaft, Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft 87: 65- 86.
- NEWTON, I. (2004): The recent declines of farmland bird populations in Britain: an appraisal of casual factors and conservation actions. In: IBIS 146: 579- 600.
- NLS (NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK) (2004): Bodennutzung und Ernte 2003. 50 S., Niedersächsisches Landesamt für Statistik, Hannover.

- NLWKN (NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT KÜSTEN- UND NATURSCHUTZ) (1999): NATRAUM.shp- Naturräumliche Regionen in Niedersachsen.http://www.umwelt.niedersachsen.de/master/C7604133_N7088682_L20_D0_I598.html, Stand vom 15.10.2008.
- NLWKN (NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT KÜSTEN- UND NATURSCHUTZ) (2008): "Naturräumliche Regionen in Niedersachsen." http://www.umwelt.niedersachsen.de/master/C7604133_N7088682_L20_D0_I598.html., Stand vom Oktober 2008.
- O`CONNOR, R. J. & M. SHRUBB (1986): Farming and birds. 290 S., Cambridge University Press, Cambridge.
- OELKE, H. (1968): Empfehlungen für Untersuchungen der Siedlungsdichte von Sommervogelbeständen. In: Die Vogelwelt 89 (1-2): 69-78.
- ORLOWSKI, G. (2006): Cropland use by birds wintering in arable landscape in south-west Poland. In: Agriculture, Ecosystems and Environment 116: 273-279.
- PAIN, D. J. & M. W. PIENKOWSKI (1997): Farming and Birds in Europe- The Common Agricultural Policy and its Implications for Bird Conservation.436 S., London, Academic Press.
- PANEK, M. (1997): Density-dependent brood production in the Grey Partridge (*Perdix perdix*) in relation to habitat quality. In: Bird Study 44: 235-238.
- PAUL-FEINDT-STIFTUNG (2005): Rastvogelkartierung in der Hildesheimer Börde 2003/2004- Dokumentation und Diskussion der Kartierergebnisse unter Berücksichtigung der Leitarten Kiebitz und Goldregenpfeifer. 31 S., Helpensen.
- PERRINGS, C., L. JACKSON, K. BAWA, L. BRUSSAARD, S. BRUSH, T. GAVIN, R. PAPA, U. PASCUAL & P. DE RUITER (2006): Biodiversity in Agricultural Landscapes: Saving Natural Capital without Losing Interest. In: Conservation Biology 20(2): 263-264.
- PETERS, W. (2007): Die möglichen Risiken des Biomasseanbaus für die Natur und Landschaft und ihre öffentliche Wahrnehmung. In: BfN-Skripten 211: 38-42.
- RAT DER EUROPÄISCHEN UNION (1992): Verordnung (EWG) Nr. 1765/92 des Rates vom 30. Juni 1992 zur Einführung einer Stützungsregelung für Erzeuger bestimmter landwirtschaftlicher Kulturpflanzen, Amtsblatt Nr. L 181 vom 01/07/1992 S. 0012 - 0020.
- RAT DER EUROPÄISCHEN UNION (2007): Verordnung (EG) Nr. 1107/2007 des Rates vom 26. September 2007 zur Abweichung von der Verordnung (EG) Nr. 1782/2003 mit gemeinsamen Regeln für Direktzahlungen der gemeinsamen Agrarpolitik und mit bestimmten Stützungsregelungen für Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe hinsichtlich der Flächenstilllegung für das Jahr 2008 (Abl. L 253 vom 28.9.2007, S. 1).

- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2008): R : A language and environment for statistical computing- Version 2.11.1. 1706 S., R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- REICH, M., S. RÜTER & J. E. TILLMANN (2011): Auswirkungen des großflächigen Anbaus von Energiepflanzen auf die Tierwelt der Agrarlandschaft – Ergebnisse des Forschungsvorhabens SUNREG III. In: REICH, M. & S. RÜTER (Hrsg.): Auswirkungen des großflächigen Anbaus von Energiepflanzen auf die Tierwelt der Agrarlandschaft. Umwelt und Raum, Bd. 2, S. 5-18, Cuvillier Verlag, Göttingen.
- ROBB, G.N., R.A. McDONALD, D.E. CHAMBERLAIN, S.J. REYNOLDS, J.E. HARRISON & S. BEARHOP (2008): Winter feeding of birds increases productivity in the subsequent breeding season. In: Biological Letters 4: 220-223.
- ROBINSON, R. A. & W. J. SUTHERLAND (1997): The feeding ecology of seed-eating birds on farmland in winter. In: Joint Nature Conservation Committee: The ecology and Conservation of Corn Buntings (*Miliaria calandra*). In: UK Nature Conservation No. 13: 162-169.
- ROBINSON, R. A. & W. J. SUTHERLAND (1999): The winter distribution of seed-eating birds: habitat structure, seed density and seasonal depletion. In: Ecography 22: 447-454.
- ROBINSON, R. A. & W. J. SUTHERLAND (2002): Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain. In: Journal of Applied Ecology 39(1): 157-176.
- ROBINSON, R. A., J. D. HART, J. M. HOLLAND & D. PARROTT (2004): Habitat use by seed-eating birds: a scale-dependent approach. In: IBIS 146: 87-98.
- RODE, M., C. SCHNEIDER, G. KETELHAKE & D. REIßHAUER (2005): Naturschutzfachliche Erzeugung und Nutzung von Biomasse zur Wärme- und Stromgewinnung. In: BfN-Skripten 136: 183 S.
- RODE, M. & H. KANNING (Hrsg.) (2010): Natur- und raumverträglicher Ausbau energetischer Biomassepfade. 324 S., ibidem-Verlag, Hannover.
- RÖSLER, S. & C. WEINS (1996): Aktuelle Entwicklung in der Landwirtschaftspolitik und ihre Auswirkungen auf die Vogelwelt. In: Die Vogelwelt 117: 169-185.
- RÜHMKORF, H. & M. REICH (2010): Nutzung der Agrarlandschaft durch die Vogelwelt im Winter unter besonderer Berücksichtigung des Maisanbaus. In: REICH, M. & S. RÜTER (Hrsg.): Energiepflanzenanbau und Naturschutz. Umwelt und Raum, Bd. 1, S. 127-150, Cuvillier Verlag, Göttingen.
- RÜHMKORF, H., S. MATTHIES & M. REICH (2011a): Die Bedeutung von Biogasanlagen als Lebensraum für Vögel. In: REICH, M. & S. RÜTER (Hrsg.): Auswirkungen des großflächigen Anbaus von Energiepflanzen auf die Tierwelt der Agrarlandschaft. Umwelt und Raum, Bd. 2, S. 163-179, Cuvillier Verlag, Göttingen.

- RÜHMKORF, H., S. MATTHIES, M. REICH & S. RÜTER (2011b): Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf die Landschaftsstruktur. In: REICH, M. & S. RÜTER (Hrsg.): Auswirkungen des großflächigen Anbaus von Energiepflanzen auf die Tierwelt der Agrarlandschaft. Umwelt und Raum, Bd. 2, S. 19-41, Cuvillier Verlag, Göttingen.
- RÜHMKORF, H., S. RÜTER, S. MATTHIES & M. REICH (2011c): Auswahl und Beschreibung der Untersuchungsgebiete im Forschungsvorhaben SUNREG III. In: REICH, M. & S. RÜTER (Hrsg.): Auswirkungen des großflächigen Anbaus von Energiepflanzen auf die Tierwelt der Agrarlandschaft. Umwelt und Raum, Bd. 2, S. 225-244, Cuvillier Verlag, Göttingen.
- RÜHMKORF, H. & M. REICH (2011): Einfluss des Energiepflanzenanbaus auf rastende und überwinternde Vögel in der Börde. In: REICH, M. & S. RÜTER (Hrsg.): Auswirkungen des großflächigen Anbaus von Energiepflanzen auf die Tierwelt der Agrarlandschaft. Umwelt und Raum, Bd. 2, S. 91-129, Cuvillier Verlag, Göttingen.
- RUSCHKOWSKI, E. v. & J. WIEHE (2008): Balancing Bioenergie Production and Nature Conservation in Germany: Potential Synergies and Challenges. In: Yearbook of Socioeconomics in Agriculture, Schweizerische Gesellschaft für Agrarwirtschaft und Agrarsoziologie, 3-12, Zürich.
- SALZMANN, M. & S. RÜTER (2007): Zur umweltökonomischen und naturschutzfachlichen Bedeutung der konservierenden Bodenbearbeitung. In: Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht 3: 351-379.
- SCHÖNE, F. (2007): Biomasseanbau: Schlussfolgerungen und Forderungen aus Sicht des NABU. In: BfN-Skripten 211: 133-135.
- SCHOPPE, R. (2006): Die Vogelwelt des Landkreises Hildesheim. 615 S., Georg Olms Verlag AG, Hildesheim.
- SCHÜMANN, K., J. ENGEL, K. FRANK, A. HUTH, R. LUICK & F. WAGNER (2010): Naturschutzstandards für den Biomasseanbau. In: Naturschutz und biologische Vielfalt 106, 198 S., Bonn- Bad Godesberg.
- SCHÜMANN, K., R. LUICK, F. WAGNER, J. ENGEL, K. FRANK & A. HUTH (2011): Biomasseanbau steuern- Konfliktminderung durch neue Anreize. In: Natur und Landschaft 83 (3): 112-119.
- SCHÜTTE, R. (2009): Biogasanlagen haben sich auf die Fruchtfolgen ausgewirkt. 3 S., Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Oldenburg.
- SCHÜZ, E. & W. MEISE (1968): Zum Begriff des Teilziehers. In: Vogelwarte 24: 213-217.
- SHRUPP, M. (2003): Birds, Scythes and Combines. 371 S., University Press, Cambridge.
- SICK, H. (1968): Vogelwanderungen im kontinentalen Südamerika. In: Vogelwarte 24: 217-243.

- SIRIWARDENA, G. M., H. Q. P. CRICK, S. R. BAILLIE & J. D. WILSON (2000): Agricultural land-use and the spatial distribution of granivorous lowland farmland birds. In: *Ecography* 23 (6): 702-719.
- SIRIWARDENA, G. M. & D. K. STEVENS (2004): Effects of habitat on the use of supplementary food by farmland birds in winter. In: *IBIS* 146 (2): 144-154.
- SIRIWARDENA, G. M., N. A. CALBRADE & J. A. VICKERY (2008): Farmland birds and late winter food: does seed supply fail to meet demand? In: *IBIS* 150: 585-595.
- SOTHERTON, N. W. & M. J. SELF (2000): Changes in plant and arthropod biodiversity on lowland farmland: an overview. In: AEBISCHER, N. J., A. D. EVANS, P.V. GRICE, & J. A. VICKERY (2000): *Ecology and Conservation of Lowland Farmland Birds*. 26-35, British Ornithologists`Union, Tring.
- SPENCER, R. (1982): Birds in winter- an outline. In: *Bird Study* 29 (3): 169-182.
- STOATE, C., N. D. BOATMAN, R. J. BORRALHO, C. R. CARVALHO, G. R. DE SNOO & P. EDEN (2001): Ecological impacts of arable intensification in Europe. In: *Journal of Environmental Management*: 337-365.
- STÜLPNAGEL, R., BUTTLAR, C.V., HEUSER, F. & M. WACHENDORF (2006): Verbundvorhaben: Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands, Teilprojekt 6 (FKZ: 220022805): Systemversuch zum Zweikultur-Nutzungssystem auf sechs Standorten im Bundesgebiet- Schlussbericht. 86 S., Witzenhausen.
- STURROCK, F. & J. CATHIE (1980): *Farm modernisation and the countryside*. 73 S., University of Cambridge, Cambridge.
- SÜDBECK, P., H. ANDRETTZKE, S. FISCHER, K. GEDEON, T. SCHIKORE, K. SCHRÖDER & C. SUDFELDT (2005): *Methodenstandards zur Erfassung der Brutvögel Deutschlands*. 792 S., Radolfzell.
- SÜDBECK, P., H.-G. BAUER, M. BOSCHERT, P. BOYE & W. KNIEF (2009): Rote Liste und Gesamtartenliste der Brutvögel (Aves) Deutschlands. In: BfN (Hrsg.): *Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands*, 159-227, Bonn.
- SUDFELDT, C., R. DRÖSCHMEISTER, C. GRÜNEBERG, A. MITSCHKE, H. SCHÖPF & J. WAHL (2007): *Vögel in Deutschland - 2007*. 37 S., DDA, BfN und LAG der Vogelschutzwarten, Münster.
- THRÄN, D., M. EDEL & T. SEIDENBERGER (2009): Identifizierung strategischer Hemmnisse und Entwicklung von Lösungsansätzen zur Reduzierung von Nutzungskonkurrenzen beim weiteren Ausbau der energetischen Biomassennutzung- 1. Zwischenbericht- 1. Teilbericht: Rahmenbedingungen, Biomassennutzung und Konkurrenzfelder der unterschiedlichen Bioenergiemärkte: 1-158. http://.dbfz.de/files/Biomassekonkurrenzen_Zwischenbericht.pdf

- TILLMANN, J. E. & A. KRUG (2010): Maisäcker als Lebensraum für die Tierwelt der Agrarlandschaft. In: REICH, M. & S. RÜTER (Hrsg.): Energiepflanzenanbau und Naturschutz. Umwelt und Raum, Bd. 1, S. 91-114, Cuvillier Verlag, Göttingen.
- TILLMANN, J. (2011): Zur ökologischen Bedeutung der Feldfrucht Mais als Lebensraum für das Rebhuhn. In: REICH, M. & S. RÜTER (Hrsg.): Auswirkungen des großflächigen Anbaus von Energiepflanzen auf die Tierwelt der Agrarlandschaft. Umwelt und Raum, Bd. 2, S. 75-90, Cuvillier Verlag, Göttingen.
- TIVY, T. (1993): Landwirtschaft und Umwelt: Agrarökosysteme in der Biosphäre. 344 S., Spektrum akademischer Verlag, Heidelberg.
- TUCKER, G. M. (1992): Effects of agricultural practices on fields use by invertebrate-feeding birds in winter. In: Journal of Applied Ecology 29: 779-790.
- VICKERY, J. A., J. R. TALLOWIN, R. E. FEBER, E. J. ASTERAKI, P. A. ATKINSON, R. J. FULLER & V. K. BROWN (2001): The management of lowland neutral grasslands in Britain: effects of agricultural practices on birds and their food resources. In: Journal of Applied Ecology 38: 647-664.
- VICKERY, J. A., P. A. ATKINSON, J. M. MARSHALL, T. WEST, K. NORRIS, L. J. ROBINSON, S. GILLINGS, A. WILSON & W. KIRBY (2005): The effects of different crop stubbles and straw disposal methods on wintering birds and arable plants. In: BTO Research Report No. 402, 84 S., Norfolk.
- VOIGTLÄNDER, U., W. SCHELLER & C. MARTIN (2001): Ermittlung von Ursachen für die Unterschiede im biologischen Inventar der Agrarlandschaft in Ost- und Westdeutschland als Grundlage für die Ableitung naturschutzverträglicher Nutzungsverfahren. In: Angewandte Landschaftsökologie 40, 408 S., Bonn- Bad Godesberg.
- WALSBERG, G. E. (1985): Physiological consequences of microhabitat selection. In: M. L. Cody (Hrsg.): Habitat selection in birds. S. 389-413, Academic Press, Orlando.
- WBGU (WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT DER BUNDESREGIERUNG GLOBALE UMWELTVERÄNDERUNGEN) (2008): Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung. 388 S., Mercedes Druck, Berlin.
- WEIß, C. (2008): Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf das Nahrungs- und Deckungsangebot in der herbstlichen Agrarlandschaft am Beispiel der Vogelwelt. 142 S. + Anhang, Diplomarbeit am Institut für Umweltplanung, Leibniz Universität Hannover, unveröffentlicht.
- WEIß, C. & M. REICH (2011): Erntereste auf Feldern im Herbst in Abhängigkeit von Fruchtart und Bodenbearbeitung – Untersuchungen zum Nahrungsangebot für Vögel unter Berücksichtigung des Energiepflanzenanbaus. In: REICH, M. & S. RÜTER (Hrsg.): Auswirkungen des großflächigen Anbaus von Energiepflanzen auf die Tierwelt der Agrarlandschaft. Umwelt und Raum, Bd. 2, S. 131-161, Cuvillier Verlag, Göttingen.

- WHITTINGHAM, M. J. & H. M. MARKLAND (2001): The influence of substrate on the functional response of an avian granivore and its implications for farmland bird conservation. In: *Oecologia* 130: 637-644.
- WHITTINGHAM, M. J., C. L. DEVEREUX, A. D. EVANS & R. B. BRADBURY (2006): Altering perceived predation risk and food availability: management prescriptions to benefit farmland birds on stubble fields. In: *Journal of Applied Ecology* 43: 640-650.
- WIEHE, J. & M. RODE (2007): Auswirkungen des Anbaus von Pflanzen zur Energiegewinnung auf den Naturhaushalt und andere Raumnutzungen. In: *Rundgespräche der Kommission für Ökologie* 33: 101-113.
- WIEHE, J., E. V. RUSCHKOWSKI, M. RODE, H. KANNING & C. V. HAAREN (2009): Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf die Landschaft - Am Beispiel des Maisanbaus für die Biogasproduktion in Niedersachsen. In: *Naturschutz und Landschaftsplanung* 41: 107-113.
- WIEHE, J., M. RODE & H. KANNING (2010): Raumanalyse I- Auswirkungen auf Natur und Landschaft. In: Rode, M & H. Kanning (2010): *Natur- und raumverträglicher Ausbau energetischer Biomassepfade*. 21-90, ibidem-Verlag, Stuttgart.
- WILSON, J. D., R. TAYLOR & A. D. MUIRHEAD (1996): Field use by farmland birds in winter: An analysis of field type preferences using resampling methods. In: *Bird Study* 43: 320-332.
- WILSON, J. D., M. J. WHITTINGHAM & R. B. BRADBURY (2005): The management of crop structure: a general approach to reversing the impacts of agricultural intensification on birds. In: *IBIS* 147: 453-463.
- WRETENBERG, J. (2006): The decline of farmland birds in Sweden. 45 S., Thesis, Department of Conservation Biology, Uppsala, Sweden.
- ZALF (LEIBNIZ ZENTRUM FÜR AGRARLANDSCHAFTSFORSCHUNG E.V.) (2008): Wege zur Naturschutzgerechten Erzeugung von Energiepflanzen für Biogasanlagen: Verfahren, Betriebe, Rahmenbedingungen, Endbericht für das DBU-Projekt AZ 23559-33/0. 161 S..
- ZEILEIS, A., C. KLEIBER & S. JACKMANN (2008): Regression models for Count Data in R. In: *Journal of Statistical Software* 27 (8): 1-25.

Eigenständigkeitserklärung

Ich erkläre, dass ich die hier vorgelegte Arbeit selbstständig angefertigt, die Arbeit anderer Personen deutlich erkennbar dargestellt und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Die Arbeit wurde noch nicht als Dissertation oder als Prüfungsarbeit vorgelegt.

Die Einzelartikel dieser kumulativen Dissertation wurden vorab mit Zustimmung meines Betreuers Prof. Dr. Michael Reich vorab veröffentlicht

Hannover, den 16.09.2011

Hilke Rühmkorf

Nachweis des individuellen Beitrags der Autorin

RÜHMKORF, H., S. RÜTER, S. MATTHIES & M. REICH (2011b): Auswahl und Beschreibung der Untersuchungsgebiete im Forschungsvorhaben SUNREG III. In: REICH, M. & S. RÜTER (Hrsg.): Auswirkungen des großflächigen Anbaus von Energiepflanzen auf die Tierwelt der Agrarlandschaft. Umwelt und Raum, Bd. 2, S. 225-244, Cuvillier Verlag, Göttingen.

Die Auswahl der Untersuchungsgebiete erfolgte in enger Abstimmung mit den Projektpartnern bzw. Koautoren S. Rüter und M. Reich. Die vorbereitenden Arbeiten zu der Auswahl potentiell geeigneter Räume mit Hilfe von geografischen Informationssystemen wurden durch die Erstautorin durchgeführt. Weiterhin erstellte die Erstautorin das Manuskript zu dem Artikel sowie die in dem Artikel enthaltenen Karten. In enger Zusammenarbeit mit S. Rüter wurden Korrekturen durchgeführt. Die Koautoren S. Matthies und M. Reich gaben weitere hilfreiche Korrekturvorschläge zu dem Manuskript.

RÜHMKORF, H., S. MATTHIES, M. REICH & S. RÜTER (2011a): Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf die Landschaftsstruktur. In: REICH, M. & S. RÜTER (Hrsg.): Auswirkungen des großflächigen Anbaus von Energiepflanzen auf die Tierwelt der Agrarlandschaft. Umwelt und Raum, Bd. 2, S. 19-41, Cuvillier Verlag, Göttingen.

Den Forschungsansatz entwickelte die Erstautorin in enger Zusammenarbeit mit den Koautoren S. Rüter und M. Reich. Die Methodik zu den Felderhebungen sowie die Arbeitsgrundlagen wurden von der Erstautorin erarbeitet. Die sehr umfangreichen Felderhebungen führte die Erstautorin in Zusammenarbeit mit den Koautoren S. Matthies und S. Rüter durch und S. Matthies half ebenfalls bei der umfangreichen Datenverwaltung der Felderhebungen. Die Auswertungen und Darstellung der Ergebnisse wurden mit den Koautoren diskutiert. Das Manuskript erstellte die Erstautorin und M. Reich sowie S. Matthies gaben hilfreiche Korrekturvorschläge

RÜHMKORF, H. & M. REICH (2010): Nutzung der Agrarlandschaft durch die Vogelwelt im Winter unter besonderer Berücksichtigung des Maisanbaus. In: REICH, M. & S. RÜTER (Hrsg.): Energiepflanzenanbau und Naturschutz. Umwelt und Raum, Bd. 1, 127-150, Cuvillier Verlag, Göttingen.

Die Erstautorin entwickelte in Diskussion mit dem Koautor M. Reich die Forschungs idee und die Konzeption der Untersuchungen zu diesem Artikel. Die Felduntersuchungen wurden ausschließlich von der Erstautorin durchgeführt, ebenso wie die Auswertung der Ergebnisse und das Schreiben des Manuskriptes. Der Koautor M. Reich stand bei der

Diskussion der Ergebnisse beratend zur Seite und gab Korrekturvorschläge für das Manuskript.

RÜHMKORF, H. & M. REICH (2011): Einfluss des Energiepflanzenanbaus auf rastende und überwinternde Vögel in der Börde. In: REICH, M. & S. RÜTER (Hrsg.): Auswirkungen des großflächigen Anbaus von Energiepflanzen auf die Tierwelt der Agrarlandschaft. Umwelt und Raum, Bd. 2, 91-129, Cuvillier Verlag, Göttingen.

Es bestehen von Seiten der Erstautorin und dem Koautor M. Reich die gleichen Eigenanteile, wie in dem vorangegangenen Artikel.

RÜHMKORF, H., S. MATTHIES & M. REICH (2011): Die Bedeutung von Biogasanlagen als Lebensraum für Vögel. In: REICH, M. & S. RÜTER (Hrsg.): Auswirkungen des großflächigen Anbaus von Energiepflanzen auf die Tierwelt der Agrarlandschaft. Umwelt und Raum, Bd. 2, 163-179, Cuvillier Verlag, Göttingen.

Die Forschungsidee wurde von der Erstautorin entwickelt. Die Felderhebungen, ebenso wie die Auswertung der Daten wurde in Zusammenarbeit mit der Koautorin S. Matthies durchgeführt. Das Manuskript erstellte die Erstautorin und S. Matthies sowie M. Reich gaben hilfreiche Korrekturvorschläge.