

Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf Natur und Landschaft - Entwicklung und Anwendung einer Bewertungsmethode

Von der Fakultät für Architektur und Landschaft
der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
zur Erlangung des akademischen Grades

Doktorin der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.)

genehmigte Dissertation
von Dipl.-Ing. Julia Wiehe
geboren am 08. April 1977 in Gummersbach

2011

Referent: Prof. Dr. Michael Rode

Koreferentin: Prof. Dr. Helga Kanning

Tag der Promotion: 15. August 2011

Vorwort und Danksagung

Die vorliegende Dissertation wurde im Rahmen des Forschungsprojektes „Ökologische Optimierung der Produktion und energetischen Nutzung von Biomasse – Natur- und raumverträglicher Ausbau energetischer Biomassepfade (SUNREG II)“ (Laufzeit April 2006 bis Ende Juni 2009) am Institut für Umweltplanung der Leibniz Universität Hannover (IUP) bearbeitet. Ziel des Projektes war die Abschätzung der ökologischen und raumwirksamen Konsequenzen der verstärkten Biomassenutzung sowie damit verbundener Interessenskonflikte. Diese Abschätzung ist von entscheidender Bedeutung, um energetische Biomassepfade ökologisch verträglich und nachhaltig auszubauen.

Im Projekt SUNREG II wurden die Biomassepfade Biogas und BtL (Biomass to Liquid, synthetischer Biokraftstoff) untersucht und Handlungsempfehlungen zur Förderung des natur- und raumverträglichen Ausbaus der energetischen Biomassenutzung entwickelt. Grundlage hierfür waren:

- eine Analyse der raumbezogenen Auswirkungen auf Natur und Landschaft basierend auf hierfür zusammengestellten Bewertungsmodellen (Raumanalyse I),
- eine Analyse der raumbezogenen Auswirkungen auf andere Raumnutzungen und der Steuerungs- und Koordinierungsmöglichkeiten basierend auf hierfür zusammengestellten Standards (Raumanalyse II) und
- eine Analyse der Akteurslandschaft und deren Interaktionen basierend auf einem Akteursmodell (Akteursanalyse).

Die vorliegende Arbeit ist im Zusammenhang mit der Raumanalyse I erstellt worden und wurde bereits in Form von sieben Fachartikeln veröffentlicht. Es handelt sich sowohl um Artikel in Zeitschriften („uvp-Report“ und „Naturschutz und Landschaftsplanung“) als auch um Buchbeiträge („Rundgespräche der Kommission für Ökologie“, „Yearbook of Socioeconomics in Agriculture“). Der größte Teil des Textes, die Kapitel 7, 8 und 9, wurde im Forschungsbericht des Projektes SUNREG II „Natur- und raumverträglicher Ausbau energetischer Biomassepfade“ veröffentlicht.

Ich danke meinen beiden Gutachern, Prof. Dr. Michael Rode und Prof. Dr. Helga Kanning, dass Inhalte der Raumanalyse I, die ich als wissenschaftliche Angestellte bearbeitet habe, in die Dissertation einfließen durften.

Darüber hinaus danke ich der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU), dem Niedersächsischen Ministerium für den ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (NML) sowie der Volkswagen AG für die Förderung des Forschungsprojektes und damit auch die Förderung meiner Dissertation.

Die letzten sechs Monate meiner Bearbeitungszeit wurden aus dem Programm zur Förderung von Promotionsabschlüssen nach dem Gleichstellungsplan der Leibniz Universität Hannover finanziert. Für die Unterstützung bei der Antragstellung danke ich ganz herzlich Frau Helga Gotzmann und Frau Gudron Mrus vom Gleichstellungsbüro der Universität Hannover sowie Herrn Prof. Dr. Michael Reich und Frau Lauterlein vom Institut für Umweltplanung.

Besonders geschätzt bei der täglichen Arbeit in den letzten Jahren habe ich die Kolleginnen und Kollegen am Institut für Umweltplanung, die mir moralisch zur Seite gestanden und meine Arbeit inhaltlich begleitet haben. Allen voran waren dies Nina Buhr und Katharina Steinkraus, mit denen ich das Projekt SUNREG II bearbeitet und Büro sowie diverse Hotelzimmer bei Tagungen und Seminaren geteilt habe. Stefan Rüter, Eick von Ruschkowski, Astrid Lipski, Yu Fang Lin, Stefan Blumentrath und Annedore Kinde danke ich für den regelmäßigen Austausch bei Kaffee und Bier, ebenso wie Roswitha Kirsch-Stracke und Roland Hachmann, die mich immer wieder motiviert und im positiven Sinne vorangetrieben haben. Nicht zuletzt habe ich mich über die Unterstützung von Malte Weller und seinem Team gefreut, der die Technik am Laufen gehalten hat.

Ich danke Nina Buhr, Katharina Steinkraus, Astrid Lipski, Stefan Rüter, Eick von Ruschkowski sowie Kristina Theusner und Barty Warren-Kretzschmar für die kritische Durchsicht meiner diversen Manuskripte.

Auch meine Eltern Renate und Gerhard Wiehe haben mich mit ihrem großen Interesse an meiner Arbeit und der Korrektur meiner Texte unterstützt. Ich danke ihnen und meinem Mann Jonas Wichern sowie unserer Tochter Matilda für die fröhliche Ablenkung und die unendliche Geduld mit mir und meiner Arbeit.

Hannover, im Mai 2011

Julia Wiehe

Inhalt

Kurzfassung	V
Abstract	IX
Abkürzungen	XIII
1 Einleitung	1
1.1 Aktuelle Einordnung des Themas.....	1
1.2 Stand der Forschung.....	5
1.3 Ziel der Arbeit und Untersuchungsfragen.....	6
2 Vorgehen und Aufbau der Dissertation	9
2.1 Vorgehen und Methoden.....	9
2.2 Aufbau der Dissertation.....	11
3 Artikel 1: Umwelt- und raumverträglicher Ausbau der energetischen Biomassenutzung	15
4 Artikel 2: Auswirkungen des Anbaus von Pflanzen zur Energiegewinnung auf den Naturhaushalt und andere Raumnutzungen	17
5 Artikel 3: Balancing Bioenergy Production and Nature Conservation in Germany: Potential Synergies and Challenges	19
6 Artikel 4: Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf die Landschaft am Beispiel des Maisanbaus für die Biogasproduktion in Niedersachsen	21
7 Artikel 5: Raumanalyse I - Auswirkungen auf Natur und Landschaft	23
8 Artikel 6: Anhang zur Raumanalyse I	25
9 Artikel 7: Planerische Koordinierung für einen natur- und raumverträglichen Ausbau energetischer Biomassepfade	27
10 Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse	29
10.1 Die Ergebnisse der Fachartikel.....	29
10.1.1 Ergebnisse der Ebene Fläche/Schlag.....	29
10.1.2 Ergebnisse der Ebene Landschaft.....	33
10.1.3 Ergebnisse zur Bewertungsmethode und zu den Steuerungsmöglichkeiten.....	35
10.2 Die Grenzen und Möglichkeiten der Bewertungsmethode.....	37
10.3 Die Ergebnisse des Dissertationsvorhabens im Kontext der aktuellen Entwicklungen.....	40

11	Fazit.....	45
12	Quellenverzeichnis.....	47

Kurzfassung

Schlagworte: Energiepflanzenanbau, Ökologische Risikoanalyse, Landschaftsplanung

Der Ausbau der erneuerbaren Energien hat sich aus Gründen des Klimaschutzes und der Versorgungssicherheit zu einem wichtigen politischen Ziel entwickelt. Aufgrund massiver Förderung konnte sich ihr Anteil am gesamten Endenergieverbrauch in Deutschland in den letzten zehn Jahren auf 11 % nahezu vervierfachen. Der wichtigste regenerative Energieträger ist die Biomasse, deren Nutzung in den kommenden Jahren in den Sektoren Strom, Wärme und Kraftstoff weiter ausgebaut werden soll.

Die Bedeutung von Biogas für die Stromerzeugung ist insbesondere durch das Inkrafttreten des Gesetzes für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG) im Jahr 2000 sowie dessen Novellierung 2004 stark gestiegen. Eine erneute Novelle des EEG im Jahr 2009 hat dazu geführt, dass weiterhin, regional sehr heterogen verteilt, Biogasanlagen geplant und realisiert werden. Da in Niedersachsen überwiegend nachwachsende Rohstoffe vergoren werden, wirkt sich der stetige Zuwachs auf die bestehenden Landnutzungssysteme und Fruchtfolgen aus. Diese Intensivierung der Flächennutzung führt in den biogasstarken Regionen bereits heute zu Konflikten um steigende Pachtpreise, Veränderungen der Ackerbiozönose und des Landschaftsbilds sowie zu Auswirkungen auf das Grundwasser. Bei der Standortplanung der Biogasanlagen bleibt die Biomasseproduktion bzw. der Energiepflanzenanbau zunächst unberücksichtigt, obwohl er auf Grund der großen Flächeninanspruchnahme stärkere Auswirkungen auf den Naturhaushalt hat als die Anlage selbst.

Grundlage für eine vorausschauende Steuerung des Ausbaus erneuerbarer Energien ist die Kenntnis der Zusammenhänge der Wirkung des Energiepflanzenanbaus und der Empfindlichkeit des Naturhaushalts. Ziel der Arbeit ist daher die Erarbeitung einer Methode zur umfassenden Bewertung dieser Auswirkungen auf den Naturhaushalt. Die Methode orientiert sich an bereits bestehenden und in der Praxis der Landschaftsplanung angewendeten Bewertungsmethoden, so dass sie ebenso wie die daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen zukünftig Eingang in die Planungspraxis finden kann.

Die Bewertungsmethode wird in den drei Modellregionen Hildesheim, Soltau-Fallingb. und Emsland angewendet, mit denen die verschiedenen Naturräume und für Niedersachsen typischen landwirtschaftlichen Produktionsbedingungen abgebildet werden. Auf Grundlage dieser Ergebnisse können dann allgemeine Aussagen zu den Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf den Naturhaushalt gemacht werden.

Ausgangspunkt für die Bearbeitung des Dissertationsvorhabens bilden drei Arbeitshypothesen:

1. Der Energiepflanzenanbau hat im Vergleich zur derzeit üblichen Produktion von Futter- und Nahrungsmitteln auf der Untersuchungsebene der landwirtschaftlichen Fläche/Schlag andere und zum Teil neue Auswirkungen auf Natur und Landschaft.
2. Die Auswirkungen auf der Ebene Fläche/Schlag beeinflussen den Naturhaushalt auch auf der weiter gefassten Untersuchungsebene der Landschaft. Darüber hinaus entstehen auf dieser übergeordneten Ebene neue Auswirkungen.

3. Die Landschaftsplanung bietet die Bewertungsmethoden und Steuerungsansätze, um den Ausbau der Biomasseproduktion natur- und raumverträglich zu gestalten.

Aus der Auswertung der Anbaustatistiken in Niedersachsen geht hervor, dass Mais derzeit das Hauptsubstrat für die Produktion von Biogas ist. Auf der Ebene Fläche/Schlag ist daher mit den bereits bekannten Wirkungen des Maisanbaus zu rechnen, wie z. B. Boden-erosion, Belastung der Grund- und Oberflächenwässer oder die Veränderungen des Landschaftsbildes. Neue Energiepflanzen oder Anbauverfahren kommen nur in geringem Umfang zum Einsatz. Welche bisherigen Ackerfrüchte substituiert werden, ist regional unterschiedlich.

Jede landwirtschaftliche Flächennutzung ist mit Auswirkungen auf den Naturhaushalt verbunden. Aus der Anwendung der Bewertungsmethode auf der Untersuchungsebene Fläche/Schlag (Hypothese 1) wird deutlich, dass eine Festlegung, welche Fruchtart insgesamt naturverträglicher ist, nicht möglich ist. Einzelne der Indikatoren der Anbauverfahren können eine verringerte Beeinträchtigung im Vergleich zur bisherigen Nutzung hervorrufen, an anderer Stelle im Anbausystem entstehen dafür höhere Wirkungen. Insgesamt wurden die sieben Wirkfaktoren „Maschineneinsatz“, „Düngung“, „Humuszehrung“, „Bodenbearbeitung“, „Wasserverbrauch“, „Pflanzenschutz“ und „Bestandesentwicklung“ mit Hilfe von 27 Indikatoren untersucht. Je nachdem welche der elf Empfindlichkeiten des Naturhaushaltes betroffen sind und welche Bedeutung diese an dem konkreten Standort haben, muss die Wirkung der Indikatoren unterschiedlich bewertet werden.

Die Untersuchung der Landschaftsebene (Hypothese 2) zeigt die Heterogenität des Ausbaus der Energiepflanzenproduktion in Niedersachsen. Während im Landkreis Hildesheim nur geringe Veränderungen durch die Biomasseproduktion erkennbar sind, hat in Soltau Fallingb. der Mais den Winterroggen als dominierende Fruchtart bereits abgelöst. Im Landkreis Emsland ist die Fruchtfolge weiter verengt und das Sommergetreide durch die Erweiterung des Maisanbaus stark zurückgedrängt worden. In allen drei Modellregionen ist darüber hinaus durch den Verlust der Brachflächen eine hohe Beeinträchtigung des Naturhaushaltes zu erwarten.

Die Untersuchungsebene der Landschaft und der hier untersuchte Wirkfaktor „Fruchtartendiversität“ sind entscheidend für die Bewertung der Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus. Die Wirkung des Maises auf den Naturhaushalt entsteht nun auf größeren Flächen und wird möglicherweise nicht mehr durch weniger belastete Nachbarflächen abgeschwächt. Andererseits kann der Energiepflanzenanbau (z. B. im Landkreis Hildesheim) auch zu einer Erweiterung der Fruchtfolge beitragen und das Risiko negativer Auswirkungen der bisher angebauten Fruchtfolge minimieren.

Als Grundlage der Bewertungsmethode werden nach dem in der Umweltplanung bewährten Prinzip der Ökologischen Risikoanalyse acht Wirkkomplexe definiert, die die zu erwartenden wesentlichen Umweltveränderungen abbilden (Hypothese 3). Hierzu zählen z. B. der Verlust der Bodenfruchtbarkeit, der Austrag von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln oder der Verlust von Lebensräumen und Artenvielfalt. Auf diese Weise wird das komplexe Wirkungsgefüge zwischen der landwirtschaftlichen Flächennutzung und dem Naturhaushalt strukturiert. Aus diesen Wirkkomplexen werden die relevanten Wirkfaktoren der landwirtschaftlichen Flächennutzung abgeleitet, ebenso wie die von dieser Wirkung be-

troffenen Landschaftsfunktionen. Die Wirkintensität der Indikatoren und die Empfindlichkeiten der Landschaftsfunktionen werden dann getrennt voneinander bewertet. Anschließend werden die Bewertungsergebnisse zur Ermittlung der erwarteten Beeinträchtigungsintensität des Indikators an dem konkreten Standort miteinander verknüpft.

Für die Bewertung der Empfindlichkeiten stehen bereits Methoden der Landschaftsplanung zur Verfügung, deren Eingangsdaten entweder online den Informationsdiensten des Landes Niedersachsen oder den Landschaftsplänen entnommen werden können. Um auf der anderen Seite die Wirkung eines landwirtschaftlichen Produktionsverfahrens umfassend zu bewerten, lag bisher noch keine anerkannte Methode vor. Die relevanten Parameter und ihre Wertstufeneinteilungen wurden daher aus der aktuellen Fachliteratur und Expertengesprächen abgeleitet. Die Eingangsdaten wurden von der Landwirtschaftskammer Niedersachsen zur Verfügung gestellt.

Im Zusammenhang mit der Auswahl der Bewertungsindikatoren wurde deutlich, dass das Schema der Ökologischen Risikoanalyse nicht in allen Wirkkomplexen angewendet werden kann, da eine absolut negative oder positive Bewertung der Empfindlichkeit von Biotop- oder Landschaftserlebnisfunktion nicht möglich ist. Das schematische, stark vereinfachende Vorgehen der Ökologischen Risikoanalyse würde die Auswirkungen auf die Vielzahl der unterschiedlichen Lebensraumsprüche bzw. die große Bandbreite an regional-typischen Landschaftsbildern nicht korrekt abbilden. Es wurde daher eine „relative Bewertung“ eingeführt. Dieser Vergleich einer neuen Fruchtart (z. B. Energiemais) mit den herkömmlichen Ackerfrüchten bewertet das Maß der erwarteten Veränderung, wobei die bisherige Fruchtfolge in einer Landschaft als Referenzsystem angenommen wird.

Die Anwendung der Methode in den Modellregionen verdeutlicht ihre Komplexität. Sollen alle potenziellen Auswirkungen auf sämtliche Landschaftsfunktionen in die Bewertung einbezogen werden, muss eine große Zahl von Daten über die jeweiligen Anbauverfahren und den Naturhaushalt vor Ort ermittelt werden. Für das Dissertationsvorhaben wurden seitens der Landwirtschaftskammer Anbaudaten zur Verfügung gestellt, die in der Praxis schwer zu beschaffen sein werden. Die Anwendung der Bewertungsmethode wird daher wahrscheinlich nur unvollständig möglich sein. Für diesen Fall ist die Ökologische Risikoanalyse als Methodik gut geeignet, da einzelne Indikatoren ausgelassen werden können und nur diejenigen Verknüpfungen in die Bewertung einbezogen werden, deren Eingangsdaten in ausreichender Genauigkeit zur Verfügung stehen. Wenn keinerlei Daten für die Bewertung eines Anbauverfahrens vorliegen, können für eine grobe Abschätzung die Indikatoren der Ebene der Landschaft herangezogen werden.

Die Bewertungsmethode kann auch bewusst nur auf Teilbereiche des Naturhaushaltes angewendet werden, wenn bspw. in einer Gemeinde besonders wichtige oder besonders empfindliche Landschaftsfunktionen bekannt sind. Besteht ein Risiko der Beeinträchtigung dieser Landschaftsfunktionen, können entsprechende Bewirtschaftungsauflagen formuliert werden.

Die Untersuchung hat gezeigt, dass eine steuernde Einflussnahme auf den Energiepflanzenanbau durch das formale Instrumentarium der räumlichen Planung, zu dem auch die Landschaftsplanung zählt, derzeit nicht stattfindet. Mit der Wahl des Standortes wird über die Bauleitplanung aber die Bewirtschaftung der umliegenden landwirtschaftlichen

Nutzflächen stark beeinflusst. Eine fachlich fundierte Landschaftsplanung sollte daher die kritischen Gebiete zu einzelnen Empfindlichkeiten in ihren Planwerken räumlich darstellen und Lösungsmöglichkeiten, z. B. Vorschläge zu Bewirtschaftungsvorgaben oder optimierten Standorten für geplante Biogasanlagen, aufzeigen. Hierzu müssen die vorhandenen Pläne fortgeschrieben und an die aktuelle Entwicklung im Energiesektor angepasst werden. So können die Konzepte und Leitbilder um Aussagen zu den regionalen oder kommunalen Potenzialen ergänzt werden oder besonders empfindliche Bereiche gegenüber dem Anbau von Energiepflanzen dargestellt werden.

Zur natur- und raumverträglichen Ausgestaltung des Prozesses können neben der kontinuierlichen Anpassung des Fachrechts an die veränderten Bedingungen Agrarumweltmaßnahmen genutzt werden. Diese sollten auf die spezifischen Empfindlichkeiten vor Ort angepasst werden. Darüber hinaus sollten Naturschutzstandards für den Biomasseanbau im EEG als dem wichtigsten Steuerungsinstrument verankert werden. Da sich dieses Bundesgesetz vor Ort sehr unterschiedlich auf den Raum auswirkt, muss die Position der regionalen bzw. kommunalen Ebene gestärkt werden und die kommunale Bauleitplanung darauf vorbereitet sein, den Ausbau der erneuerbaren Energien vor Ort aktiv zu gestalten. Zur Steuerung dieses Prozesses sollten außerdem verstärkt informelle Planungsinstrumente eingesetzt werden, indem z. B. regionale Initiativen in die Entwicklung neuer Leitbilder und Konzepte für die Energieversorgung einbezogen werden. Mit Hilfe von regionalen Energiekonzepten können die Vorteile einer Energieerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern besser genutzt werden, die dezentral und flexibel an die Potenziale und Empfindlichkeiten in der jeweiligen Region angepasst werden können.

Die vorliegende Dissertation wurde im Rahmen des Forschungsprojekts „Ökologische Optimierung der Produktion und energetischen Nutzung von Biomasse – Natur- und raumverträglicher Ausbau energetischer Biomassepfade (SUNREG II)“ (Laufzeit April 2006 bis Ende Juni 2009) bearbeitet. Die Arbeit wurde kumulativ erstellt und in Form von sieben Fachartikeln veröffentlicht.

Abstract

Keywords: bioenergy crop production, ecological risk assessment, landscape planning

The development of renewable energies has become an important political objective as a result of the growing importance of climate protection issues and securing energy supplies. The promotion of renewable energy has increased its proportion of the total energy consumption in Germany to 11 % at present. This is almost a fourfold increase over the last decade. The most important regenerative energy source is biomass, which shall be expanded over the coming years in the areas of electricity, heat and fuel.

This context as well as legislation such as the renewable energy law (EEG), which came into effect in the year 2000, as well as its amendment in 2004, has increased the relevance of biogas for electricity generation. A further amendment to the EEG in 2009 led to more biogas plants being planned and realised, with a regionally very heterogeneous distribution. As mainly, renewable primary products are fermented in Lower Saxony. The constant growth of acreage affects the existing land use systems and crop rotations. When planning the locations of biogas plants, the agricultural requirements of energy crops are not considered, despite their stronger effects on the ecological balance of the region. In fact the energy crops require a much larger land area than the biogas plant itself. This intensification of the area demand has already led to conflicts in some biogas heavy regions. Such issues include increased lease prices, changes in the agricultural habitats and the overall appearance of the landscape as well as impacts on the ground water.

For long-term planning, knowledge about the interrelationship of effects of the cultivation method and the sensitivity of ecological balance is essential. Hence, the objective of this thesis is the development of a method for the evaluation of the impacts of bioenergy crop production for biogas use on the natural environment. The developed method is in alignment with existing methods. It is also in alignment with those methods used within the practice of landscape planning, so that the method as well as the derived conclusions can be implemented into landscape planning practice in the future.

The evaluation method has been applied in the three model regions Hildesheim, Soltau-Fallingb. and Emsland. These test areas represent different physical regions in Lower Saxony and typical agricultural production conditions. On the basis of these results, general statements on the impact of bioenergy crop production on the ecological balance of the area can be made.

Starting point for this thesis are three working hypotheses:

1. The bioenergy crop production has in comparison to the currently common production of foods at the analysis level of agricultural acreage different and partially new impacts on nature and landscape.
2. The implications at the level of the acreage also influence the ecological balance at the landscape scale. Furthermore, new implications develop on this higher-ranking level.
3. Landscape planning offers the evaluation methods for and guidance of the development of biomass production in a nature- and acreage-friendly way.

The analysis of farming statistics in Lower Saxony shows that momentarily the main substrate for the production of biogas is corn. At the level of acreage, the known implications of corn farming such as soil erosion, ground- and surface water contamination or the changes to the appearance of the landscape develop. New energy crops or farming methods are only used to a limited extent. The types of crops which are being substituted are different from region to region.

All agricultural land use affects the ecosystem. The application of the evaluation method at the analysis level of acreage (hypothesis 1) shows that determining which crop is more ecologically compatible is impossible. Individual indicators of cultivation methods can induce an alleviated adverse effect in comparison to the present utilisation, while other indicators in the cropping system develop stronger implications. In total, 27 indicators for machine use, the processing dates and the crop development or the effective allocation of resources were analysed. Depending on which of the 11 sensitivities of the ecosystem are affected and which meaning they have for a particular site, the implication of the indicators must be evaluated differently.

The evaluation of the landscape level (hypothesis 2) shows the heterogeneity of the development of the energy plant production in Lower Saxony. In the administrative district of Hildesheim, there are only little changes due to biomass production that are noticeable at the landscape level. However in Soltau Fallingb. the corn has replaced the winter rye as dominating crop. In the administrative district Emsland crop rotation has narrowed and the summer cereals have been replaced with the development of the corn crop. In all three model regions, a strong adverse effect on the ecosystem can be expected due to the loss of fallow land.

The landscape scale and the analysed factor „crop diversity“ is crucial in the evaluation of the implications of the bioenergy crop production. The effect of corn on the ecosystem develops now on larger acreages and is possibly not weakened anymore by less stressed neighbouring acreages. On the other hand, the energy plant cultivation (e.g. in the administrative district of Hildesheim) can also contribute to an expansion of crop rotation and minimise the risk of negative effects of the presently cultivated crop rotation.

As a basis of the evaluation method, eight ‘impact complexes’ are defined based on the established principle of ecological risk assessment in environmental planning, which describe the expected significant environmental changes (hypothesis 3). To these belong, for example, the loss of ground fertility, the output of fertiliser and pesticides or the loss of habitats and diversity of species.

By doing so, the complex interrelationships between the agricultural acreage usage and the ecosystem are structured. The relevant factors of the land use as well as the affected landscape functions are derived from these impact complexes. The response intensity of the indicators and the sensitivities of the landscape functions are analysed independently of each other. Afterwards, the evaluation results for determining the expected interference intensity of the indicator at a particular site are connected.

Methods of landscape planning for the assessment of the sensitivities are already available, and their input data can be obtained online from the information systems of Lower Saxony or from the landscape plans. On the other hand, to date, there is no approved method available that is used to analyse the effect of agricultural production processes extensively. The relevant parameter and their scales were derived from the latest scien-

tific literature and from expert discussions. The input data were provided by the Chamber of Agriculture of Lower Saxony.

In connection with the selection of impact factors, it became evident that the scheme of ecological risk assessment cannot be used with all impact complexes. An absolute negative or positive assessment of the sensitivity of the biotope or recreational value is not possible. The schematic, simplistic approach of ecological risk analysis would not reflect the effects of the variety of different habitat requirements and the wide range of typical regional landscape images correctly. Therefore, a “relative assessment” was introduced. This comparison of a new crop (e.g. energy corn/maize) with the conventional field crops assessed the degree of expected change, with the current crop rotation in a landscape adopted as a reference system.

The application of the method in the model regions illustrates their complexity. If all potential impacts are included on all landscape features in the evaluation, a significant number of data on the respective cultivation methods and the ecosystem must be determined locally. The Chamber of Agriculture provided production data for this thesis, which would be difficult to obtain in practice. The application of valuation method is, therefore, likely to be only partially possible.

In this case, the ecological risk analysis methodology is very suitable because individual factors can be excluded. Furthermore only links are included in the assessment that have input data which are available and sufficient accurate . If no data are available for the evaluation of a production process, a rough estimate of the indicators can be made the landscape level. The evaluation method can only be applied purposely to parts of the ecosystem; if, for example, especially important sensitive landscape functions in a community are known. If there is a risk of impairment of these landscape functions, corresponding management requirements can be formulated.

The evaluation has shown that a controlling influence on the energy crops using the formal instrument of spatial planning, landscape planning included, does currently not take place. With the selection of the location, urban land use planning strongly influences the management of surrounding farmland. A technically sound landscape planning should spatially describe the critical points for individual sensitivities in their plans proposals and show solutions, such as propositions on management targets or optimised locations for planned biogas plants.

To this end, the existing plans must be continued and be adapted to the recent developments in the energy sector. In this way concepts and ideals for statements on regional or communal potentials can be complemented or areas especially sensitive to cultivation of energy plants can be described.

Apart from the continued adaptation of the specialist law to the changed conditions, agro-environmental measures can be used for nature and spatially compatible development of the process. Those should be adapted to the specific sensitivities on location. In addition, standards of nature conservation standards for biomass cultivation should be incorporated into the EEG as the most important control element. As the federal law affects regions differently, the position of the regional or communal level has to be strengthened. The communal zoning should be prepared to organise the development of renewable energies at a local level.

Moreover, informal planning instruments can be used to develop new role models and concepts. With the help of regional energy concepts, the advantages of a decentralised energy production from renewable energies can mean a more flexible approach based on the sensitivities of a specific region.

This thesis was developed as part of the research project „Ecologically and spatially sound expansion of energetic biomass pathways (SUNREG II)” (term April 2006 to end of June 2009). This is a cumulative thesis and has been published in the form of seven scientific articles.

Abkürzungen

ABAG	Allgemeine Bodenabtragsgleichung
AEM	Agri-Environmental Measures
ATB	Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e. V.
BauGB	Baugesetzbuch
BHKW	Blockheizkraftwerk
BImSchG	Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundesimmissionschutzgesetz)
BioKraftQuG	Gesetz zur Einführung einer Biokraftstoffquote durch Änderung der Bundesimmissionschutzgesetzes und zur Änderung energie- und stromsteuerrechtlicher Vorgaben (Biokraftstoffquotengesetz)
BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BNatSchG	Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz)
BtL	Biomass to Liquid, synthetischer Biokraftstoff
CAP	Common Agricultural Policy
CC	Cross Compliance
DBU	Deutsche Bundesstiftung Umwelt
dena	Deutsche Energie-Agentur GmbH
DüMV	Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (Düngemittelverordnung)
DüngeV	Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung)
EEG	Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz)
EEWärmeG	Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz)
FAO	Food and Agriculture Organization
FNP	Flächennutzungsplan
FNR	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik der Europäischen Union
GfP	Gute fachliche Praxis
GHG	Greenhouse Gas
ha	Hektar
IEKP	Integriertes Energie- und Klimaprogramm
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
K	Kalium
KWel	Kilowatt elektrische Leistung
KWK	Kraft-Wärme-Koppelung
KWKG	Gesetz über die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Koppelung (Kraft-Wärme-Koppelungs-Gesetz)
LBEG	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie
LCA	Life Cycle Assessments
LGN	Landesvermessung und Geoinformation Niedersachsen
LK	Landkreis
LP	Landschaftsplan
LROP	Landesraumordnungsprogramm (Niedersachsen)
LRP	Landschaftsrahmenplan
LSKN	Landesbetrieb für Statistik und Kommunikationstechnologie Niedersachsen

LWK	Landwirtschaftskammer Niedersachsen
MW el	Megawatt elektrische Leistung
N	Stickstoff
NAW	Nitratauswaschungsgefährdung
Nawaro	nachwachsende Rohstoffe
NIBIS	Niedersächsisches Bodeninformationssystem
NLWKN	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
NML	Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung
NMU	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt und Klimaschutz
NNatG	Niedersächsisches Naturschutzgesetz
P	Phosphor
PBSM	Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel
PflSchG	Gesetz zum Schutz der Kulturpflanzen (Pflanzenschutzgesetz)
PflSchMV	Verordnung über Pflanzenschutzmittel und Pflanzenschutzgeräte (Pflanzenschutzmittelverordnung)
PSM	Pflanzenschutzmittel
REK	Regionales Entwicklungskonzept
ROG	Raumordnungsgesetz des Bundes
RROP	Regionales Raumordnungsprogramm (Bezeichnung des Regionalplans in Niedersachsen)
SRU	Sachverständigenrat für Umweltfragen
SUNREG I	„Modell zur technischen, sozioökonomischen und ökologischen Bewertung von Biomassebereitstellungssystemen, am Beispiel ausgewählter Regionen in Niedersachsen und Brandenburg zur Herstellung von SunFuel“ (Querschnittsprojekt; Bearbeitung: LWK Niedersachsen, 3N und ATB)
SUNREG II	„Ökologische Optimierung der Produktion und energetischen Nutzung von Biomasse – Natur- und raumverträglicher Ausbau energetischer Biomassepfade“ (Bearbeitung: IUP in Kooperation mit dem ATB)
SUP	strategische Umweltprüfung
TA Lärm	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
UAA	Utilized Agricultural Area
UBA	Umweltbundesamt
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
VDLUFA	Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten

1 Einleitung

1.1 Aktuelle Einordnung des Themas

Der Ausbau der erneuerbaren Energien hat sich in den letzten zwanzig Jahren aus Gründen des Klimaschutzes und der Versorgungssicherheit zu einem wichtigen politischen Ziel entwickelt. Ein bedeutender Meilenstein dieser Entwicklung ist das Integrierte Energie- und Klimaprogramm (IEKP), die sogenannten „Meseberger Beschlüsse“, die im Jahr 2007 durch die damalige Bundesregierung verabschiedet wurden. Das Programm beinhaltet sowohl Klimaschutzziele als auch Ziele für den Ausbau der erneuerbaren Energien und Ziele zur Steigerung der Energieeffizienz. Darüber hinaus wurden konkrete Maßnahmen zur Umsetzung dieser Ziele erarbeitet (vgl. BMU 2007). Insgesamt sollen die CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2020 um 40 % gegenüber dem Jahr 1990 reduziert werden. Dies soll unter anderem durch den Ausbau der erneuerbaren Energien erreicht werden, die im Jahr 2020 einen Anteil an der Stromversorgung von 25-30 % und an der Wärmeversorgung von 14 % haben sollen. Des Weiteren soll mit einem neuen Biogaseinspeisegesetz die Verwendung von Biogas als Kraftstoff und in Kraftwerken gefördert werden (BMU 2007: 3).

Die CDU/FDP-Koalition hat als Fortführung dieser Beschlüsse im September 2010 ein Energiekonzept erstellt, mit dem eine „zuverlässige, wirtschaftliche und umweltverträgliche Energieversorgung“ erreicht werden soll (BMWi & BMU 2010: 3). In diesem Konzept werden die Entwicklungsziele für die erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2050 fortgeschrieben, die dann 60 % des Bruttoendenergieverbrauchs decken sollen. Der Bruttostromverbrauch soll bis dahin zu 80 % des Bruttostromverbrauchs regenerativ erzeugt werden.

Auch international geht Deutschland weitere Verpflichtungen zum Klimaschutz ein. Im Dezember 2010 wurde im Rahmen der Weltklimakonferenz in Cancún erneut die Minderung der CO₂-Emissionen als wichtigste Maßnahme zur Einhaltung des 2-Grad-Ziels und damit zur Reduzierung des Klimawandels festgeschrieben (BMU 2010a). Durch den Ausbau der erneuerbaren Energien konnten 2010 in Deutschland bereits rund 117 Millionen Tonnen CO₂ vermieden werden (BMU 2011: 3).

Neben den positiven Effekten für den Klimaschutz tragen die regenerativen Energien zur Versorgungssicherheit Deutschlands bei, indem sie die Abhängigkeit von Energieimporten reduzieren. Ein weiteres ökonomisches Argument für den Einsatz von Sonne, Wind und Biomasse ist die große Zahl an Arbeitsplätzen, die in den vergangenen Jahren in dieser Branche entstanden ist. Über 370.000 Menschen waren 2010 in diesem Sektor tätig (BMU 2011: 15). Durch die dezentralen, regional organisierten Strukturen verbleibt die Wertschöpfung im Inland, so dass die Branche der Wirtschaftskrise im Jahr 2009 trotzen konnte und rund 36 Mrd. Inlandsumsatz erwirtschaftete (BMU 2010b: 8).

Die erneuerbaren Energien haben in den letzten 10 Jahren ihren Anteil am gesamten Endenergieverbrauch in Deutschland von 3,2 auf 11 % nahezu vervierfachen können (BMU 2011: 3, vgl. Abb. 1). Der wichtigste regenerative Energieträger, die Biomasse, trägt mit 7,9 % (BMU 2011: 4) am meisten hierzu bei und soll in den kommenden Jahren weiter

ausgebaut werden. Im Energiekonzept der Bundesregierung werden das „breite Einsatzspektrum“ und die „gute Speicherfähigkeit“ der Bioenergie hervorgehoben (BMWi & BMU 2010: 10). Aufgrund dieser Eigenschaften soll die Biomasse dazu dienen, die fluktuierende Stromerzeugung aus Wind und Sonne auszugleichen und eine bedarfsgerechte Einspeisung zu erreichen. In diesem Zusammenhang soll gerade Biogas in allen Sektoren, als Kraftstoff sowie im Wärme- und Strombereich, genutzt werden (ebd.).

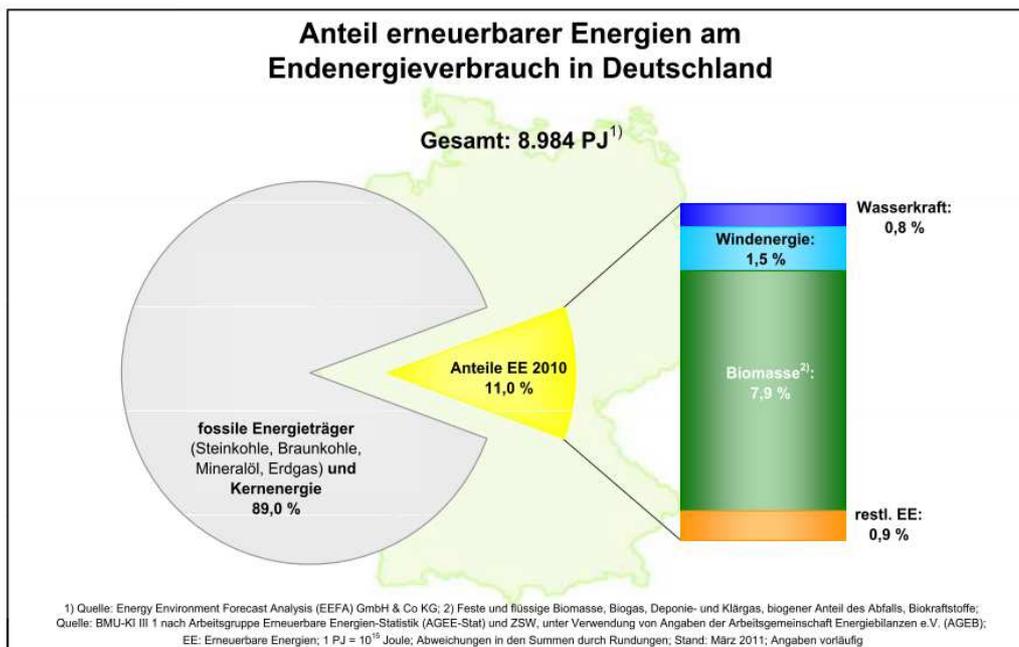


Abb. 1: Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch in Deutschland (BMU 2011)

Die Bedeutung von Biogas für die Stromerzeugung ist insbesondere durch das Inkrafttreten des Gesetzes für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG) im Jahr 2000 sowie dessen Novellierung 2004 stark gestiegen (IE 2007).¹ Mit dem deutlichen Anstieg der Erzeugerpreise für die derzeit wichtigsten Einsatzstoffe Mais und Getreide seit Mitte 2007 ging der starke Zuwachs der Biogasanlagen zunächst zurück (FvB 2008).

Neben den wieder gesunkenen Erzeugerpreisen in der Landwirtschaft hat vor allem die erneute Novelle des EEG im Jahr 2009 mit erhöhten Vergütungssätzen und der Einführung des Gülle-Bonus dazu geführt, dass weiterhin Biogasanlagen geplant und realisiert werden. Der Gülle-Bonus ist eine Erweiterung des sogenannten „Nawaro-Bonus“, welcher bei ausschließlicher Vergärung nachwachsender Rohstoffe gezahlt wird. Der zusätzliche Gülle-Bonus wird vergütet, wenn bezogen auf die Obergrenze der Anlagenleistung 30 Masseprozent Gülle eingesetzt wird (EEG, Anlage 2). Auf diese Weise sollen die Ausweitung des Energiepflanzenanbaus reduziert und mehr Reststoffe in Biogasanlagen ge-

¹ Das EEG verpflichtet die Netzbetreiber, regenerativ erzeugten Strom vorrangig abzunehmen und einzuspeisen. Die Anlagenbetreiber erhalten für den produzierten Strom eine gesetzlich festgelegte Vergütung, die für 15 bis 20 Jahre garantiert ist. Diese Vergütung variiert je nach Anlagentechnik oder Standort und wird regelmäßig an die veränderten Marktbedingungen angepasst.

nutzt werden (FvB 2010: 4, siehe hierzu auch Kap. 10). Durch die Vergärung und die anschließende Lagerung in gasdicht abgedeckten Behältern können im Vergleich zur herkömmlichen Lagerung von Gülle Klimagasemissionen reduziert werden (SRU 2011: 156).

Neben der Novellierung des EEG wurden zur Umsetzung der Meseberger Beschlüsse weitere Gesetze verabschiedet bzw. novelliert:

- als Anreiz für den Ausbau der gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme (Kraft-Wärme-Kopplung - KWK):
das novellierte Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (2008) sowie
das Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – EEWärmeG) (2009)
- als Anreiz für die Förderung der Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz die auf Grundlage des § 24 Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG 2005) erlassene „Verordnung zur Förderung der Biogaseinspeisung“ (2008) und
- das „Gesetz zur Einführung einer Biokraftstoffquote durch Änderung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes und zur Änderung energie- und stromsteuerrechtlicher Vorschriften“ (BioKraftQuG) (2007) als Anreiz zur verstärkten Nutzung von Biokraftstoffen.

Biogasnutzung in Deutschland und Niedersachsen

Aufgrund dieser gesetzlichen Förderungen und Vorgaben steigt die Biogasnutzung in Deutschland weiter an. Während im Jahr 2000 rund 1.043 Anlagen 78 MWel produzierten, wird für 2010 mit einer Zahl von 5.800 Anlagen und 2.300 MWel gerechnet (FNR 2010).

Die regionale Verteilung der Biogasanlagen ist dabei sehr heterogen. Im Vergleich der Bundesländer sind Bayern (1.691 Anlagen produzieren 424,1 MWel) und Niedersachsen (900 Anlagen produzieren 465 MWel) im Jahr 2010 führend bei der Anzahl der Anlagen und der installierten elektrischen Leistung. Schlusslichter sind neben den Stadtstaaten die Bundesländer Saarland (9 Anlagen, 3,5 MWel), Hessen (97 Anlagen, 34 MWel) und Rheinland-Pfalz (98 Anlagen, 38,5 MWel) (KALTSCHMITT et al. 2010: 254).

Auch innerhalb der Bundesländer haben sich räumliche Schwerpunkte der Biogasproduktion gebildet. In Niedersachsen sind dies bspw. die Regionen Soltau-Fallingb., Rotenburg-Bremervörde und die Veredlungsregionen Cloppenburg, Oldenburg und Emsland (NML & NMU 2010: 5).

Die bereits sehr hohe Zahl von Anlagen in Niedersachsen wird sich bis zum Jahr 2011 auf 1.333 Anlagen erhöhen, wenn die in 2010 genehmigten und in Planung befindlichen Anlagen realisiert werden (NML & NMU 2010: 4). Der größte Zuwachs ist dabei in den bereits bestehenden Schwerpunktregionen zu erwarten: in Rotenburg sollen 42 neue Anlagen realisiert werden, in Cloppenburg 24, in Oldenburg 26 sowie im Emsland 59 Anlagen.

Eine nach wie vor deutlich geringere Biogasnutzung findet im südlichen Niedersachsen in der Ackerbauregion statt, da hier die Getreideproduktion auf den guten Standorten für die Betriebe ökonomisch rentabler ist (NML & NMU 2010: 5). In den drei Landkreisen Helmstedt, Holzminde und Osterode wurden in 2009 keine oder weniger als fünf Biogasanlagen betrieben, in elf weiteren Landkreisen wurden bis 2010 insgesamt zwischen fünf und zehn Biogasanlagen errichtet.

Da 90 % der Biogasanlagen in Niedersachsen ausschließlich nachwachsende Rohstoffe (Nawaros) vergären (NML & NMU 2010: 6), wirkt sich der stetige Zuwachs der Biogasanlagen auf die bestehenden Landnutzungssysteme und Fruchtfolgen aus. Die Maisanbaufläche bspw. wurde in 2010 gegenüber dem Vorjahr um 60.000 ha auf 546.000 ha ausgeweitet, der Energiemaisanteil liegt bei circa 35 % (NML & NMU 2010: 12). Dies kann in Regionen mit hoher Biogas- oder auch Viehdichte zu einem Maisanteil von über 50 % der Ackerfläche führen (NML & NMU 2010: 14).

Besonders in diesen Regionen treten daher Konflikte zwischen den verschiedenen an der Biogasproduktion beteiligten Akteuren auf und der weitere Ausbau wird nicht nur positiv bewertet. Innerhalb der Landwirtschaft bereitet die Erhöhung der Pachtpreise Probleme, die mit der verstärkten Nachfrage nach Agrarprodukten insbesondere in den Viehveredelungsregionen in Verbindung gebracht wird (vgl. EMMANN 2011: www und BAHRS & THIERING 2010: www). Im Landkreis Cloppenburg haben sich Milchviehhalter zu einer Interessengemeinschaft zusammengeschlossen, da sie um die Wirtschaftlichkeit ihrer Betriebe fürchten (KAHNT-RALLE 2008: www) und auch einige Berufsverbände sehen in der Subventionierung und dem Ausbau der Biogasproduktion eine für Milchviehbetriebe kritische Entwicklung (vgl. WLV 2001: www oder BAUERNVERBAND SCHWÄBISCH-HALL-HOHNLOHE-REMS 2010: www).

Auch Konflikte wegen der Auswirkungen des Maisanbaus auf die Ackerbiozönose und das Landschaftsbild sind in vielen Regionen aktuell. Die Kulturlandschaft verändert sich, indem regionaltypische Fruchtfolgen zurückgedrängt werden und der Maisanbau zunimmt. Naturschutzverbände und Bürgerinitiativen setzen sich vermehrt gegen die „Vermaisung“ der Landschaft ein (vgl. z. B. NABU 2010: www, BN 2010: www, WWF 2011: www).

Darüber hinaus zeigen sich Auswirkungen des vermehrten Maisanbaus und der Ausbringung der Gärreste auf die Grundwasserqualität. Sowohl der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) als auch der Oldenburgisch-Ostfriesische Wasserverband (OOWV) sehen bspw. die erhöhten Nitratreinträge in das Grundwasser im Landkreis Oldenburg im Zusammenhang mit dem verstärkten Maisanbau für die Biogasproduktion (CORDES 2010: www). Im Umweltbericht 2010 des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt und Klimaschutz (NMU) wird darauf hingewiesen, dass 50 von 120 Grundwasserkörpern den gemäß der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (RL 200/60/EG - WRRL) festgelegten Grenzwert von 50mg/l Nitrat überschreiten und damit der Kategorie „schlechter chemischer Zustand“ zugeordnet werden (NMU 2011: www). Durch den geplanten Ausbau der Biomassenutzung ist zukünftig mit einer Verschärfung des Problems zu rechnen (vgl. CORDES 2010: www).

Die Grundwasserquantität in Niedersachsen wurde nach den Kriterien der WRRL bisher als gut bewertet. Besonders im Nordosten Niedersachsens benötigt die landwirtschaftliche Flächennutzung aber regelmäßig zusätzliche Feldberegnung, für die Grundwasser entnommen wird. Um die Vorgaben der WRRL auch zukünftig einhalten zu können und den regionalen Wasserhaushalt nicht zu belasten, werden hier wasserwirtschaftliche Untersuchungen durchgeführt, mit denen die nutzbare Grundwassermenge genau ermittelt werden kann (NMU 2011: www). Eine weitere Intensivierung der Flächennutzung oder die Einführung neuer Energiepflanzen mit einem höheren Wasserverbrauch können in diesen Regionen zu weiteren Konflikten mit der Wasserwirtschaft führen (LWK 2008b).

1.2 Stand der Forschung

Bereits zu Beginn des Dissertationsvorhabens im Jahr 2006 zeichnete sich ab, dass die verstärkte energetische Biomassenutzung an eine Umstrukturierung der landwirtschaftlichen Produktion gekoppelt ist und neue Wechselwirkungen mit dem Naturhaushalt auftreten werden. Zu dieser Zeit lagen nur wenige Publikationen zum Thema der Auswirkungen des Ausbaus der energetischen Biomassenutzung auf Natur und Landschaft vor. Es wurden quantitative Aussagen zu technisch oder wirtschaftlich nutzbaren Biomassepotenzialen gemacht, die aber vornehmlich auf statistischen Daten ohne räumlichen Bezug basierten (vgl. FRITSCHKE et al. 2004, NITSCH et al. 2004, THRÄN et al. 2005, EEA 2006). Neben den technischen Fragen der Biogasgewinnung und der Wirtschaftlichkeit der Anlagen oder der Gasausbeute der Inputstoffe blieben die Betrachtung der standortkonkreten Auswirkungen auf Natur und Landschaft unberücksichtigt.

Die fehlenden naturschutzfachlichen Bewertungen landwirtschaftlicher Produktionsverfahren und der weitere Forschungsbedarf wurden in verschiedensten Studien konstatiert (vgl. z. B. KALTSCHMITT & REINHARDT 1997; GEIER 2000; WETTERICH & KÖPKE 2003; REINHARD & SCHEURLEN 2004; RODE & KANNING 2005; RODE et al. 2005). Besonders große Wissenslücken gab es bezogen auf die Auswirkungen des Anbaus der Energiepflanzen auf den Naturhaushalt und daraus abzuleitende Folgerungen für die Praxis der Umweltplanung (vgl. KANNING 2001a: 183ff).

Diese Wissenslücken wurden zum Teil parallel zu der Bearbeitung dieser Dissertation von verschiedenen Forschungsgruppen bearbeitet. Die Projekte beziehen sich aber in der Regel auf einzelne Funktionen des Naturhaushaltes. So befassen sich das Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI) und die Ingenieurgesellschaft für Landwirtschaft und Umwelt (IGLU, Göttingen) mit den Aspekten des Gewässerschutzes und der Gewässernutzung beim Anbau von Energiepflanzen (NITSCH et al. 2008). Von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) wurden und werden Projekte zur Optimierung einzelner Anbauverfahren gefördert. Vorrangig handelt es sich um „pflanzenbauliche, landtechnische und logistische sowie im Einzelfall auch züchterische Forschungsarbeiten“ (FNR 2011: www). Ähnliche Projekte werden auch vom Forschungszentrum Jülich (ptj) oder dem Deutschen BiomasseForschungsZentrum (DBFZ) in Leipzig unterstützt bzw. durchgeführt (vgl. DBFZ & PTJ: www). In diesem Zusammenhang wurde auch das Projekt „Entwicklung und Vergleich von optimalen Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands“ (EVA, Laufzeit bis 2012) von der FNR initiiert. Im Rahmen dieses Projektes wurden von Seiten des Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e. V. Müncheberg (ZALF) die ökologischen Folgewirkungen des Energiepflanzenanbaus analysiert, allerdings die biotischen und abiotischen Folgewirkungen getrennt voneinander in jeweiligen Teilprojekten. Das Projekt SUNREG III (REICH & RÜTER 2011) sowie die Arbeiten der Biologinnen DZIEWATY & BERNADY (2010) untersuchten darüber hinaus die Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf die Tierwelt der Agrarlandschaft.

Mit den Ergebnissen dieser Vielzahl von Einzelprojekten stehen zu den jeweiligen Landschaftsfunktionen sehr unterschiedlich detaillierte Informationen über die Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus zur Verfügung. Es fehlt eine umfassende Untersuchung, die die relevanten Informationen über alle betroffenen Funktionen des Naturhaushaltes zusammenführt und mit vergleichbaren Methoden erfasst und bewertet. Eine solche Unter-

suchung kann dann an konkreten Standorten als Grundlage für planerische Entscheidungen beim weiteren Ausbau der Biomassenutzung dienen.

Auch die Möglichkeiten planerischen Handelns im Handlungsfeld der energetischen Biomassenutzung wurden in Forschungsprojekten aufgegriffen. Die zunächst untersuchten Instrumente beziehen sich aber wie beispielsweise im Projekt „Optimierungen für einen nachhaltigen Ausbau der Biogaserzeugung und -nutzung in Deutschland“ (IFEU & PARTNER 2008) auf die Genehmigungsplanung der Biogasanlagen und nicht auf die Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus (vgl. hierzu auch GÜNNIEWIG & WACHTER 2007, RÖHNERT 2006 oder SRU 2008). Der Energiepflanzenanbau, der auf Grund der großen Flächeninanspruchnahme größere Auswirkungen auf den Naturhaushalt hat, bleibt zunächst unberücksichtigt. Vereinzelt finden sich inzwischen auch Praxisbeispiele, wie die kommunale Bauleitplanung das Problem zu lösen versucht. So macht der Bebauungsplan der Gemeinde Schellerten (LK Hildesheim) Aussagen zu Ausgleichsflächen für die Feldlerche, die aufgrund der Versiegelung durch die baulichen Anlagen einer geplanten Biogasanlage ausgewiesen werden müssen (GEMEINDE SCHELLERTEN 2009: www). Der Lebensraumverlust dieser Vogelart, der möglicherweise aufgrund des Maisanbaus im Umkreis der Biogasanlage entsteht, wird in diesem Zusammenhang dagegen nicht berücksichtigt.

Überlegungen zur Steuerung des Energiepflanzenanbaus beziehen sich meist allgemein auf die Regelungen und Vorgaben zur landwirtschaftlichen Flächennutzung und bleiben räumlich und inhaltlich unkonkret (vgl. SCHÜMANN et al. 2011, BOSCH & PARTNER 2009, SRU 2011). Ein Wissensdefizit besteht demnach weiterhin hinsichtlich der Frage, wie das Wissen über die Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf den Naturhaushalt im Zusammenhang mit der Genehmigung einer Anlage in die planerische Entscheidungsfindung über den geeigneten Standort einfließen kann.

1.3 Ziel der Arbeit und Untersuchungsfragen

Während die Biomassenutzung in hohem Tempo weiter ausgebaut wird, sind die dargestellten Wissenslücken bisher nicht geschlossen. Eine Methode zur umfassenden Bewertung der Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf den Naturhaushalt fehlt ebenso wie eine darauf aufbauende vorausschauende Gestaltung des Ausbaus der erneuerbaren Energien.

Ziel der Arbeit ist es daher, eine solche Methode zur Bewertung der Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus für die Biogasnutzung auf den gesamten Naturhaushalt zu erarbeiten. Die Auswirkungen werden sowohl auf der Untersuchungsebene der landwirtschaftlichen Fläche/Schlag als auch auf der weiter gefassten Untersuchungsebene der Landschaft erwartet. Die Methode soll sich an bereits bestehenden und in der Praxis der Landschaftsplanung angewendeten Bewertungsmethoden orientieren, so dass die Ergebnisse bzw. die daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen ebenso wie die Methode selbst zukünftig Eingang in die Planungspraxis finden können.

Als Ausgangspunkt für die Bearbeitung des Dissertationsvorhabens dienen drei Arbeitshypothesen. Aus diesen werden Untersuchungsfragen abgeleitet, die in den folgenden Kapiteln bearbeitet werden.

Hypothese 1: Der Energiepflanzenanbau hat im Vergleich zur derzeit üblichen Produktion von Futter- und Nahrungsmitteln auf der landwirtschaftlichen Fläche/Schlag andere und zum Teil neue Auswirkungen auf Natur und Landschaft.

- Welche bisherigen Ackerfrüchte werden durch den Energiepflanzenanbau substituiert?
- Wie wirken sich die neuen Fruchtarten im Vergleich zu den substituierten Kulturen auf den Naturhaushalt auf der Ebene Fläche/Schlag aus?

Hypothese 2: Die Auswirkungen auf der Ebene Fläche/Schlag beeinflussen den Naturhaushalt auch auf der weiter gefassten Ebene der Landschaft. Darüber hinaus entstehen auf dieser übergeordneten Ebene neue Auswirkungen.

- Welche Veränderungen entstehen durch den Energiepflanzenanbau für die Biogasproduktion in der Fruchtfolge?
- Wie wirken sich diese Veränderungen in der Fruchtfolge auf den Naturhaushalt auf der Ebene Landschaft aus?

Hypothese 3: Die Landschaftsplanung bietet die Bewertungsmethoden und Steuerungsansätze, um den Ausbau der Biomasseproduktion natur- und raumverträglich zu gestalten.

- Welche Methoden und Datengrundlagen stehen für die Bewertung zur Verfügung?
- Wie kann der Energiepflanzenanbau mit Hilfe der Landschaftsplanung vorausschauend gestaltet werden?

2 Vorgehen und Aufbau der Dissertation

2.1 Vorgehen und Methoden

Zur Bearbeitung der Arbeitshypothesen und Untersuchungsfragen wird zunächst die zu untersuchende Prozesskette Biogas definiert (vgl. Kap. 3). Sie wird unterteilt in die Phasen Biomasseproduktion, Rohstoffbereitstellung, Umwandlung, Reststoffverwertung und Energiebereitstellung. Der Schwerpunkt der Untersuchung liegt auf der Untersuchung der Phase der Biomasseproduktion bzw. des Energiepflanzenanbaus, da hier die größten Auswirkungen auf den Raum erwartet werden.

Im folgenden Schritt werden die Auswirkungen der Biomasseproduktion auf Natur und Landschaft detailliert untersucht (vgl. zu Vorgehen und Methoden Kap. 7, vgl. Abb. 2). Hierfür werden zunächst auf Grundlage einer umfangreichen Literaturrecherche nach dem Prinzip der Ökologischen Risikoanalyse Wirkkomplexe definiert, die die zu erwartenden wesentlichen Umweltveränderungen abbilden (vgl. BACHFISCHER 1978, VON HAAREN 2004 & SCHOLLES 2008). Aus diesen Wirkkomplexen werden die relevanten Wirkfaktoren der landwirtschaftlichen Flächennutzung abgeleitet, ebenso wie die von dieser Wirkung betroffenen Landschaftsfunktionen (vgl. Kap. 4 bis 7).

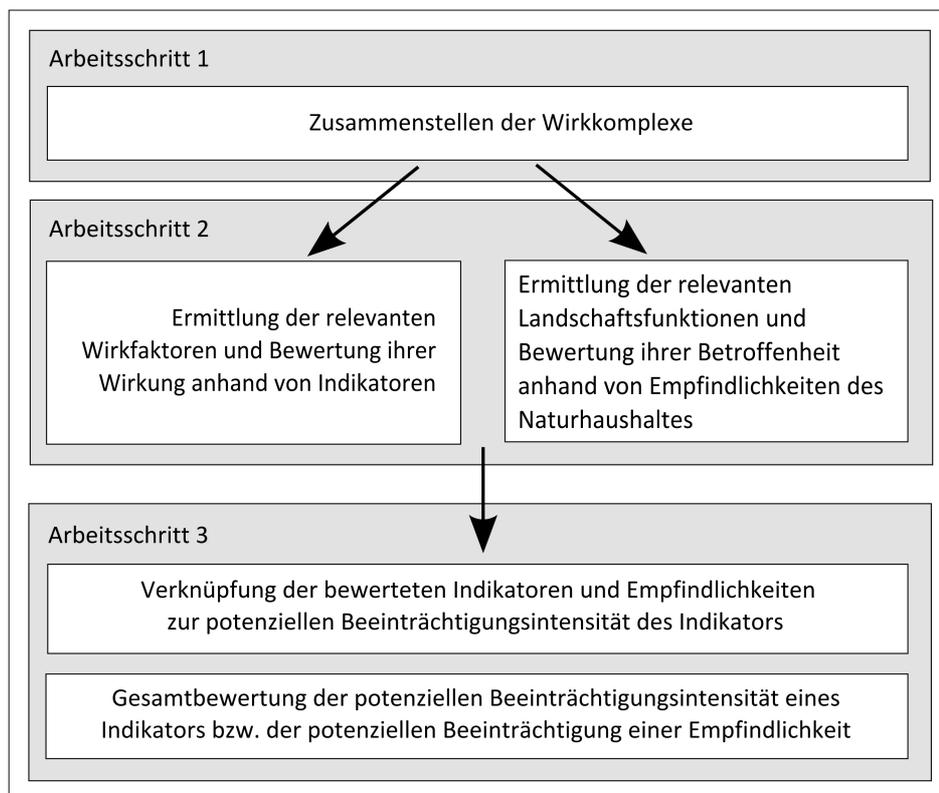


Abb. 2: Der Ablauf der Bewertungsmethode

Die Intensität der Wirkfaktoren wird ebenso wie die Empfindlichkeit der Landschaftsfunktionen anhand von Indikatoren bewertet. Diese Bewertung erfolgt über Parameter, die je nach ihrer Ausprägung einer der drei Wertstufen „hoch“, „mittel“ oder „gering“ zugeordnet werden (vgl. Kap. 8).

Sind die Indikatoren der Wirkung und die Empfindlichkeiten der Landschaftsfunktionen unabhängig voneinander bewertet, erfolgt die Verknüpfung der Bewertungsergebnisse mit Hilfe einer Matrix nach WINKELBRANDT & BERNOTAT (2005, vgl. Tab. 1). Auf diese Weise kann die Beeinträchtigungsintensität des Indikators an dem konkreten Standort abgeschätzt werden (vgl. Kap. 7).

Tab. 1: Verknüpfung der Wirkintensität des Indikators mit der Empfindlichkeit der Landschaftsfunktion zur Ermittlung der Beeinträchtigungsintensität des Indikators (verändert nach WINKELBRANDT & BERNOTAT 2005: 66)

	Wirkintensität des Indikators		
Empfindlichkeit der Landschaftsfunktion	hoch	mittel	gering
hoch	hoch	hoch	mittel
mittel	hoch	mittel	gering
gering	mittel	gering	gering
	Beeinträchtigungsintensität		

In einem zweiten Bewertungsschritt werden die Einzelbewertungen eines Indikators für die Wirkung auf verschiedene Landschaftsfunktionen verbal argumentativ zusammengefasst um eine Gesamtbewertung der potenziellen Auswirkungsintensität zu erreichen. Gleiches erfolgt für die bewerteten Empfindlichkeiten. Auf diese Weise können auf übergeordneter Ebene allgemeine Aussagen über die Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf Natur und Landschaft getroffen werden (vgl. Kap. 7).

Die erarbeitete Bewertungsmethode wird in drei Modellregionen in Niedersachsen angewendet und auf ihre Praxistauglichkeit überprüft (vgl. Kap. 6, 7). Aus den Ergebnissen dieser Anwendung werden allgemeingültige Aussagen über die Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus abgeleitet. Mit der Auswahl der Modellregionen werden die verschiedenen Naturräume und für Niedersachsen typischen landwirtschaftlichen Produktionsbedingungen abgebildet. Untersucht werden folgende Regionen:

- Modellregion 1: Landkreis Hildesheim bzw. Gemeinde Sarstedt als Beispiel für eine bevorzugten Ackerbaustandort auf guten Böden
- Modellregion 2: Landkreise Soltau-Fallingb. und Celle bzw. Gemeinde Soltau als Ackerstandorte auf leichten Böden
- Modellregion 3: Landkreis Emsland bzw. Gemeinde Geeste als Veredelungsstandort

Im letzten Arbeitsschritt der Dissertation werden die Instrumente der Landschaftsplanung auf ihre Anwendbarkeit in dem neuen Themenfeld untersucht (vgl. Kap. 9). Auf diese

Weise werden Möglichkeiten zur natur- und raumverträglichen Gestaltung des Energiepflanzenanbaus ausgelotet.

Die Arbeit basiert zum überwiegenden Teil auf Auswertungen der aktuellen Literatur, die sowohl gedruckt als auch digital über das Internet zur Verfügung stand. Darüber hinaus wurden im Rahmen von Tagungen und Workshops Expertengespräche geführt. Der jeweils aktuelle Stand der Bearbeitung wurde außerdem bei zahlreichen Veranstaltungen, z. B. Tagungen, Expertenworkshops oder Statusseminaren der Projektträger, der Fachwelt präsentiert und zur Diskussion gestellt.

2.2 Aufbau der Dissertation

In den folgenden Kapiteln werden die eingangs formulierten Arbeitshypothesen und Untersuchungsfragen bearbeitet (vgl. Abb. 3). Die Dissertation wurde kumulativ erstellt und vorab in Form von sieben Fachartikeln in Zusammenarbeit mit Kolleginnen und Kollegen aus der Forschungsgruppe SUNREG II oder dem Institut für Umweltplanung veröffentlicht. Kapitel 3 wurde in der Zeitschrift *uvp-Report* veröffentlicht (BUHR et al. 2006). Es gibt einen Überblick über den Stand der Forschung und den Forschungsbedarf in den drei Arbeitsbereichen des Projektes SUNREG II. Die Dissertation wird damit in den Gesamtzusammenhang des Forschungsprojektes eingeordnet.

In Kapitel 4 werden übergreifend die beiden Untersuchungsebenen Fläche/Schlag und Landschaft sowie die Bewertungsmethodik nach dem Prinzip der Ökologischen Risikoanalyse dargestellt. Der Beitrag bezieht sich somit auf alle drei Arbeitshypothesen und wurde in der Reihe *Rundgespräche der Kommission für Ökologie* der Bayerischen Akademie der Wissenschaften veröffentlicht (WIEHE & RODE 2007). Anhand ausgewählter Wirkkomplexe und Indikatoren für die Untersuchungsebene Fläche/Schlag wird die Vorgehensweise zur Erarbeitung der Methodik beschrieben und mögliche Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf die verschiedenen Ebenen des Naturhaushaltes abgeleitet.

In Kapitel 5 werden die Untersuchungsfragen zur ersten Hypothese (Fläche/Schlag) beantwortet. Die Bewertungsmethode wird angewendet, um standortunabhängig die Wirkungen der bisherigen landwirtschaftlichen Nutzung und der neu angebauten Energiepflanzen auf der Ebene Fläche/Schlag zu vergleichen. Das Kapitel wurde als Beitrag im *Yearbook of Socioeconomics in Agriculture* der Schweizerischen Gesellschaft für Agrarwirtschaft und Agrarsoziologie veröffentlicht (VON RUSCHKOWSKI & WIEHE 2008).

Kapitel 6 ist in der Zeitschrift *Naturschutz und Landschaftsplanung* erschienen. In diesem Text wird die Ebene der Landschaft, die zweite Hypothese, bearbeitet (WIEHE et al. 2009). Über die Darstellung der Auswirkungen auf der Ebene der Fläche hinaus werden Bewertungsindikatoren für die Ebene der Landschaft vorgeschlagen und beispielhaft in den drei Modellregionen angewendet. Der Schwerpunkt liegt dabei auf den Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf die beiden Landschaftsfunktionen Landschaftsbild sowie Arten- und Lebensraumvielfalt.

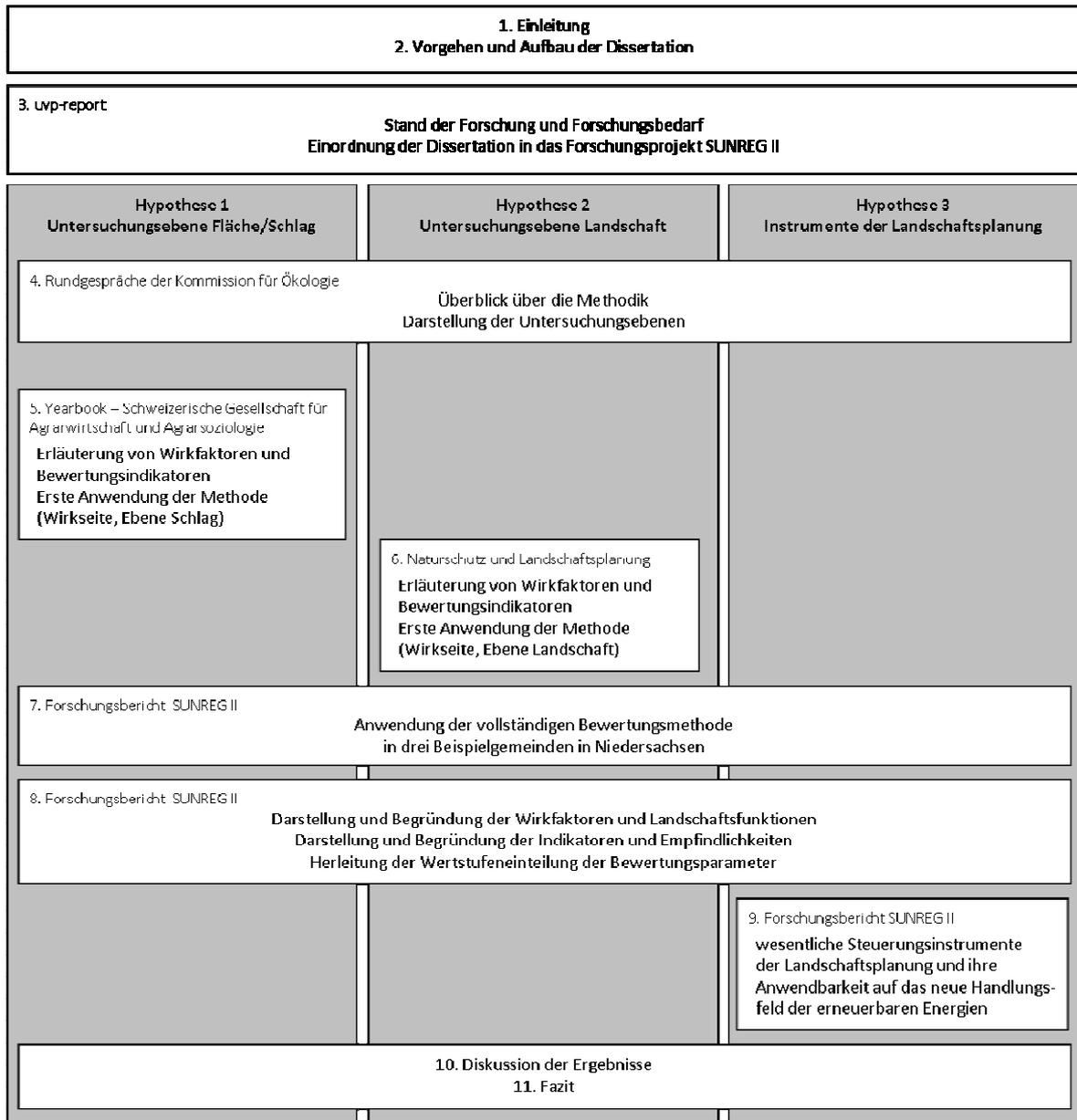


Abb. 3: Gliederung der Dissertation (schematische Darstellung)

In Kapitel 7 werden die Untersuchungsfragen der ersten und zweiten Arbeitshypothese umfassend beantwortet. Es beinhaltet die gesamte Bewertungsmethode einschließlich der Vorgehensweise, Herleitung der Wirkkomplexe, Wirkfaktoren und Landschaftsfunktionen. Darüber hinaus wird die Methode in drei Modellgemeinden angewendet und allgemeingültige Aussagen zu den Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf Natur und Landschaft abgeleitet und im Forschungsbericht des Projektes SUNREG II veröffentlicht (WIEHE et al. 2010a).

Kapitel 8 wurde ebenfalls im Forschungsbericht veröffentlicht und ergänzt das vorangehende Kapitel um die detaillierte Begründung der Auswahl von Wirkfaktoren und Landschaftsfunktionen sowie der Indikatoren und Empfindlichkeiten (WIEHE et al. 2010b). Darüber hinaus wird die Wertstufeneinteilung der jeweiligen Bewertungsparameter hergeleitet.

In Kapitel 9 werden die Untersuchungsfragen der dritten Hypothese bearbeitet. Es werden Aussagen zu den wesentlichen Instrumenten der Landschaftsplanung und ihrer Anwendbarkeit auf das neue Handlungsfeld der erneuerbaren Energien gemacht. Auch dieses Kapitel wurde im Forschungsbericht des Projektes SUNREG II veröffentlicht (WIEHE et al. 2010c).

Zum Abschluss der Arbeit werden in Kapitel 10 die Einzelergebnisse der Publikationen zusammengefasst und zu einem Gesamtergebnis zusammengeführt. Die Methodik sowie die Bewertungsergebnisse werden diskutiert und weiterer Forschungsbedarf aufgezeigt.

3 Artikel 1: Umwelt- und raumverträglicher Ausbau der energetischen Biomassenutzung

Nina Buhr, Katharina Steinkraus, Julia Wiehe, Helga Kanning & Michael Rode

Veröffentlicht 2006 in: UVP-Report 20 (4): 168-173

4 Artikel 2: Auswirkungen des Anbaus von Pflanzen zur Energiegewinnung auf den Naturhaushalt und andere Raumnutzungen

Julia Wiehe & Michael Rode

Veröffentlicht 2007 in: Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Band 33 "Energie aus Biomasse". Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München. S. 101-113.

5 Artikel 3: Balancing Bioenergy Production and Nature Conservation in Germany: Potential Synergies and Challenges

Eick von Ruschkowski & Julia Wiehe

*Veröffentlicht 2008 in: Yearbook of Socioeconomics in Agriculture (peer-reviewed).
Schweizerische Gesellschaft für Agrarwirtschaft und Agrarsoziologie: Zürich. S. 3-20.*

**6 Artikel 4: Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus
auf die Landschaft am Beispiel des Maisanbaus für die
Biogasproduktion in Niedersachsen**

*Julia Wiehe, Eick von Ruschkowski, Michael Rode,
Helga Kanning & Christina von Haaren*

Veröffentlicht 2009 in: Naturschutz und Landschaftsplanung 41 (4). S. 107-113

7 Artikel 5: Raumanalyse I - Auswirkungen auf Natur und Landschaft

Julia Wiehe, Michael Rode & Helga Kanning

Veröffentlicht 2010 in: RODE & KANNING (Hg.): Ökologische Optimierung der Produktion und energetischen Nutzung von Biomasse - Natur- und raumverträglicher Ausbau energetischer Biomassepfade (SUNREG II). ibidem-Verlag Stuttgart. S. 21-90

8 Artikel 6: Anhang zur Raumanalyse I

Julia Wiehe, Michael Rode & Helga Kanning

Veröffentlicht in 2010 in: RODE & KANNING (Hg.): Ökologische Optimierung der Produktion und energetischen Nutzung von Biomasse - Natur- und raumverträglicher Ausbau energetischer Biomassepfade (SUNREG II). ibidem-Verlag Stuttgart. S. 11-57.

9 Artikel 7: Planerische Koordinierung für einen natur- und raumverträglichen Ausbau energetischer Biomassepfade

Julia Wiehe, Nina Buhr, Ulrike Wolf, Helga Kanning & Michael Rode

Veröffentlicht 2010 in: RODE & KANNING (Hg.): Ökologische Optimierung der Produktion und energetischen Nutzung von Biomasse - Natur- und raum-verträglicher Ausbau energetischer Biomassepfade (SUNREG II). ibidem-Verlag Stuttgart. S. 241-253.

10 Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse

Im vorliegenden Dissertationsvorhaben wurde eine Methode zur Abschätzung der Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus für die Biogasnutzung auf den Naturhaushalt erarbeitet. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Anwendung der Methode zusammengefasst und die eingangs formulierten Untersuchungsfragen beantwortet. Anschließend werden die Grenzen und Möglichkeiten der Methodik dargestellt und die Ergebnisse der Arbeit aus den Jahren 2006 bis 2009 im Kontext der aktuellen Entwicklung diskutiert.

10.1 Die Ergebnisse der Fachartikel

10.1.1 Ergebnisse der Ebene Fläche/Schlag

Für die Untersuchungen auf der Ebene Fläche/Schlag wurde zu Beginn angenommen, dass der Energiepflanzenanbau im Vergleich zur derzeit üblichen Produktion von Futter- und Nahrungsmitteln auf der landwirtschaftlichen Fläche/Schlag andere und zum Teil neue Auswirkungen auf Natur und Landschaft hat. Daraus ergaben sich die Untersuchungsfragen:

- Welche bisherigen Ackerfrüchte werden durch den Energiepflanzenanbau substituiert?
- Wie wirken sich die neuen Fruchtarten im Vergleich zu den substituierten Kulturen auf den Naturhaushalt auf der Ebene Fläche/Schlag aus?

Die Substitution der Ackerfrüchte

Der Mais ist derzeit aufgrund der hohen Methanhektarerträge das Hauptsubstrat für die Produktion von Biogas und wird in über 90 % der Biogasanlagen eingesetzt. Obwohl eine breitere Rohstoffpalette genutzt werden könnte, kommen neue Energiepflanzen nur in geringem Umfang zum Einsatz (vgl. Kap. 6, 7 & 8).

Welche bisherigen Ackerfrüchte durch den Mais substituiert werden ist regional unterschiedlich. Die Untersuchung der Modellregionen hat gezeigt, dass im Landkreis Hildesheim im zeitlichen Zusammenhang mit der Ausweitung des Maisanbaus die Anbauflächen der Zuckerrübe zurückgegangen sind, während sich in Soltau-Fallingb. die Flächenanteile von Sommergerste reduzierten. Im Emsland zeigt sich mit der zunehmenden Produktion von Mais für Biogas eine Verringerung der Anbauflächen von Sommergerste und Kartoffel (vgl. Kap. 6 & 7)

Über die Substitution bisheriger Ackerfrüchte hinaus wurden in allen drei Landkreisen Brachflächen in die Bewirtschaftung einbezogen.

Die Auswirkungen auf der Ebene Fläche/Schlag

Ob die Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus positiv oder negativ zu bewerten sind, hängt neben den Empfindlichkeiten der Landschaftsfunktionen am Standort auch davon ab, welche Ackerfrüchte oder Anbauverfahren ersetzt werden. Insgesamt wurden sieben

Wirkfaktoren Maschineneinsatz, Düngung, Humuszehrung, Bodenbearbeitung, Wasserverbrauch, Pflanzenschutz und Bestandesentwicklung mit Hilfe von 27 Indikatoren untersucht. Die Standortgegebenheiten in den drei Beispielgemeinden wurden demgegenüber anhand von elf Empfindlichkeiten bewertet (vgl. Kap. 7 & 8).

Es zeigt sich, dass derzeit das Anbauverfahren von Mais als Gärsubstrat für die Biogasproduktion mit dem von Silomais als Futtermittel identisch ist, lediglich der Erntezeitpunkt kann sich beim Energiemais bis in den November hinein verschieben (vgl. Kap. 5, 7 & 8). Eine Extensivierung der Anbauverfahren, z. B. die Verringerung des Einsatzes von Pflanzenschutz- oder Düngemitteln, ist aus den Datengrundlagen der Landwirtschaftskammer nicht abzuleiten.

Sind es Brachflächen, die wieder in die Nutzung genommen und mit Mais bestellt werden, ist an allen Standorten mit negativen Auswirkungen auf alle Landschaftsfunktionen zu rechnen (vgl. Kap. 6 & 7).

Im Vergleich zur Zuckerrübe, untersucht in der Gemeinde Sarstedt (Landkreis Hildesheim), sind die Wirkungen des Maises auf den Naturhaushalt sehr ähnlich (vgl. Tab. 1). Diejenigen Indikatoren, die auf die meisten Empfindlichkeiten des Standortes einwirken, wie die Humusbilanz oder das System und der Zeitpunkt der Grundbodenbearbeitung, werden bei beiden Ackerfrüchten mit einer mittleren bis hohen Wirkung bewertet. Besonders betroffen von beiden Anbauverfahren ist die in Sarstedt hohe Verdichtungsempfindlichkeit des Bodens.

Tab. 1: Die Wirkung des Anbauverfahrens Silomais im Vergleich zur Zuckerrübe (nach LWK 2008)

Wirkfaktor	Maschineneinsatz	Düngung	Humuszehrung	Bodenbearbeitung	Wasserverbrauch	Pflanzenschutz	Bestandesentwicklung
Wirkung Mais im Vergleich zur Zuckerrübe	↘	↗	→	→	→	↘	keine Bewertung möglich
↘ geringere Wirkung		→ gleiche Wirkung			↗ höhere Wirkung		

Bezogen auf die Wasserdargebotsfunktion sind beim Anbau von Mais etwas geringere Auswirkungen zu erwarten. Beide Kulturen haben einen hohen Wasserverbrauch und beeinträchtigen damit die geringe Sickerwasserrate der Lössböden gleichermaßen. Aufgrund der Düngung des Silomaises mit Wirtschaftsdünger bzw. Biogasgülle hat er zwar eine höhere Wirkung als die Zuckerrübe, das Grundwasser wird aber aufgrund der geringen Nitratauswaschungsempfindlichkeit des Standortes nur gering bis mittel beeinträchtigt. Wegen der hohen Grundwassergefährdung durch Schwermetalle in der Gemeinde besteht beim Anbau von Zuckerrüben ein hohes Risiko der Beeinträchtigung. Beim Anbau von Mais ist dieses Risiko geringer, da weniger Pflanzenschutzmittel ausgebracht werden.

Die Wirkungen auf die Biotopfunktion unterscheiden sich bei Mais und Zuckerrübe in sechs Indikatoren. Während das Gesamtmaschinengewicht, die Nährstoffsalden und die Häufigkeit des Pflanzenschutzes im Maisanbau reduziert sind, sind die Wahl des Düngemittels, der Umfang der Bodenbearbeitung und die Höhe des Bestandes negativer zu bewerten als bei der Zuckerrübe. Darüber hinaus gibt es große Abweichungen bei den Düngezeitpunkten und beim Blühaspekt. Alle übrigen Indikatoren haben gleiche Wirkungen,

so dass von beiden Ackerfrüchten eine ähnliche Beeinträchtigung zu erwarten ist.

Der Vergleich der Anbauverfahren von Mais und Sommergerste in der Gemeinde Soltau zeigt, dass sich der Mais vor allem aufgrund der sehr unterschiedlichen Bestandesentwicklung (geringere Bodenbedeckung und größere Wuchshöhe) in seinen Auswirkungen auf die natürliche Ertragsfunktion, die Biotopfunktion und die Landschaftserlebnisfunktion unterscheidet. Bezogen auf die übrigen Wirkungen bestehen wenige signifikante Unterschiede zwischen den beiden Ackerfrüchten.

Tab. 2: Die Wirkung des Anbauverfahrens Silomais im Vergleich zur Sommergerste (nach LWK 2008)

Wirkfaktor	Maschineneinsatz	Düngung	Humuszehrung	Bodenbearbeitung	Wasserverbrauch	Pflanzenschutz	Bestandesentwicklung
Wirkung Mais im Vergleich zur Sommergerste	→	→	↗	↗	↗	→	keine Bewertung möglich
↘ geringere Wirkung (nicht vergeben)			→ gleiche Wirkung			↗ höhere Wirkung	

Aufgrund der geringen Wassererosionsempfindlichkeit des Standortes kommt die hohe erosive Wirkung des Maises nicht zum Tragen. Die Winderosionsempfindlichkeit ist hingegen in der Gemeinde Soltau hoch, so dass die hohe Wirkung der Fruchtart Mais zu einer hohen Beeinträchtigung führen kann. Auch durch die hohe Empfindlichkeit gegenüber Pflanzenschutzmitteln muss wegen der schlechten Humusbilanz und der Anwendung von chemischem Pflanzenschutz mit einer hohen Beeinträchtigung gerechnet werden.

Da die Nitratauswaschungsempfindlichkeit des Bodens hoch ist, führen die mittlere Düngehäufigkeit, der Einsatz von Wirtschaftsdüngern und die hohe Wirkung der Bodenbearbeitung sowie der Zeitraum der Bodenbedeckung (keine Bedeckung im Winter) beim Maisanbau ebenso wie bei der Sommergerste zu einer hohen potenziellen Wirkintensität.

Im Vergleich zur Sommergerste kann es bei einem verstärkten Maisanbau zu einer Beeinträchtigung der Biotopfunktion und der Landschaftserlebnisfunktion durch die unterschiedliche Bestandesentwicklung kommen. Beim Erntezeitpunkt ist eine mittlere Abweichung festzuhalten und auch die Abweichung beim Blühzeitpunkt der beiden Ackerfrüchte ist groß, ebenso wie die Unterschiede in der Höhe des Bestandes.

Die Wirkungen von Mais- und Kartoffelanbau wurden in der Gemeinde Geeste untersucht und unterscheiden sich in fünf Wirkfaktoren (vgl. Tab. 3). Während der reduzierte Maschineneinsatz ebenso wie die geringe Häufigkeit des Pflanzenschutzes beim Mais positiv zu bewerten sind, ist mit einer im Vergleich zur Kartoffel höheren Wirkung aufgrund der Düngung mit Wirtschaftsdünger sowie der deutlich höheren Wuchshöhe des Bestandes und Veränderungen des Blühaspektes zu rechnen.

Die potenzielle Bodenverdichtung ist beim Maisanbau geringer als bei der bisher angebauten Kartoffel, da das Maschinengewicht und die Häufigkeit des Befahrens beim Mais reduziert sind. Die weiteren Wirkfaktoren in Verbindung mit der Verdichtungsempfindlichkeit sind allerdings ebenso negativ bewertet wie bei der Kartoffel und führen zu einer mittleren Beeinträchtigungsintensität.

Tab. 3: Die Wirkung des Anbauverfahrens Silomais im Vergleich zur Kartoffel (nach LWK 2008)

Wirkfaktor	Maschinen-einsatz	Düngung	Humus-zehrung	Boden-bearbeitung	Wasser-verbrauch	Pflanzen-schutz	Bestandes-entwicklung
Wirkung Mais im Vergleich zur Kartoffel	↘	↗	→	→	→	↘	keine Bewertung möglich
↘ geringere Wirkung		→ gleiche Wirkung			↗ höhere Wirkung		

Für die Archivfunktion des Bodens besteht auf dem Plaggenesch sowohl beim Anbau von Mais als auch bei Kartoffeln ein hohes Risiko der Beeinträchtigung.

Die hohe Nitratauswaschungsempfindlichkeit lässt im Maisanbau durch die Düngung mit Wirtschaftsdünger eine hohe Beeinträchtigung mit Nitrat erwarten, die beim Anbau von Kartoffeln geringer ist. Da auch die Grundwassergefährdung für Schwermetalle hoch ist, ist die Wahrscheinlichkeit einer Beeinträchtigung der Wasserdargebotsfunktion beim Mais insgesamt höher.

Die Biotop- und die Landschaftserlebnisfunktion werden durch die unterschiedliche Bestandesentwicklung stark beeinflusst. Im Zeitpunkt der Bodenbedeckung, in den Zeitpunkten von Düngung und Pflanzenschutz sowie dem Blühaspekt unterscheiden sich Mais und Kartoffel in hohem Maße. Weitere Abweichungen bestehen beim Ernte- und beim Blühzeitpunkt.

Die Anwendung der Bewertungsmethode auf verschiedene Ackerfrüchte an den unterschiedlichen Standorten zeigt, dass jede landwirtschaftliche Flächennutzung mit Auswirkungen auf den Naturhaushalt verbunden ist. Allgemeine Aussagen, welche Fruchtarten insgesamt naturverträglicher sind, können aus den Bewertungsergebnissen nicht abgeleitet werden. Aus diesem Grund ist auch eine getrennte Betrachtung der beiden Produktionszweige Energiepflanzenproduktion und Futter- und Nahrungsmittelanbau nicht möglich. Einzelne Indikatoren der Anbauverfahren können eine verringerte Beeinträchtigung im Vergleich zur bisherigen Nutzung hervorrufen, an anderer Stelle im Anbausystem entstehen dafür höhere Wirkungen als bisher (vgl. Kap. 5, 6 & 7). Je nachdem, welche Landschaftsfunktionen betroffen sind und welche Bedeutung diese an dem konkreten Standort bzw. in der Region haben, muss die Wirkung der Indikatoren unterschiedlich bewertet werden (vgl. Kap. 7).

Die Annahme der Arbeitshypothese 1 muss demnach standortbezogen beantwortet werden. In Regionen, in denen bisher bereits Mais als Futtermittel angebaut wurde, entstehen keine neuen Auswirkungen durch die Produktion von Energiepflanzen. Hier sind die Wirkungen durch die Ausweitung der Anbauflächen auf größerer Fläche zu erwarten. In Regionen, in denen der Mais bisher nur eine untergeordnete Rolle in der Fruchtfolge gespielt hat, entstehen dagegen neue Auswirkungen auf den Naturhaushalt. Sind diese negativ, sollten sie je nach Empfindlichkeit der betroffenen Landschaftsfunktionen durch eine angepasste Bewirtschaftung reduziert werden.

10.1.2 Ergebnisse der Ebene Landschaft

Mit der zweiten Arbeitshypothese werden die Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf der Untersuchungsebene der Landschaft bearbeitet. Es wird erwartet, dass sich die Auswirkungen der Ebene Fläche/Schlag in diesem weiter gefassten Landschaftsausschnitt bemerkbar machen und auch neue Auswirkungen entstehen. In diesem Zusammenhang wurden folgende Fragen untersucht:

- Welche Veränderungen entstehen durch den Energiepflanzenanbau für die Biogasproduktion in der Fruchtfolge?
- Wie wirken sich diese Veränderungen in der Fruchtfolge auf den Naturhaushalt auf der Ebene Landschaft aus?

Veränderungen in der Fruchtfolge

Die Untersuchung der Fruchtfolgen in den drei Modellregionen zeigt die Heterogenität des Ausbaus der Energiepflanzenproduktion in Niedersachsen (vgl. Kap. 6, 7 & 8). Während im Landkreis Hildesheim bisher nur geringe Veränderungen durch die Biomasseproduktion erkennbar sind, zeigt sich in Soltau-Fallingb. ein anderes Bild. Hier hat der Mais den Winterroggen als dominierende Fruchtart bereits abgelöst. Die Fruchtartendiversität ist nach wie vor hoch, es kam aber in den Jahren 2003 bis 2007 zu einer starken Reduzierung des Sommergetreides und der Brachflächen. Im Landkreis Emsland ist die ohnehin enge Fruchtfolge weiter verengt und Sommergetreide durch die Erweiterung des Maisanbaus stark zurückgedrängt worden.

In allen drei untersuchten Landkreisen wurde, wie in ganz Niedersachsen, mit dem Wegfall der obligatorischen Flächenstilllegung im Jahr 2008 der Anteil der Brachflächen weiter drastisch reduziert. Die verstärkte Produktion von Biomasse bzw. die Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion insgesamt hat vor allem durch den Verlust dieser Flächen in allen drei Modellregionen eine hohe Beeinträchtigung des Naturhaushaltes zur Folge (vgl. Kap. 6 & 7).

Auswirkungen auf der Ebene Landschaft

Für eine einfache Übertragung der Bewertungsmethode der Ebene Fläche/Schlag auf die Untersuchungsebene der Landschaft liegen zurzeit keine anerkannten Schwellenwerte vor. Es wurden daher neue Bewertungsindikatoren für die Ebene der Landschaft herausgearbeitet, mit denen das Problem der Skalierung der Umweltwirkungen abgebildet werden kann.

Der untersuchte Wirkfaktor auf der Ebene der Landschaft ist die Fruchtartendiversität, die über die Indikatoren „Prozentualer Anteil der dominierenden Fruchtart an der Ackerfläche“ und „Anzahl der Fruchtarten zur Erreichung des Anbauverhältnisses nach Cross Compliance“ bewertet wird. Eine hohe Fruchtartendiversität wird positiv bewertet, da sie dazu führen kann, dass eine auf Schlagebene negativ bewertete Wirkung der Ackerfrucht durch die Vielfalt an Anbauverfahren in der umgebenden Landschaft ausgeglichen wird.

Da das Anbauverfahren von Silomais für die Biogasproduktion mit dem von Silomais als Futtermittel identisch ist, werden auf der Ebene Fläche/Schlag zunächst keine neuen Wirkungen des Energiepflanzenanbaus erwartet. Erst die Betrachtung der Fruchtartendiversi-

tät zeigt, dass die hohen Anteile der Hauptfruchtart bzw. die Verengung der Fruchtfolgen die Hauptbelastung für den Naturhaushalt darstellen. Die hohe Wirkung auf das Wasserdargebot, die natürliche Ertragsfunktion sowie die Biotop- und die Landschaftserlebnisfunktion entsteht nun auf größeren Flächen und wird nicht durch weniger belastete Nachbarflächen aufgefangen. Andererseits kann der Energiepflanzenanbau auch zu einer Diversifizierung der Fruchtfolge beitragen und das Risiko negativer Auswirkungen der bisher angebauten Fruchtfolge minimieren.

Entsprechend den Veränderungen in der Fruchtfolge sind die Auswirkungen auf der Ebene der Landschaft regional unterschiedlich zu bewerten. Im Landkreis Hildesheim ist das Anbauverhältnis der unterschiedlichen Ackerfrüchte gleich geblieben, da der zusätzliche Anbau von Energiepflanzen die bisherigen Brachflächen ersetzt hat. Der noch geringe Anteil an Mais für die Biogasproduktion wirkt sich nicht wesentlich auf die Fruchtartendiversität aus. Der Winterweizen hat daher nach wie vor eine hohe Wirkung aufgrund des großen Anteils an der gesamten Ackerfläche. Da zur Produktion von Energiepflanzen aber eher weitere Brachflächen in Nutzung genommen werden und nicht das bisher dominierende Getreide substituiert wird, wird die negative Wirkung der bisherigen intensiven landwirtschaftlichen Nutzung in der Region tendenziell verstärkt (vgl. Kap. 7).

Im Landkreis Soltau-Fallingb. wurde durch den Anbau von Silomais nicht eine Fruchtart allein substituiert, sondern alle bis auf Mais und Winterroggen reduziert. Das Anbauverhältnis der Ackerfrüchte hat sich leicht negativ verändert, da nur noch sechs anstelle von sieben Hauptfrüchten angebaut werden. Der Mais hat den Winterroggen als dominierende Fruchtart abgelöst. Die hohe Fruchtartendiversität lässt aber nach wie vor geringe Wirkungen auf die Retentions-, die Biotop- und die Landschaftserlebnisfunktion erwarten (vgl. Kap. 7).

Auch im Landkreis Emsland ist eine Verengung der Fruchtfolge aufgrund des zunehmenden Maisanbaus durch die Biomasseproduktion erkennbar. Bei einem Flächenanteil der Hauptfrucht Mais von 40 % kann davon ausgegangen werden, dass in Teilen des Landkreises keine mehrgliedrige Fruchtfolge mehr angebaut wird und auf großer Fläche zeitgleich dieselben Wirkungen auf den Naturhaushalt entstehen (vgl. Kap. 7).

Durch den Energiepflanzenanbau wäre eine Erweiterung der Fruchtfolge oder eine bessere Anpassung der Fruchtartenauswahl an die Standortgegebenheiten theoretisch möglich, beides spielt aber derzeit in der Praxis in keiner der Modellregionen eine Rolle (vgl. Kap. 7).

Die Anwendung der Bewertungsmethode hat gezeigt, dass die Untersuchungsebene der Landschaft entscheidend ist für die Bewertung der Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus. Die zweite Arbeitshypothese, dass die Auswirkungen auch auf der weiter gefassten Ebene der Landschaft den Naturhaushalt beeinflussen bzw. auf dieser Ebene neue Auswirkungen entstehen, wird damit bestätigt.

10.1.3 Ergebnisse zur Bewertungsmethode und zu den Steuerungsmöglichkeiten

Als dritte These wurde eingangs angenommen, dass mit der Landschaftsplanung bereits Bewertungsmethoden und Steuerungsansätze vorliegen, mit denen der Ausbau der Biomasseproduktion natur- und raumverträglich gestaltet werden kann. In diesem Zusammenhang wurden folgende Untersuchungsfragen beantwortet:

→ Welche Methoden und Datengrundlagen stehen für die Bewertung des Energiepflanzenanbaus zur Verfügung?

→ Wie kann der Energiepflanzenanbau vorausschauend gesteuert werden?

Methoden und Datengrundlagen

Als Grundlage für die Bewertungsmethode in dieser Arbeit wurde das Prinzip der Ökologischen Risikoanalyse gewählt, da es sich in der Praxis der Umweltplanung bereits bewährt hat. Das stark vereinfachte Bewertungsschema der Ökologischen Risikoanalyse ermöglicht die Verbindung von Bewertungsmethoden unterschiedlicher wissenschaftlicher Disziplinen. Neben auf aktuellen Anbaudaten basierenden Wertstufeneinteilungen werden auf naturwissenschaftlichen Untersuchungen gestützte Wertstufen mit anerkannten planerischen Bewertungsmethoden verknüpft. Durch diese Verknüpfung in einer Methodik können Defizite der verwendeten Bewertungsmethoden oder unvollständige Daten zu einzelnen Aspekten des Zusammenspiels von Wirkung und Betroffenheit ausgeglichen werden und es wird eine Gesamteinschätzung der Problematik möglich (vgl. Kap. 7 sowie HAAREN V. 2004, SCHOLLES 1997 und 2008)

Bei der Auswahl der verknüpften Bewertungsmethoden wurde darauf geachtet, dass die notwendigen Eingangsdaten für ihre Anwendung vorliegen und sie bezogen auf den Vergleich der Futter- und Nahrungsmittelproduktion mit dem Energiepflanzenanbau aussagekräftig sind.

Für die Bewertung der Empfindlichkeiten wurden Methoden der Landschaftsplanung ausgewählt, deren Eingangsdaten vollständig den online zur Verfügung stehenden Informationsdiensten des Landes Niedersachsen oder den in der Gemeinde vorliegenden Landschaftsplänen entnommen werden können (vgl. Kap. 8).

Um die Wirkung eines landwirtschaftlichen Produktionsverfahrens umfassend zu bewerten, lag bisher noch keine Methode vor. Die relevanten Parameter und ihre Wertstufeneinteilungen wurden daher aus der aktuellen Fachliteratur und Expertengesprächen abgeleitet (vgl. Kap. 8). Die Eingangsdaten zu den Anbauverfahren wurden von der Landwirtschaftskammer Niedersachsen im Rahmen des Projektes SUNREG I zusammengestellt und zur Verwendung in diesem Dissertationsvorhaben freigegeben.

Im Zusammenhang mit der Auswahl der Bewertungsindikatoren wurde deutlich, dass das Schema der Ökologischen Risikoanalyse nicht in allen Wirkkomplexen auf der Ebene Fläche/Schlag angewendet werden kann. Für die Komplexe „Verlust von Lebensräumen und Reduzierung der Artenvielfalt“ sowie die „Beeinflussung des Landschaftserlebens“ lagen keine nutzbaren Bewertungsmethoden zur Bestimmung der Empfindlichkeiten vor. Die Wirkung entsteht zwar auf einem konkreten Acker durch den Anbau einer Fruchtart, eine fachlich korrekte Bewertung der Empfindlichkeit des Naturhaushaltes ist aber nicht mög-

lich. Jede Ackerfrucht bietet Lebensraum für Ubiquisten, aber auch für speziell an die Bedingungen in diesem Bestand angepasste Arten. Der Lebensraum Acker und damit auch die Arten und Lebensgemeinschaften sind einem ständigen Wandel unterlegen, der durch die Fruchtfolge bestimmt wird. Das schematische, stark vereinfachende Vorgehen der Ökologischen Risikoanalyse würde die Auswirkungen auf die Vielzahl der unterschiedlichen Lebensraumansprüche bzw. die große Bandbreite an regionaltypischen Landschaftsbildern nicht korrekt abbilden. Eine absolut negative oder positive Bewertung der Empfindlichkeit von Biotop- oder Landschaftserlebnisfunktion ist nicht möglich. Während z. B. die veränderten Lebensbedingungen einzelnen Arten schaden können, profitieren andere möglicherweise von dem neuen oder veränderten Nahrungs- und Lebensraumangebot.

Trotzdem sollten die zu erwartenden Veränderungen auch in diesen Wirkkomplexen in die Ergebnisse einfließen. Die originäre Methodik wurde daher unterbrochen und eine „relative Bewertung“ eingeführt, mit der unabhängig von einer konkreten Empfindlichkeit das Maß der zu erwartenden Veränderung verdeutlicht wird. Die bisherige, traditionelle Fruchtfolge in einer Landschaft wird als Referenzsystem angenommen, an das Arten und Lebensgemeinschaften angepasst bzw. Erholungssuchende gewöhnt sind. Verschieben sich die Bewirtschaftungszeitpunkte der landwirtschaftlichen Produktion, steigt z. B. die Wahrscheinlichkeit, dass vorhandene Arten keinen geeigneten Lebensraum mehr finden.

Da bei den vergleichend bewerteten Indikatoren die Wirkungen zweier Ackerfrüchte gegenübergestellt werden, findet keine Verknüpfung mit einer Empfindlichkeit statt. Die Ergebnisse des Wirkungsvergleichs werden mit „höher“, „gleich“ und „geringer“ benannt. Die Bewertung der Auswirkungen auf die Biotop- bzw. Landschaftserlebnisfunktion auf der Ebene Fläche/Schlag bleibt daher getrennt von den übrigen Wirkungen stehen und wird erst in die abschließende, verbal argumentative Zusammenführung der Einzelbewertungen einbezogen.

Steuerung des Energiepflanzenanbaus

Die Untersuchungen zeigen, dass eine steuernde Einflussnahme auf den Energiepflanzenanbau durch das formale Instrumentarium der räumlichen Planung, zu dem auch die Landschaftsplanung zählt, derzeit nicht stattfindet (vgl. Kap. 9). Die Landschaftsplanung stellt wichtige Informationen über alle Landschaftsfunktionen für die Bauleitplanung zusammen, die die Entscheidungen über Anlagenstandorte trifft. Diese sind von großer Bedeutung, da die Anbauflächen möglichst nah an der Biogasanlage liegen sollten um Transportwege und Kosten zu reduzieren. Mit der Wahl des Standortes wird demnach auch die Bewirtschaftung der umliegenden landwirtschaftlichen Nutzflächen beeinflusst (vgl. BUHR & KANNING 2008).

Aus den Untersuchungen geht hervor, dass einzelne Indikatoren der Anbauverfahren eine verringerte Beeinträchtigung im Vergleich zur bisherigen Nutzung bewirken, an anderer Stelle entstehen dafür höhere Wirkungen als bisher. Im Vorhinein sollte daher die Bedeutung der betroffenen Landschaftsfunktionen oder sogar einzelner Empfindlichkeiten festgestellt und möglicherweise gegeneinander abgewogen werden (vgl. Kap. 7): Kann die erhöhte Nitratauswaschung durch die Verwendung von Wirtschaftsdünger im Mais in Kauf genommen werden, weil es möglicherweise auf der anderen Seite wichtiger ist, den mit dem Anbau von Kartoffeln verbundenen Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in dieser Landschaft zu reduzieren?

Da die Auswirkungen der energetischen Biomassenutzung auf großer Fläche entstehen, muss den Inhalten der Landschaftsplanung in der Raumplanung eine größere Bedeutung zukommen als es bei privilegierten Bauvorhaben bisher der Fall ist (vgl. Kap. 9). Die Planwerke der Landschaftsplanung werden auf Landes-, Landkreis- und Gemeindeebene erstellt und haben in Niedersachsen lediglich gutachtlichen Charakter und keine rechtliche Verbindlichkeit. Problematisch ist in der Praxis darüber hinaus die mangelnde Aktualität der Landschaftspläne und -rahmenpläne. Eine fachlich fundierte Landschaftsplanung kann aber die kritischen Gebiete zu einzelnen Empfindlichkeiten räumlich darstellen und Lösungsmöglichkeiten z. B. in Form von Vorschlägen zu Bewirtschaftungsvorgaben oder optimierten Standorten für geplante Biogasanlagen aufzeigen. Die Informationen der Landschaftsplanung können dann sowohl von der Regionalplanung als auch von der kommunalen Bauleitplanung aufgegriffen werden und in die Erarbeitung ihrer Planwerke z. B. bei der Ausweisung von Vorranggebieten für Biomassenutzung oder der Erstellung eines Bauungs- bzw. Flächennutzungsplans sowie der Ausweisung von Schutzgebieten einfließen (vgl. Kap. 9).

Die Landschaftsplanung bietet also, wie in Hypothese 3 angenommen, eine breite Palette an Methoden und Datengrundlagen, die auch an das neue Themenfeld des Anbaus von Energiepflanzen angepasst und für die Bewertung und Steuerung des Prozesses genutzt werden können.

10.2 Die Grenzen und Möglichkeiten der Bewertungsmethode

Eine große Herausforderung bei der Bearbeitung der Untersuchungsfragen bestand darin, das umfangreiche Wirkungsgefüge von Naturhaushalt und landwirtschaftlicher Flächennutzung abzubilden. Einerseits sollte die Vielzahl der Verknüpfungen von Wirkung und Empfindlichkeit dargestellt werden, andererseits sollten die Methode anwendbar und die Ergebnisse nachvollziehbar bleiben. Aus diesem Grund wurde die Ökologische Risikoanalyse als Grundgerüst für die Bewertungsmethode ausgewählt (vgl. Kap. 7, BACHFISCHER 1978, VON HAAREN 2004 & SCHOLLES 2008). Mit Hilfe der Definition von Wirkkomplexen und der zunächst getrennten Betrachtung von Wirkungen und Empfindlichkeiten wird das Wirkungsgefüge strukturiert und übersichtlich. Die Herleitung und Begründung der ausgewählten Parameter und Indikatoren bleibt dabei aber ebenso wichtig wie die Offenlegung der Lücken in der Bewertung.

Auch wenn die Methodik der Ökologischen Risikoanalyse nicht für die Bewertung der Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf alle Landschaftsfunktionen angewendet werden konnte, verschafft sie doch einen Gesamtüberblick über die kritischen Punkte in diesem neuen Themenfeld. Mit der Wahl eines dreistufigen Bewertungssystems und der damit einhergehenden starken Vereinfachung komplexer Wirkungszusammenhänge bleibt deutlich erkennbar, dass die Eintrittswahrscheinlichkeit einer Wirkung theoretisch hergeleitet ist und nicht durch konkrete Untersuchungen im Naturhaushalt vor Ort gestützt wird. Der Wirkungszusammenhang ist wahrscheinlich, kann aber nicht eindeutig nachgewiesen werden.

Die Anwendung auf der Ebene Fläche/Schlag

Sollen alle potenziellen Auswirkungen auf sämtliche Landschaftsfunktionen in die Bewertung einbezogen werden, muss eine große Zahl von Daten über die jeweiligen Anbauverfahren und den Naturhaushalt vor Ort ermittelt werden.

Für die Bewertung der Empfindlichkeiten können in Niedersachsen die online zur Verfügung stehenden Kartenserver des LBEG genutzt werden (NIBIS 2008). Die Daten sind aktuell und gut für die weitere Verwertung in der vorliegenden Bewertungsmethode (z. B. auch in Verbindung mit einem Geoinformationssystem, vgl. Kap. 8) aufbereitet.

Die Bewertung der Wirkungen wurde im Rahmen des Dissertationsvorhabens mit theoretisch hergeleiteten Daten der Landwirtschaftskammer aus dem Projekt SUNREG I durchgeführt. Diese wurden zwar auf ihre Plausibilität hin überprüft, in der Praxis der landwirtschaftlichen Produktion wird es aber an vielen Stellen zu Abweichungen kommen, wenn z. B. einzelne Anforderungen der guten fachlichen Praxis bei der Bewirtschaftung nicht berücksichtigt werden. So geht aus den Daten die Problematik der Nährstoffüberschüsse nicht hervor (vgl. Kap. 7 & 8). Die theoretisch errechneten Düngegaben führen immer zu ausgeglichenen Nährstoffsalden, die gerade bei der Verwendung von Wirtschaftsdünger in der Praxis unwahrscheinlich sind. Auch die Problematik der mangelnden Lagerkapazitäten für Gärreste und die damit verbundene Ausbringung zu möglicherweise falschen Zeitpunkten oder in nicht korrekten Mengen wird aus den Eingangsdaten nicht deutlich.

Weitere Details der ackerbaulichen Nutzung wie z. B. die Angaben zu den verschiedenen Maschinengewichten werden in der Praxis schwer zu beschaffen sein. Andere variieren darüber hinaus saisonal und regional wie z. B. die Bearbeitungszeitpunkte. Um diese Informationen zu erhalten, ist eine vertrauensvolle Zusammenarbeit mit den landwirtschaftlichen Beratern oder einzelnen Landwirten vor Ort notwendig. Die Anwendung der erarbeiteten Bewertungsmethode wird in der Praxis daher wahrscheinlich nur unvollständig möglich sein. Auch aus diesem Grund wurde explizit darauf verzichtet, dass durch Aggregation der einzelnen Indikatoren ein Gesamtergebnis für die Wirkung einer Ackerfrucht entsteht. Bei unvollständiger Datenlage können einzelne Indikatoren ausgelassen werden und nur diejenigen Verknüpfungen in die Bewertung einbezogen werden, deren Eingangsdaten in ausreichender Genauigkeit zur Verfügung stehen. Diese Defizite müssen dann in der abschließenden Diskussion deutlich dargestellt werden.

Andererseits kann die Bewertungsmethode aber auch explizit nur auf Teilbereiche des Naturhaushaltes angewendet werden. Sind beispielsweise in einer Gemeinde besonders wichtige oder besonders empfindliche Landschaftsfunktionen bekannt, kann die Bewertung auf diesen Ausschnitt des Naturhaushaltes beschränkt bleiben. Besteht ein Risiko der Beeinträchtigung dieser Landschaftsfunktionen, können entsprechende Bewirtschaftungsaufgaben formuliert werden.

Die Anwendung auf der Ebene der Landschaft

Die Anwendung der Bewertungsmethode auf unterschiedliche Ackerfrüchte im Rahmen des Dissertationsvorhabens hat gezeigt, dass auf der Ebene des Schlages bei jeder landwirtschaftlichen Nutzung mit unterschiedlichen Beeinträchtigungen des Naturhaushaltes zu rechnen ist. Da es schwierig ist diese gegeneinander abzuwägen sofern nicht regionale Spezifika auf Seiten der Empfindlichkeiten eine eindeutige Entscheidung ermöglichen, ist die Ebene der Landschaft und die Verteilung der Flächenanteile als wichtiges Kriterium

bei der Bewertung der Landnutzungsänderung herausgearbeitet worden. Für die Anwendung der Methode in der Praxis bedeutet dies auch, dass zumindest die Indikatoren der Ebene der Landschaft für eine grobe Abschätzung herangezogen werden können, wenn keinerlei Daten für die Bewertung der Wirkung eines konkreten Anbauverfahrens vorliegen.

Verschiedene seit Abschluss des Projektes SUNREG II veröffentlichte Forschungsergebnisse stützen die theoretisch hergeleiteten Annahmen dieser Arbeit zur Bedeutung der Landschaftsebene. REICH et al. 2011 kommen z. B. in Felduntersuchungen ebenfalls zu dem Ergebnis, dass die Landschaftsebene gegenüber der einzelnen Fläche größere Bedeutung hat. Energiepflanzen können demnach zur Diversität in der Agrarlandschaft beitragen, erst ein großflächiger Anbau hat negative Effekte auf Artenvielfalt und Populationsdichten (REICH et al. 2011: 5). Als wichtigste Faktoren für die Bewertung des Lebensraums Acker werden neben Bewirtschaftungsmaßnahmen (hauptsächlich Bodenbearbeitung) die landschaftlichen Kriterien „relative Lage gegenüber anderen Biotoptypen (Saumstrukturen, andere Feldfrüchte)“ und die Flächenanteile einer Kultur genannt (ebd.).

Auch GLEMNITZ et al. 2010 weisen auf die Bedeutung der Fruchtfolge, also der Landschaftsebene, für die Artenvielfalt in Agrarlandschaften hin. Während es zwischen den Fruchtarten nur wenige Unterschiede in der Anzahl der auf dem Feld lebenden Arten gibt, zeigen die Kartierungen, dass in Monokulturen ein Drittel weniger Arten zu finden sind als in dreigliedrigen Fruchtfolgen (GLEMNITZ et al. 2010: 77). Jede Ackerfrucht trägt damit zur Diversität in der Agrarlandschaft bei, sofern sie nicht in Monokultur angebaut wird. Für den Mais konnte nachgewiesen werden, dass negative Effekte auf die Ackerbiozönose entstehen, sobald er eine „regionalspezifische Obergrenze“ in der Landschaft überschreitet. Diese Obergrenze ist jeweils artenabhängig, bei Blütenbesuchern z. B. ist ab einem Maisanteil von 40 % mit negativen Folgen auf die Arten- und Individuenzahl zu rechnen (ebd. 84).

Die Abgrenzung der Landschaftsebene wurde für die Anwendung der Bewertungsmethode nicht abschließend definiert, da sie von der jeweils betrachteten Empfindlichkeit abhängt. Das Landschaftsbild wird beispielsweise stark durch das Relief oder die Ausstattung der Landschaft mit Gehölzen geprägt, die die Blickbeziehungen beeinflussen. Die Biotopfunktion einer Landschaft hingegen hängt von den Lebensraumsprüchen einzelner Arten ab, die ebenfalls durch die Ausstattung bzw. die Anordnung der Biotope in der Landschaft geprägt sind. Aussagen zum Landschaftswasserhaushalt bzw. zur Retentionsfunktion wiederum betreffen Gebiete, die abhängig von Bodenparametern, Relief und Nutzungsstrukturen abgegrenzt werden (vgl. Kap. 7).

Aus Gründen der Praktikabilität wurde in dieser Arbeit die Abgrenzung einer Gemeinde als „Landschaft“ gewählt. Es handelt sich zwar um eine Verwaltungseinheit, die unabhängig von den naturräumlichen Gegebenheiten entstanden ist, sie ist aber aufgrund der Datenverfügbarkeit als Bewertungseinheit gut geeignet. Auf dieser Ebene werden die Landschaftspläne erstellt, aus denen die Daten zu den Empfindlichkeiten entnommen werden können. Darüber hinaus werden hier die Entscheidungen über die Standorte der Biogasanlagen getroffen. Im Zusammenhang mit der Genehmigung der baulichen Anlagen kann dann die vorgeschlagene Abschätzung der Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf Natur und Landschaft erfolgen.

10.3 Die Ergebnisse des Dissertationsvorhabens im Kontext der aktuellen Entwicklungen

Die Bewertung der Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus für die Biogasproduktion hat gezeigt, dass keine klare Trennung von der herkömmlichen Futter- und Nahrungsmittelproduktion erfolgen kann. Vielmehr muss weiterhin darauf geachtet werden, die zunehmende Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion insgesamt natur- und raumverträglich auszugestalten. Die von rund 80 % der Bevölkerung unterstützte Wende in der Energieversorgung (AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN 2011: www) hin zur erneuerbaren Energie ist ohne den Ausbau der Biomassenutzung in allen Sektoren nicht möglich. Dies bedeutet, dass die Produktivität der nur begrenzt zur Verfügung stehenden landwirtschaftlichen Fläche steigen muss und sich das Risiko negativer Auswirkungen auf den Naturhaushalt erhöhen wird. Umso wichtiger ist es, neben dem Ziel der Minderung von Treibhausgasen und der sicheren Energieversorgung, die Nachhaltigkeit des Prozesses nicht aus den Augen zu verlieren und die knappen Ressourcen des Naturhaushaltes zu schonen. Aus diesem Grund wird eine vorausschauende Steuerung auf regionaler bzw. kommunaler Ebene immer wichtiger.

Nach wie vor ist allerdings im Zusammenhang mit der Genehmigung einer Biogasanlage die damit verbundene Produktion von Energiepflanzen nicht planungsrechtlich steuerbar. In der Stellungnahme der Landesregierung Niedersachsens zur Anfrage der Abgeordneten MÖHRMANN et al. vom Oktober 2010 wird seitens des Umweltministeriums bestätigt, dass das „allgemeine Fachrecht und die EU-Agrarpolitik“ die landwirtschaftliche Flächennutzung und damit auch den Energiepflanzenanbau regeln (MÖHRMANN 2010: www). Auch REICH et al. (2011) und DZIEWATY & BERNADY (2010) schlagen als Maßnahmen für einen naturverträglichen Anbau von Energiepflanzen Naturschutzmaßnahmen auf dem Acker vor, die bereits aus allgemeinen Diskussionen im Spannungsfeld von Landwirtschaft und Naturschutz bekannt sind. Dies sind z. B. die „Erhaltung und Neuanlage von permanenten Saumstrukturen“ oder „schlaginterne sowie bewirtschaftungsintegrierte Naturschutzmaßnahmen wie die Anlage von Blühstreifen oder reduzierte Bodenbearbeitung“ (REICH et al. 2011: 5).

Um langfristig eine natur- und raumverträgliche Entwicklung zu erreichen, müssen die in dieser Arbeit aufgezeigten negativen Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus weiterhin beobachtet und als Konsequenz aus den Konflikten in den Regionen ggf. auch das Fachrecht an neue Entwicklungen angepasst werden. Dies erfolgte beispielsweise mit der seit dem 01. September 2010 geltenden Verbringensverordnung, die im Zusammenhang mit der verschärften Gülleproblematik erlassen wurde. Sie enthält Aufzeichnungs-, Melde-, Mitteilungs- und Aufbewahrungspflichten bezüglich der Abgabe und des Verbringens von Wirtschaftsdüngern wie Gülle, Mist, Geflügelkot, Gärresten u. ä. Das niedersächsische Landwirtschaftsministerium prüft darüber hinaus aufgrund der hohen Viehdichte und der großen Zahl an Biogasanlagen in einigen Regionen, eigene landesweite Regelungen zu erlassen (NML 2011: www).

Neben der Formulierung von neuen Regelungen für die neu im Landnutzungssystem auftretenden Wirkungen ist die Einhaltung der bestehenden Regeln wie z. B. der guten fachlichen Praxis in der Landwirtschaft oder des Cross Compliance essentiell. Die im Zusammenhang mit dem Energiepflanzenanbau auftretenden Konflikte zeigen, dass hier ein Defizit besteht. Die Forderung der Agrarministerkonferenz von Ende März 2011, die Kont-

rollrate der Landwirte zukünftig zu reduzieren, lässt allerdings nicht auf eine zukünftige Verschärfung der Überprüfungen und eine bessere Einhaltung der Vorgaben hoffen (AMK 2011: www).

Um einzelne regional besonders bedeutende Empfindlichkeiten zu schützen, sollten daher entsprechende Maßnahmen der Landwirte über Agrarumweltprogramme finanziert werden. Da die Teilnahme an diesen Programmen freiwillig ist, ist ihr Erfolg von der finanziellen Ausstattung sowie dem Interesse und dem Engagement des jeweiligen Landwirts abhängig. Um den negativen Auswirkungen des regional sehr großflächigen Maisanbaus entgegenzuwirken müssen auch zukünftig finanzielle Mittel hierfür bereitgestellt werden.

Erste Ansätze zu freiwilligen Maßnahmen kommen aber auch aus der Landwirtschaft selbst, die sich mit immer größeren Akzeptanzproblemen des Maisanbaus bzw. der Biogasproduktion in der Bevölkerung befassen muss. Aus diesem Grund haben beispielsweise die drei Landvolkkreisverbände in Bremervörde, Rotenburg-Verden und Zeven den Verein „Bunte Felder“ gegründet, der die Anlage von Blühstreifen auf Maisflächen für die Biogasproduktion fördert. Sie werden von dem Mitgliedsbeitrag finanziert, den die Betreiber der Biogasanlagen bezahlen. Die Information der Bevölkerung über Infotafeln an den Feldern und Biogasanlagen sowie die Einbeziehung von Vertretern des Naturschutzes im Vereinsbeirat soll die Akzeptanz des Energiepflanzenanbaus in der Region fördern (TOP AGRAR ONLINE 2011: www).

Ein weiteres Beispiel ist die Biogasanlage Walle, für die im März 2011 eine Vereinbarung zwischen dem NABU-Niedersachsen und dem Betreiber, der Lindhorst-Gruppe, geschlossen wurde (NABU 2011: www). Der Betreiber erkennt die Grundsätze des '10-Punkte-Papiers Biogas' an, das unter anderem die Begrenzung der jeweiligen Fruchtarten auf maximal 50 % sowie eine mindestens dreigliedrige Fruchtfolge vorsieht. Erklärtes Ziel der Vereinbarung ist es, die Akzeptanz der Biomassenutzung durch die Einhaltung ökologischer Mindeststandards zu verbessern (NABU 2011: www).

Die natur- und raumverträgliche Ausgestaltung des Anbauprozesses mit Hilfe der vorhandenen Instrumente des Naturschutzes bleibt schwierig, wenn auf der anderen Seite über ökonomische Anreizinstrumente der Ausbau der Biogasnutzung stark gefördert wird. Das wichtigste Instrument hierbei ist nach wie vor das EEG, das derzeit die Rentabilität der Biogasanlagen bestimmt. Ist diese gegeben, fällt die Entscheidung, eine Biogasanlage zu bauen und zu betreiben. Das EEG soll einen Anreiz zur Weiterentwicklung von Technologien geben (§1 (1) EEG), im Begründungstext wird dem Ausbau der erneuerbaren Energien aber auch eine „besondere Bedeutung für die Verwirklichung der Grundsätze von Naturschutz und Landschaftsplanung“ (BMU 2008: 19) zugeschrieben. Eine nachhaltige Energieversorgung soll sowohl den Klima- als auch den Umweltschutz gewährleisten (BMU 2008: 20). Diese Ziele wurden aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes bisher nicht immer erreicht. Jede Novellierung hat in der Vergangenheit umgehend zu Auswirkungen auf den Raum geführt, die in einigen Regionen deutlich negativ zu bewerten sind. Im Jahr 2004 stiegen die Vergütungssätze für Strom aus Biomasse zum ersten Mal stark an, was zu einem sprunghaften Ausbau der Anlagenzahlen und in Niedersachsen zu ersten Konflikten aufgrund des vermehrten Maisanbaus führte. Der 2009 eingeführte Gülle-

bonus hat den Druck auf die Fläche und die Intensivierung der Bewirtschaftung weiter verschärft (vgl. SRU 2011: 440). In der Vergärung von Gülle besteht zwar ein hohes technisches Potenzial bis zu 3,5 Mrd. m³ Methan zu produzieren (BAHRS & THIERING 2011: www) und damit den Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen und die Intensivierung der landwirtschaftlichen Flächennutzung zu reduzieren, die Verteilung des Aufkommens ist aber regional sehr unterschiedlich. Die Untersuchungen von BAHRS & THIERING (2011: www) zeigen, dass in mehr als 30.000 niedersächsischen landwirtschaftlichen Betrieben Wirtschaftsdünger anfällt, der aber in 66 % der Fälle nicht für den Betrieb einer 150 kW Biogasanlage mit den notwendigen 35 % Wirtschaftsdünger ausreicht. In den übrigen Betrieben führt neben dem in einzelnen Fällen zu geringen Gülleaufkommen auch der Güllebonus des EEG dazu, dass der Wirtschaftsdünger einen Anteil von 30-50 Masseprozent an der gesamten Substratmenge nicht übersteigt. Statt Gülle zuzukaufen und zu transportieren, wird aus ökonomischen Gründen Silomais als Cosubstrat eingesetzt. Der Konflikt um die Fläche wird sich damit zukünftig weiter verschärfen, wenn aufgrund des Gülle-Bonus weitere Biogasanlagen gebaut werden (THIERING & BAHRS 2009). In Niedersachsen ist dies vor allem in Regionen mit bereits hohen Anlagenzahlen zu erwarten (vgl. Kap. 1).

Der neben dem Güllebonus eingeführte Landschaftspflegebonus wird ebenfalls von Naturschutzverbänden kritisch beleuchtet. Auch dieser Bonus ist an den Nawaro-Bonus gekoppelt und wird gezahlt, wenn überwiegend Landschaftspflegematerial vergoren wird. Problematisch ist derzeit die unklare Definition des Begriffs „Landschaftspflegematerial“. Entsprechend der Clearingstelle des EEG sind hierunter Pflanzen oder –bestandteile zu verstehen, die bei „Maßnahmen zur Erhaltung und Verbesserung eines bestimmten Zustands der Natur und Landschaft“ anfallen. Hierzu zählen auch „Materialien aus forst- und landwirtschaftlicher [...] Tätigkeit, sofern diese vorrangig der Landschaftspflege dient.“ Da neben gesetzlich geschützten Biotopen auch Schnittgut von Flächen aus Agrarumweltmaßnahmen hierunter fällt, ist es im letzten Jahr bereits dazu gekommen, dass der Bonus für Silomais ausgezahlt wurde, der im Rahmen von Agrarumweltmaßnahmen mit pflugloser Bewirtschaftung oder Düngung per Schleppschlauchverfahren angebaut wurde (VELDHOF 2010: 4). Der Deutsche Verband für Landschaftspflege (DVL) fordert daher klare Leitlinien von Seiten der Clearingstelle EEG, um eine zusätzliche Förderung des Maisanbaus über den Landschaftspflegebonus zu vermeiden (ebd.: 10).

Die Einführung der beiden Boni zeigt sehr deutlich, dass von Seiten des Gesetzgebers eine Steuerung in Richtung Natur- und Raumverträglichkeit der Biomassenutzung angestrebt wird. Daraus folgende, möglicherweise negative Entwicklungen in der landwirtschaftlichen Praxis müssen allerdings zukünftig stärker bei der Ausgestaltung des Gesetzes bedacht werden. Das Bundeslandwirtschaftsministerium sieht für die erneute Novellierung in 2012 bereits großen Handlungsbedarf, der Problematik von Mais-Monokulturen in einigen Regionen entgegenzuwirken (BMELV 2011: www). Ein Vorteil des EEG ist, dass es stetig und in relativ kurzen Zeiträumen überarbeitet und an die aktuellen Marktbedingungen angepasst wird. In diesem Zusammenhang kann und muss auch auf negative Auswirkungen auf den Raum reagiert werden. MENGEL et al. 2010 ermittelten in Akteursbefragungen und Workshops, dass das EEG bei den Biomasseproduzenten als Steuerungsinstrument akzeptiert ist. Es sollte daher verstärkt genutzt werden, um Naturschutzstandards bei der Produktion der Energiepflanzen beispielsweise bezogen auf Fruchtfolgen oder den Humushaushalt einzubringen.

Das EEG ist das wichtigste Instrument um bundesweit den weiteren Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien zu fördern. Der tatsächliche Zuwachs und damit auch die positiven oder negativen Auswirkungen auf den Raum sind allerdings regional sehr unterschiedlich ausgeprägt. Diese Diskrepanz kann von dem Bundesgesetz nicht aufgefangen werden. Daher muss im Gegenzug die Position der regionalen bzw. kommunalen Ebene gestärkt werden. Auf dieser Ebene fallen die Entscheidungen über Standorte der Biogasanlagen und es entstehen die Konflikte zwischen den Akteuren vor Ort. Die kommunale Bauleitplanung muss darauf vorbereitet sein, den Ausbau der Nutzungen von erneuerbaren Energien natur- und raumverträglich zu gestalten. Es sollten daher aktuelle Landschaftsrahmen- und Landschaftspläne erstellt werden, in denen Gebiete mit besonderer Empfindlichkeit gegenüber intensiver Landwirtschaft gekennzeichnet werden. Hierzu können z. B. spezielle Fachkarten entworfen werden (vgl. hierzu Kap. 9, MENGEL et al. 2010: 136, SRU 2011: 158).

Darüber hinaus können in diesem Zusammenhang informelle Planungsinstrumente eingesetzt werden, in dem beispielsweise auch zum Thema des Ausbaus der erneuerbaren Energien neue Leitbilder und Konzepte für die Entwicklung der Region entworfen werden. Bei dieser Gelegenheit sollte die Zusammenarbeit mit den Landwirten gesucht werden, damit diese sich als Teil dieser Entwicklung verstehen und in die Lösungsfindung einbezogen werden (GALANDI et al. 2010). Mit der Erarbeitung von regionalen Energiekonzepten können die Vorteile einer dezentralen Energieerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern genutzt werden, mit denen flexibel auf die Empfindlichkeiten in der jeweiligen Region reagiert werden kann.

11 Fazit

Die vorliegende Arbeit zeigt ein umfassendes Bild der Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf Natur und Landschaft und bringt viele bisher einzeln betrachtete Aspekte in einen Wirkungszusammenhang. Anhand der hohen Zahl der untersuchten Anbauverfahren und der Anwendung der Bewertungsmethode an drei verschiedenen landwirtschaftlichen Produktionsstandorten mit ganz unterschiedlichen Empfindlichkeiten des Naturhaushaltes wird die große Bandbreite der möglichen Auswirkungen deutlich. Es zeigt sich, dass eine einfache positive oder negative Bewertung des Ausbaus der Biomasseproduktion für die Biogasnutzung nicht möglich ist. Aus diesem Grund ist eine vorausschauende Planung und Steuerung dieses Prozesses umso wichtiger.

Mit den abschließend dargestellten Ansätzen für eine natur- und raumverträgliche Steuerung des weiteren Ausbauprozesses mithilfe der formellen und informellen Planungsinstrumente können die Wissenslücken bezogen auf die Verknüpfung der naturschutzfachlichen Grundlagenkenntnisse mit der Planungspraxis vor Ort geschlossen werden.

Trotzdem mussten wichtige Punkte in der Arbeit unberücksichtigt bleiben. Weiterer Forschungsbedarf besteht beispielsweise hinsichtlich alternativer Substrate für die Biogasproduktion. Auch wenn zahlreiche Versuche bei Forschungseinrichtungen, Saatgutproduzenten oder landwirtschaftlichen Institutionen durchgeführt wurden und werden, konnte eine ökonomisch rentable, praxistaugliche Alternative bisher nicht gefunden werden. Sollten sich neue Ackerfrüchte durchsetzen und angebaut werden, kann die in dieser Arbeit entwickelte Bewertungsmethode genutzt werden, um das mit dem Anbau verbundene Risiko einer Beeinträchtigung des Naturhaushaltes vorab einzuschätzen.

Darüber hinaus ist die Frage der Skalierung von Wirkungen von der Ebene Fläche/Schlag auf die Ebene der Landschaft in der vorliegenden Arbeit nur als Analogieschluss bearbeitet worden. Konkrete Untersuchungen dazu, welche Auswirkungen eine Landschaft in welchem Umfang „verträgt“, fehlen für die meisten Empfindlichkeiten des Naturhaushaltes. Derartige Ergebnisse wären als Grundlage für eine Diskussion über die Notwendigkeit der Intensivierung der Flächennutzung im Zusammenhang mit der zukünftig vermehrten Biomasseproduktion hilfreich. Erste Antworten auf diese Fragen werden im Projekt „Bioenergie im Spannungsfeld“ am Institut für Umweltplanung in Kooperation mit der Universität Göttingen gesucht (www.bioenergie.uni-goettingen.de)

Auch die konkrete Umsetzung der vorgeschlagenen Steuerungsansätze bleibt weiterhin offen. So sind bisher keine Landschafts- oder Landschaftsrahmenpläne bekannt, in denen die Ausweisung besonders empfindlicher Gebiete gegenüber einer bestimmten landwirtschaftlichen Nutzung umgesetzt wurde. Auch die Erarbeitung regionaler Energiekonzepte für den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien und die Diskussion neuer gesellschaftlicher Ansprüche an den Raum als Standort für die Produktion erneuerbarer Energien steht noch am Anfang. Dazu gehört auch die Frage, ob die weitere Intensivierung der landwirtschaftlichen Flächennutzung möglicherweise in Kauf genommen werden kann und muss, wenn auf diese Weise eine verlässliche Energieversorgung bei gleichzeitiger Reduzierung der Treibhausgasemissionen erreicht werden kann.

12 Quellen

Literatur

- AIGNER, A., 2006: Fruchtfolgegestaltung. In: Munzert, M. & Frahm, J. (Hrsg.): Pflanzliche Erzeugung. S. 181-190, München.
- ALBERT, O., DU, L. & LEINWEBER, L., 2006: Akteurslandschaften in der Bioenergieregion Uelzen, Celle, Soltau – Handlungsbedarf bei der Biogaserzeugung und –nutzung. 46 S., Projektarbeit an der Fakultät für Architektur und Landschaft, Institut für Umweltplanung der Universität Hannover. Unveröffentlicht.
- ALBRECHT, C., ESSER, T., WEGLAU, J. & KLEIN, H., 2002: Vielfalt der Tierwelt in der Agrarlandschaft. Ergebnisse des Projektes „Lebendige Natur durch Landwirtschaft“: Schriftenreihe des Instituts für Landwirtschaft und Umwelt, 160 S., Bonn.
- ALLEN, G., PEREIRA, L., RAES, D. & SMITH, M., 1998: FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements), 300 S.
- ARL (AKADEMIE FÜR RAUMFORSCHUNG UND LANDESPLANUNG) (Hrsg.), 2000: Nachhaltigkeitsprinzip in der Regionalplanung – Handreichung zur Operationalisierung. Hannover. Forschungs- und Sitzungsberichte, 212. 227 S., Hannover.
- ARL (Hrsg.), 2007: Wir leben regional - Es ist Zeit für eine gut funktionierende Regionalentwicklung. Positionspapier, 74 S., Hannover.
- ARNOLD, K., RAMESOHL, S., GRUBE, T., MENZER, R. & PETERS, R., 2006: Strategische Bewertung der Perspektiven synthetischer Kraftstoffe auf Basis fester Biomasse in NRW. Endbericht. Wuppertal Institut für Klima Umwelt Energie & Forschungszentrum Jülich (Hrsg.). 77 S., Wuppertal.
- BACCINI, P. & BADER, H.-P., 1996: Regionaler Stoffhaushalt: Erfassung, Bewertung und Steuerung. 420 S., Heidelberg.
- BACHFISCHER, R., 1978: Die ökologische Risikoanalyse. Dissertation. 295 S. Technische Universität München
- BAHRS, E. & HELD, J.-H., 2007: Steigende Nachfrage auf den Energie- und Agrarrohstoffmärkten - Konsequenzen für die niedersächsische Landwirtschaft, die Bodenmärkte und die Agrarpolitik. Göttingen: Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Georg-August-Universität Göttingen.
- BEMMANN, A.; REINHARDT, G.; RODE, M.; SCHEURLEN, K.; SCHMIDT, C.; THIELE, M.; WERNER, A.; WETTSTEIN, C., 2004: Wirkfaktoren der energetischen Nutzung von Biomasse. In: Reinhardt, G. & Scheurle, K.: Endbericht zum F+E-Vorhaben Naturschutzaspekte bei der Nutzung erneuerbarer Energien. Im Auftrag des Bundesamt für Naturschutz (BfN), S. 11-54.
- BERNDT, H., 2008: Aktivitäten des Landkreises Göttingen zur Entwicklung einer Bioenergieregion Göttinger Land. Vortrag 13. Niedersächsischer Grundwasserworkshop „Nachwachsende Rohstoffe“.
- BfN (Bundesamt für Naturschutz), 2007: Landschaftsplanung - Grundlage vorsorgenden Handelns. 51 S., Leipzig.
- BLA-GEO (Bund-Länder-Ausschuss Bodenforschung), 2004: Empfehlungen für die Charakterisierung und Parametrisierung des Transportpfades Boden-Grundwasser als Grundlage für die Sickerwasserprognose. Version 1.0, 63 S.
- BLUME, H.-P. & BRÜMMER, G., 1987: Prognosen des Verhaltens von Schwermetallen im Boden. Zit. in: HAAREN, C. (Hrsg.), 2004: Landschaftsplanung. 527 S., Stuttgart.
- BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Hrsg.), 2007a: Förde-

rung der ländlichen Entwicklung in Deutschland, Bonn.

BMELV, 2007b: Agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung. 133 S., Berlin.

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit), 2003: Nutzung von Biomasse in Kommunen – Ein Leitfadens. 21 S., Berlin.

BMU, 2007: Das Integrierte Energie- und Klimaprogramm der Bundesregierung - Hintergrundpapier. 12 S., Berlin.

BMU, 2008: Begründung zu dem Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien. 104 S., Berlin.

BMU, 2011: Erneuerbare Energien 2010. Daten des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2010 auf der Grundlage der Angaben der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat). Vorläufige Angaben. Stand 23. März 2011. 25 S., Berlin.

BMVEL (Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft) (Hrsg.), 2002: Gute fachliche Praxis zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen und Bodenerosion. 107 S., Bonn.

BMVEL (Hrsg.), 2005: Biokraftstoffe, Strategie für Mobilität von morgen. 34 S., Berlin.

BMW (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie) & BMU (Hrsg.), 2010: Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, 28. September 2010. 36 S., Berlin.

BREITSCHUH, G., ECKERT, H., KUHAUPT, H., GERNAND, U., SAUERBECK, D. & ROTH, S. (Hrsg.), 2000: Erarbeitung von Beurteilungskriterien und Messparametern für nutzungsbezogene Bodenqualitätsziele - Anpassung und Anwendung von Kriterien zur Bewertung nutzungsbedingter Bodengefährdungen. UBA- Texte 50/00, 130 S., Berlin.

BUDACH, M., 2007: Schreiben der Gebietsgemeinschaft Grünes Binnenland an den Landrat des Kreises Schleswig-Flensburg vom 16. April 2007.

BUHR, N. & KANNING, H., 2008: Raumverträglichkeit Erneuerbarer Energien. Räumliche Auswirkungen des Biogaspfadens und planerische Strategien. Planerin 08 (3), S. 23-24., Berlin.

BUHR, N., STEINKRAUS, K., WIEHE, J., KANNING, H. & RODE, M., 2006: Umwelt- und Raumverträglichkeit der energetischen Biomassenutzung. UVP-Report 2006 (4), S. 168-173, Hamm.

BWMU (Baden-Württembergisches Umweltministerium, Ministerium für Ernährung und ländlichen Raum), 2008: Merkblatt Gülle-Festmist-Jauche-Silagesickerkraft-Gärreste Gewässerschutz. 25 S., Stuttgart

CRUTZEN, P., MOSIER, A., SMITH, K. & WINNIWARTER, W., 2007: N₂O release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels. Atmospheric Chemistry and Physics Discussions 7, S. 11191-11205.

DENA (Deutsche Energie-Agentur GmbH) (Hrsg.), 2006: Biomass to Liquid - BtL Realisierungsstudie. Zusammenfassung. 18 S., Berlin.

DOYLE, U., VOHLAND, K., ROCK, J., SCHÜMANN, K. & RISTOW, M., 2007: Nachwachsende Rohstoffe - Eine Einschätzung aus Sicht des Naturschutzes. Natur und Landschaft (12) 2007, S. 529-535, Bonn.

DVWK (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V.), 1996: Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft Bd. 238, 135 S., Bonn.

DZIEWIATY K. & BERNADY, P., 2010: Brutvögel und Energiepflanzen. In: Reich M. & Rüter, S. (Hrsg.): Energiepflanzenanbau und Naturschutz. Umwelt und Raum Band 1, Schriftenreihe Institut für Umweltplanung, Leibniz Universität Hannover. S. 115-126, Göttingen.

DZIEWIATY, K. & BERNADY, P., 2007: Auswirkungen zunehmender Biomassenutzung (EEG) auf die Artenvielfalt - Erarbeitung von Handlungsempfehlungen für den Schutz der Vögel der Agrarlandschaft. 128 S., Seedorf.

- DZIEWIATY, K.; BERNARDY, P.; MAIERHOF, J.; JANSEN, S. & WELLMANN, L., 2007: Auswirkungen zunehmender Biomassenutzung (EEG) auf die Artenvielfalt, Erarbeitung von Handlungsempfehlungen für den Schutz der Vögel der Agrarlandschaft. BMU (Hg.). Berlin.
- EDER, J., 2006: Mais - Getreide und Maisanbau. In: Munzert, M. & Frahm, J. (Hrsg.): Pflanzliche Erzeugung. BLV Buchverlag, S. 510-546. München
- EEA (European Environment Agency), 2006: How much bioenergy can Europe produce without harming the environment? Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. EEA Report 7/2006.
- EHLERS, W., 1996: Wasser in Boden und Pflanze - Dynamik des Wasserhaushalts als Grundlage von Pflanzenwachstum und Ertrag. 272 S., Stuttgart.
- EILER, T. & UHLMANN, J., 2008: Sachgerechte Verwertung von Gärresten aus Biogasanlagen. In: LWK Niedersachsen (Hrsg.): Merkblatt Wasserschutz. 8 S., Oldenburg.
- ENGELS, C., 2006: Mögliche Wirkungen des Energiepflanzenanbaus auf die Humusversorgung der Böden. In: Institut für Landwirtschaft und Umwelt (Hrsg.): Schriftenreihe des Instituts für Landwirtschaft und Umwelt, 39-52 S., Bonn.
- ENQUETE KOMMISSION „SCHUTZ DES MENSCHEN UND DER UMWELT“ DES DEUTSCHEN BUNDESTAGES (Hrsg.), 1994: Die Industriegesellschaft gestalten – Perspektiven für einen nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströmen. 765 S., Bonn.
- FARGIONE, J., HILL, J., TILMAN, D., POLASKY, S. & HAWTHORNE, P., 2008: Land Clearing and the Biofuel Carbon Debt. *Science* 319, 1235-1238.
- FINKE, C., MÖLLER, K., SCHLINK, S., GEROWITT, B. & ISSELSTEIN, J., 1999: The environmental impact of maize cultivation in the European Union: Practical options for the improvement of the environmental impact. Case study Germany. Forschungs- und Studienzentrum Landwirtschaft und Umwelt in Zusammenarbeit mit der Abteilung Futterbau & Graslandwirtschaft des Institutes für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Georg-August-Universität Göttingen (Hrsg.), 40 S.
- FLADE, M., PLACHTER, H. & HENNE, E. (Hrsg.), 2003: Naturschutz in der Agrarlandschaft - Ergebnisse des Schorfheide-Chorin-Projektes. 388 S., Wiebelsheim.
- FNR (Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe) (Hrsg.), 2005: Biokraftstoffe: Pflanzen, Rohstoffe, Produkte. 42 S., Gülzow.
- FNR, 2008a: Daten und Fakten zu nachwachsenden Rohstoffen. Gülzow.
- FNR, 2008b: Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen. Erste Ergebnisse des Verbundprojektes „Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands“. 81 S., Köln.
- FNR, 2010: Biogas Basisdaten Deutschland. Stand Juni 2010. 7 S., Gülzow.
- FRIELINGHAUS, M. (Hrsg.), 1997: Merkblätter zur Bodenerosion in Brandenburg. In: ZALF (Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung e. V.) (Hrsg.): ZALF-Berichte, 54 S., Müncheberg.
- FRIELINGHAUS, M., BEESE, F., ELLERBROCK, R., MÜLLER, L. & ROGASIK, H., 1999: Risiken der Bodennutzung und Indikation von schädlichen Bodenveränderungen in der Gegenwart. In: Buchwald, K. & Engelhardt, W. (Hrsg.): Schutz des Bodens. S. 29-51, Bonn.
- FRIELINGHAUS, M., BRANDHUBER, R., GULLICH, P. & SCHMIDT, W.-A., 2002: Vorsorge gegen Bodenerosion. In: BMVEL (Hrsg.): Gute fachliche Praxis zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen und Bodenerosion. S. 42-91, Bonn.
- FRITSCHKE, U.; DEHOUST, G.; JENSEIT, W.; HÜNECKE, K.; RAUSCH, L.; SCHÜLER, D.; WIEGMANN, K.; HEINZ, A.; HIEBEL, M.;

ISING, M.; KABASCI, S.; UNGER, C.; THRÄN, D.; FRÖHLICH, N.; SCHOLWIN, F.; REINHARDT, G.; GÄRTNER, S.; PATYK, A.; BAUR, F.; BEMMAN, U.; GROß, B.; HEIB, M.; ZIEGLER, C.; FLAKE, M.; SCHMEHL, M.; SIMON, S., 2004: Stoffstromanalyse zur nachhaltigen Nutzung von Biomasse. Endbericht zu einem F+E-Vorhaben des Bundesministeriums für Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit – Projektträger FZ Jülich, 263 S., Darmstadt.

FÜRST, D., 2002: Zwischen staatlicher Steuerung und Selbstregulierung - Raumordnung und Landesentwicklung mit neuem Anspruch. In: Anhelm, F. E. & Schneider, P.-J. (Hrsg.): Zukunftsfähiges Niedersachsen. Landesentwicklung und Raumordnung: Gleichwertigkeit der Lebensbedingungen in Stadt und Land. Loccum Protokolle 40/02, S. 47-70, Loccum.

GALANDI, R., REEG, T. & MARGGRAFF, V. 2010: Energetische Biomassenutzung und kommunale Landschaftsplanung. In: LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg) (Hrsg.): Naturschutz-Info 1/2010. S. 42-46. Karlsruhe.

GÄNSRICH, C. & WOLLENWEBER, I., 1995: Retention: eine Methodenuntersuchung zur Planungspraxis. 151 S., Dissertation Universität Hannover.

GASSNER, E., WINKELBRANDT, A. & BERNOTAT, D., 2005: UVP - rechtliche und fachliche Anleitung für die Umweltverträglichkeitsprüfung. 400 S., Heidelberg.

GEIER, U., FRIEBEN, B., HAAS, G., MOLKENTHIN, V. & KÖPKE, U., 1998: Ökobilanz Hamburger Landwirtschaft - Umweltrelevanz verschiedener Produktionsweisen, Handlungsfelder Hamburger Umweltpolitik. Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau Teil 1. Landwirtschaft, 243 S., Berlin.

GEKLE, L., ZEDDIES, J. & KAULE, G., 2008: Auswirkungen einer Nutzungsänderung von Ackerland durch Stilllegung im Zusammenhang mit der Umwidmung von Flächen und Nutzung für Photovoltaikanlagen. 45 S., Stuttgart.

GLEMNITZ, M., PLATEN, R. & HUFNAGEL, J., 2010: Auswirkungen des landwirtschaftlichen Anbaus von Energiepflanzen auf die Biodiversität – Optionen in der Anbaugestaltung. In: Reich, M. & Rüter, S. (Hrsg.), 2010: Energiepflanzenanbau und Naturschutz. Umwelt und Raum Band 1, Schriftenreihe Institut für Umweltplanung, Leibniz Universität Hannover. S. 77-90. Göttingen.

GLEMNITZ, M., PLATEN, R. & SAURE, C., 2008: Auswirkungen des Anbaus von Energiepflanzen auf die Biodiversität: Bewertungsmethodik und Einfluss des Anbauverfahrens. In: KTBL (Hrsg.): Ökologische und ökonomische Bewertung nachwachsender Energieträger. KTBL-Schriften 468, S. 136-150, Reinheim.

GRAß, R. & SCHEFFER, K., 2005: Alternative Anbaumethoden: Das Zweikulturnutzungssystem. – Natur und Landschaft, 80 (9/10): 435-439.

GUNIÉE, J. (ed.), 2002: Handbook of life-cycle assessments. Operational guide to the ISO standards. Kluwer Academic Publishers.

GÜNNEWIG, D. & WACHTER, T., 2007: Ökologische Bewertung der von der Nutzung Erneuerbarer Energien ausgehenden Auswirkungen auf Natur und Landschaft im Sinne von § 20 Abs. 1 EEG. In: Staiß, F., Schmidt, M.; Musiol, F.: Vorbereitung und Begleitung der Erstellung des Erfahrungsberichtes 2007 gemäß § 20 EEG im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 282-354. Stuttgart.

Gunreben, M. & Boess, J., 2008: Schutzwürdige Böden in Niedersachsen. In: Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (Hrsg.): Geoberichte. 48 S., Hannover.

Haakh, F., Lang, U., Keim, B., Eisele, W., Schneck, A., Emmert, M., Kopp, A., Sanzenbacher, J. & Maier, A., 2004: Anforderungen an den Wasserhaushalt. In: Forschungszentrum Karlsruhe (Hrsg.): Optimierung des Gebietswasserhaushalts in Wassergewinnungsgebieten. S. 73-106.

HAAREN, C. VON & OTT, S., 2006: Die Koordination von Landschaftsplanung, Eingriffsregelung sowie Vorgaben des Biotop- und Artenschutzes in der Umweltprüfung von Bauleitplänen. Natur und Landschaft 2006 Heft 2, S. 61-67, Stuttgart.

- HAAREN, C. VON (Hrsg.), 2004: Landschaftsplanung. 527 S., Eugen Ulmer, Stuttgart.
- HAAREN, C. VON, 2004b: Werthintergrund, Ziele und Aufgaben der Landschaftsplanung. In: Haaren, C. von (Hrsg.): Landschaftsplanung. S. 32-70, Stuttgart.
- HAAREN, C. VON, HÜLSBERGEN, K.-J., HACHMANN, R. (Hrsg.), 2008: Naturschutz im landwirtschaftlichen Betriebsmanagement - EDV-Systeme zur Unterstützung der Erfassung, Bewertung und Konzeption von Naturschutzleistungen landwirtschaftlicher Betriebe. 267 S., Stuttgart.
- HAEDKE, R., 2008: Behördliche Erfahrungen mit Biogasanlagen im Landkreis Cloppenburg. Vortrag beim 13. Niedersächsischer Grundwasserworkshop „Nachwachsende Rohstoffe“.
- HARTMANN, H. & WEISKE, A., 2002: Biomassebrennstoffe, Rohstoffproduktion (Anbau). In: Hartmann, H. & Kaltschmitt, M. (Hrsg.): Biomasse als erneuerbarer Energieträger: Eine technische, ökologische und ökonomische Analyse im Kontext der übrigen erneuerbaren Energien. Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“ Band 3, 692 S., Münster.
- HEGE, U., PERETZKI, F., DEMMEL, M. & NESER, S., 2006: Pflanzenernährung und Düngung. Verfahrenstechnik. In: Munzert, M. & Frahm, J., (Hrsg.): Pflanzliche Erzeugung. S. 191-302, München.
- HENDRIKS, K., STOBBELAAR, D. J. & VAN MANSVELT, J. D., 2000: The appearance of agriculture. An assessment of the quality of landscape of both organic and conventional horticultural farms in West Friesland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* (77), 19 S.
- HOFFMANN, J., 2009: Erfordernis eines Ausgleichs für den Verlust von Ackerbrachen am Beispiel der Vögel. 2. PAG Treffen Naturschutzstandards für den Biomasseanbau. 17.02.2009, Bonn.
- HÖHER, G., 2007: Biogas kurbelt Maisanbau an. – *Land & Forst*, 160 (1): 18-20.
- HOOIJER, A., SILVIUS, M., WOSTEN, H. & PAGE, S., 2006: PEAT-CO₂: Assessment of CO₂ emissions from drained peatlands in SE Asia. Delft: Delft Hydraulics. Report Q3943.
- HÖTKER, H., 2004: Vögel der Agrarlandschaft. Bestand, Gefährdung, Schutz. 47 S., Bonn.
- IPCC, 2007a: Climate Change 2007 – Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge: Cambridge University Press.
- IPCC, 2007b: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge: Cambridge University Press.
- JESSEL, B. & TOBIAS, K., 2002: Ökologisch orientierte Planung - Eine Einführung in Theorien, Daten und Methoden. 470 S., Stuttgart.
- JUNGMANN, S., 2004: Arbeitshilfe Boden und Wasser im Landschaftsrahmenplan. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen, Heft 2/04, S. 77-164, Hannover.
- KALTSCHMITT, M. & HARTMANN, H. (Hrsg.), 2001: Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren. 770 S., Berlin.
- KALTSCHMITT, M., SCHOLWIN, F., DANIEL-GROMKE, J., SCHUMACHER, B., SCHEUERMANN, A. & WILFERT, R., 2010: Stellung und Bedeutung von Biogas als regenerativer Energieträger in Deutschland. In: FNR (Hrsg.): Leitfaden Biogas. Von der Gewinnung zur Nutzung. S. 250-259. Gülzow.
- KANNING, H., 2001: Umweltbilanzen - Instrumente einer zukunftsfähigen Regionalplanung?. *UVP spezial* 17, 280 S., Dortmund.
- KANNING, H., 2005: Brücken zwischen Ökologie und Ökonomie – Umweltplanerisches und ökonomisches Wissen für ein nachhaltiges regionales Wirtschaften. 278 S., München.
- KANNING, H., BUHR, N., STEINKRAUS, K., 2009: Erneuerbare Energien – Räumliche Dimensionen, neue Akteurslandschaften und planerische (Mit)Gestaltungspotenziale am Beispiel des Biogapfades. *Raumforschung und*

Raumordnung (2), S. 142-156, Bonn.

KLEIN, A., STEFFAN-DEWENTER, I. & TSCHARNTKE, T., 2006: Gefährdung der Vielfalt und Produktion von Kulturpflanzen. Spektrum. S. 30-32.

KLINSKI, S. & LONGO, F., 2006: SKEP - Rechtliche Rahmenbedingungen kommunaler Strategien für den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien. Arbeitspapier 6, 38 S., Berlin.

KLINSKI, S., 2008: Genehmigungsrechtliche Aspekte bei Biogasanlagen. In: IFEU (Hrsg.): Optimierungen für einen nachhaltigen Ausbau der Biogaserzeugung und -nutzung in Deutschland. Materialband F, 48 S., Heidelberg.

KNICKEL, K.-H., JANSSEN, B., SCHRAMEK, J. & KÄPPEL, K., 2001: Naturschutz und Landwirtschaft - Kriterienkatalog zur „Guten fachlichen Praxis“. Angewandte Landschaftsökologie 41, BfN (Hrsg.), 152 S., Bonn.

KNOBLAUCH, S., 2009: Langjährige Ergebnisse über das pflanzenspezifische Aneignungsvermögen von Bodenwasser landwirtschaftlicher Kulturen auf einem tiefgründigen Braunerde-Tschernosem aus Löß. In: Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein (Hrsg.): 13. Gumpensteiner Lysimeter-tagung 2009, S. 131-136.

KOALITIONSVERTRAG, 2005: Gemeinsam für Deutschland – mit Mut und Menschlichkeit. – Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD, 11.11.2005, 191 S., Berlin.

KÖHLER, B. & PREIß, A., 2000: Erfassung und Bewertung des Landschaftsbildes – Grundlagen und Methoden zur Bearbeitung des Schutzguts „Vielfalt, Eigenart und Schönheit von Natur und Landschaft“ in der Planung. In: Niedersächsisches Landesamt für Ökologie (Hrsg.): Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen, 1/2000: S. 5-60.

KÖPPEN, D., 2005: Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit. Tagungsband Bodenfruchtbarkeit und Bodenfruchtbarkeit zur Fachveranstaltung von ilu und GKB am 22. September 2005, S. 31-49, Bonn.

KREITMAYR, J. & BAUER, R., 2006: Bodenbearbeitung. In: Munzert, M. & Frahm, J. (Hrsg.): Pflanzliche Erzeugung. S. 93-122, München.

KTBL (Hrsg.), 2008a: Ökologische und ökonomische Bewertung nachwachsender Energieträger. KTBL-Schrift 468. 226 S., Darmstadt.

KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft), 2007: Faustzahlen Biogas. 179 S., Darmstadt.

KTBL, 2008: Erfassung und Analyse von Defiziten an landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Bericht „Untersuchungen zu Geruchsfreisetzungen von neueren Biogasanlagen mit überwiegendem Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen“, Anlage 4, 18 S., Darmstadt.

LFL (Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft), 2006: Biogastechnologie zur umweltverträglichen Flüssigmistverwertung und Energiegewinnung in Wasserschutzgebieten. 248 S., Freising.

LIEBICH, T., O. J.: Minimierung von Konfliktpotenzial durch Gerüche an Biogasanlagen. TÜV Nord Umweltschutz (Hrsg.). 10 S., Hannover.

LINDENAU, G., 2002: Die Entwicklung der Agrarlandschaften in Südbayern und ihre Beurteilung durch die Bevölkerung. 304 S., Berlin.

LSKN (Landesbetrieb für Statistik und Kommunikationstechnologie Niedersachsen), 2007: Bodennutzung und Ernte 2007. Statistische Berichte Niedersachsen. 54 S., Hannover.

LSKN, 2008: Bodennutzung und Ernte 2008. Statistische Berichte Niedersachsen, Hannover.

LTZ (Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg), 2007: Gärreste aus Biogasanlagen - Nähr- und Schadstoffe, Einsatzmöglichkeiten im Ackerbau. Gärreste, Biogas, Nährstoffe, Schadstoffe, Düngebe-

darf, Düngeplanung, Biogasgülle. 5 S., Karlsruhe.

LUTTER, H., 1995: Energiekonzepte, regionale und kommunale. In: ARL (Hrsg.): Handwörterbuch der Raumordnung. S. 220-221. Hannover.

LUTTER, H., 2005: Energiekonzepte, regionale und kommunale. In: ARL (Hrsg.): Handwörterbuch der Raumordnung. S. 206-207, Hannover.

LWK (Landwirtschaftskammer Niedersachsen), 2007: Merkblatt zur Düngeverordnung. 1 S., Oldenburg.

LWK (Hrsg.), 2008: SUNREG I. Abschlussbericht zum Modellvorhaben Querschnittsprojekt SUNREG I, 84 S., unveröffentlicht.

LWK (Hrsg.), 2008b: No Regret – genug Wasser für die Landwirtschaft?! Projektbericht – Kurzfassung. 32 S., Uelzen.

MELFF (Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei), 2004: Erntebericht 2004. Schwerin.

MENDEL, H.-G., 2000: Elemente des Wasserkreislaufs. Eine kommentierte Bibliographie zur Abflußbildung. 244 S., Berlin.

MENGEL, A., REIß, A., THÖMMES, A., HAHNE, U., KAMPEN, S. VON & KLEMENT, M., 2010: Steuerungspotenziale im Kontext naturschutzrelevanter Auswirkungen Erneuerbarer Energien, Abschlussbericht zum F+E-Vorhaben „Naturschutzrelevanz raumbedeutsamer Auswirkungen der Energiewende“ FKZ 806 82 110. Bundesamt für Naturschutz (BfN, Hrsg.). Schriftenreihe Naturschutz und Biologische Vielfalt, Nr. 97. 366 S. Münster.

MICHAEL, A., SCHMIDT, J. & SCHMIDT, W. A., 1996: Erosion 2 D. Parameterkatalog Sachsen. In: Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.): Erosion 2D/3D Ein Computermodell zur Simulation der Bodenerosion durch Wasser. 160 S., Dresden.

MÜLLER, C., KREITMAYR, J., BRANDHUBER, R., CAPRIEL, P. & BAUCHHENS, J., 2006: Bodenschutz - Bodenverdichtung, Humusgehalt, Bodenleben. In: Munzert, M. & Frahm, J. (Hrsg.): Pflanzliche Erzeugung. S. 63-92, München.

MÜLLER, J. & BAUER, R., 2006: Futterkonservierung Verfahrenstechnik Futterernte. In: Munzert, M. & Frahm, J. (Hrsg.): Pflanzliche Erzeugung. S. 865-934, München.

MÜLLER, U., 2004: Auswertungsmethoden im Bodenschutz. Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS). Arbeitshefte Boden, 409 S., Stuttgart.

MÜLLER-LANGER, F., VOGEL, A., FRICK, S. & THRÄN, D., 2006: Mobilisation and Logistics of Solid Biofuels. In: Institut für Energetik und Umwelt (IE) (Hrsg.): 2nd International BtL-Congress, 17 S., 12.-13.10.2006, Berlin.

NABU (Naturschutzbund Deutschland e.V.) (2007): Grünlandumbruch und Maisanbau in NATURA 2000-Gebieten: Ein Fallbeispiel aus der Eifel. Berlin.

NEHLS, G., 2007: EU-Vogelschutzgebiet Eiderstedt: Blauer Brief für schlechten Grünlandschutz. Betrifft: Natur 4/2007, S. 8-9. Neumünster: NABU Schleswig-Holstein.

NIBIS (Niedersächsisches Bodeninformationssystem), 1997: Böden in Niedersachsen. Teil 1. Bodeneigenschaften, Bodennutzung und Bodenschutz. In: Fachbereich Bodenkunde des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung (Hrsg.), Fachinformationssystem Bodenkunde, 127 S., Stuttgart.

NITSCH, H., OSTERBURG, B., BUTTLAR, C. V. & BUTTLAR, H. B. V., 2008: Aspekte des Gewässerschutzes und der Gewässernutzung beim Anbau von Energiepflanzen. Arbeitsberichte aus der vTI-Agrarökonomie 3/2008, 128 S., Braunschweig.

NITSCH, J., KREWITT, W., NAST, M., VIEBAHN, P., GÄRTNER, S., PEHNT, M., REINHARDT, G., SCHMIDT, R., UIHLEIN, A., SCHEURLEN, K., BARTHEL, C., FISCHEDICK, M., MERTEN, F., 2004: Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland. Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, FKZ 901 41 803. Stuttgart, Heidelberg, Wuppertal: DLR, IFEU, Wuppertal

Institut für Klima, Umwelt und Energie.

NLS (Niedersächsisches Landesamt für Statistik) (Hrsg.), 1995: Statistische Berichte Niedersachsen - Bodennutzung und Ernte 1995. 40 S., Hannover.

NLS, 2003: Bodennutzung und Ernte 2003. 50 S., Hannover.

NLS, 2007: Anleitung zur Agrarstrukturhebung 2007. 57 S., Hannover

NML & NMU (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt und Klimaschutz) (Hrsg.), 2010: Biogasnutzung in Niedersachsen. Stand und Perspektiven. 24 S., Hannover.

NML (Niedersächsisches Ministerium für den ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (Hrsg.), 2007: Stand und Perspektiven der Biogasnutzung in Niedersachsen. 11 S., Hannover.

OTT, S., 2004: Intergration in die räumliche Gesamtplanung. In: Haaren, C. von: Landschaftplanung. S. 385-392, Stuttgart.

PIELOW, J.-C., SCHIMANSKI, C., 2007: Rechtsprobleme der Erzeugung von Biogas und der Einspeisung in das Erdgasnetz. Abstract zum Vortrag am Fraunhofer Institut UMSICHT, Workshop „Rechtsfragen der Einspeisung von Biogas in die Gasnetze“ am 20.Juni 2007, 3 S., Oberhausen.

REICH, M. & RÜTER, S. (Hrsg.) 2011: Auswirkungen des großflächigen Anbaus von Energiepflanzen auf die Tierwelt der Agrarlandschaft. Umwelt und Raum, Band 2. Schriftenreihe des Instituts für Umweltplanung, Leibniz Universität Hannover. 244 S., Göttingen.

REICH, M., RÜTER, S. & TILLMANN, J.E., 2011: Auswirkungen des großflächigen Anbaus von Energiepflanzen auf die Tierwelt der Agrarlandschaft – Ergebnisse der Forschungsvorhabens SUNREG III. In: Reich, M. & Rüter, S. (Hrsg. 2010): Auswirkungen des großflächigen Anbaus von Energiepflanzen auf die Tierwelt der Agrarlandschaft. Umwelt und Raum, Band 2. Schriftenreihe des Instituts für Umweltplanung, Leibniz Universität Hannover. S. 5- 17, Göttingen.

REICHE, D., 2004: Rahmenbedingungen für erneuerbare Energien in Deutschland. Möglichkeiten und Grenzen einer Vorreiterpolitik. 240 S., Frankfurt am Main.

REIJNDERS, L. & HUIJBREGTS, M., 2008: Palm oil and the emission of carbon-based greenhouse gases. *Journal of Cleaner Production* 16, 477 - 482.

REINHOLD, G., 2009: Einfluss der Biogaserzeugung auf das Restgaspotenzial und Eigenschaften der Gärreste sowie die Anforderungen an Gärrestlager. Tagungsband Internationale Bio- und Deponiegas Fachtagung „Synergien nutzen und voneinander lernen III“ 28. / 29. April 2009, S. 179-197, Weimar.

RIPPEL, R., BRANDHUBER, R., CAPRIEL, P., BAUCHHENS, J. & MÜLLER, J., 2006: Bodenkundliche Grundlagen. Humus, Bodenleben, Austauschvorgänge. In: Munzert, M. & Frahm, J., (Hrsg.): Pflanzliche Erzeugung. S. 25-62, München.

RODE, M. & KANNING, H., 2006: Beiträge der räumlichen Planungen zur Förderung eines natur- und raumverträglichen Ausbaus des energetischen Biomassepfades. – In: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.): Bioenergie: Zukunft für ländliche Räume. IzR-Themenheft 1/2.2006: 103-111.

RODE, M. & SCHLEGELMILCH, S., 2006. Räumliche Dimensionen und Auswirkungen des Biomasseanbaus aus landschaftspflegerischer Sicht. – In: Deutscher Rat für Landespflge (Hrsg.): Die Auswirkungen erneuerbarer Energien auf Natur und Landschaft. Schriftenreihe, 79: 58-66.

RODE, M. 2005: Energetische Nutzung von Biomasse und der Naturschutz. *Natur und Landschaft* 2005 Heft 9/10, S. 403-412, Stuttgart.

RODE, M., SCHNEIDER, C., KETELHAKE, G. & REIßHAUER, D., 2005: Naturschutzverträgliche Erzeugung und Nutzung von Biomasse zur Wärme- und Stromgewinnung. BfN-Skripten 136, 183 S., Bonn.

- RODRIGUEZ, C. & WIEGAND, K., 2009: Evaluating the trade-off between machinery efficiency and loss of biodiversity-friendly habitats in arable landscapes: The role of size. *Agriculture, Ecosystems & Environment* (129), S. 361–366.
- ROGASIK, J., FUNDER, U., SCHNUG, E., ROGASIK, H. & KÖRSCHENS, M., 2005: Zentrale Stellung des Humus für die Bodenfruchtbarkeit. In: Institut für Landwirtschaft und Umwelt (ilu) (Hrsg.): *Bodenleben und Bodenfruchtbarkeit*. Schriftenreihe des Instituts für Landwirtschaft und Umwelt 10, S. 51-64, Bonn.
- RÖHNERT, P., 2006: Biomasseanlagen im Spannungsfeld zwischen baurechtlicher Privilegierung und Bauleitplanung. In: BBR (Hrsg.): *Bioenergie - Zukunft für ländliche Räume*. Informationen zur Raumentwicklung 1/2, 67-80 S., Bonn.
- ROSKAM, A., 2008: Gewässerschonender Betrieb von Biogasanlagen in Niedersachsen – erste Projektergebnisse. Plattform Modell- und Pilotprojekt Bioenergie / Gewässerschutz. Niedersächsisches Gewässerforum 13. Grundwasserworkshop 03.09.2008, NLWKN (Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft).
- RUSCHKOWSKI, E. V., WIEHE, J., 2008: Balancing Bioenergy Production and Nature Conservation in Germany: Potential Synergies and Challenges. In: *Yearbook of Socioeconomics in Agriculture*. Schweizerische Gesellschaft für Agrarwirtschaft und Agrarsoziologie. S.3-20, Zürich.
- SCHEURLEN, K., THIELE, M. & WETTSTEIN, C., 2004: Wirkfaktoren der energetischen Nutzung von Biomasse. – In: Scheurlen, K. & G. Reinhardt (Hrsg.): *F+E Vorhaben: Naturschutzaspekte bei der Nutzung erneuerbarer Energien*. FKZ 801 02 160: 11-55.
- SCHMIDT 2005 (Kap. 1-4?)
- SCHNEIDER, C., SUKOPP, U., SUKOPP, H., 1994: Biologisch-ökologische Grundlagen des Schutzes gefährdeter Segetalpflanzen. Schriftenreihe für Vegetationskunde, 356 S., Bonn-Bad Godesberg.
- SCHOLLES, F., 1997: Abschätzen, Einschätzen und Bewerten in der UVP. Weiterentwicklung der Ökologischen Risikoanalyse vor dem Hintergrund der neueren Rechtslage und des Einsatzes rechnergestützter Werkzeuge. UVP-Spezial 13, 273 S., Dortmund.
- Scholles, F. 2008: Die Ökologische Risikoanalyse und ihre Weiterentwicklung. In: Fürst, D. & Scholles, F. (Hrsg.) 2008: *Handbuch Theorien und Methoden der Raum- und Umweltplanung*. S. 458-479, Rohn Verlag Dortmund.
- SCHOLWIN, F. & FRITSCHKE, U. R., 2007: Beurteilung von Biogasanlageparks im Vergleich zu Hof-Einzelanlagen. Erstellt für die Deutsche Umwelthilfe e. V. Berlin. 48 S., Darmstadt/Leipzig.
- SCHULTZE, C., KORTE, B., DEMMELER, M., HEIßENHUBER, A., KÖPPEL, J., KLEINSCHMIT, B. & FÖRSTER, M., 2008: Übertragbare Strategien zur naturverträglichen Biomassebereitstellung auf Landkreisebene – am Beispiel der Regionen Ostprignitz-Ruppin/Brandenburg und Chiemgau/Bayern. 185 S.
- SCHÜPBACH, B., JUNGE, X., BRIEGEL, R. & LINDEMANN-MATTHIES, P., 2008: Ästhetische Wertschätzung Landwirtschaftlicher Kulturen durch die Bevölkerung. FB12-Kolloquium, 17.01.08.
- SEARCHINGER, T., HEIMLICH, R., HOUGHTON, R.A., DONG, F., ELOBEID, A., FABIOSA, J., TOKGOZ, S., HAYES, D. & TUNHSIANG, Y., 2008: Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land Use Change. *Science* 319, 1238 - 1240.
- SEYFREID, F. (HRSG.), 2008: Renewable fuels for advanced powertrains. RENEW Final report. 177S., Ganderkeese.
- SOMMER, C., BRANDHUBER, R., BRUNOTTE, J. & BUCHNER W., 2002: Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen. In: BMVEL (Hrsg.): *Gute fachliche Praxis zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen und Bodenerosion*. S. 12-41, Bonn.
- SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen), 2002: Für eine Stärkung und Neuorientierung des Naturschutzes. Sondergutachten, 212 S., Berlin.

SRU, 2007: Klimaschutz durch Biomasse. Sondergutachten, 124 S., Berlin.

SRU, 2008a: Schriftliche Stellungnahme Globale Biomasseszenarien (Produktion und Verwendung). Gemeinsame Anhörung zum Thema „Biomasse – Chancen und Risiken für globalen Klimaschutz, biologische Vielfalt, Ernährungs- und Versorgungssicherheit sowie Armutsbekämpfung“ des Ausschusses für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, des Ausschusses für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz und des Ausschusses für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin.

SRU, 2008b: Umweltschutz im Zeichen des Klimawandels. Umweltgutachten 2008. Berlin.

SRU, 2011: Wege zur 100 % erneuerbaren Stromversorgung. Sondergutachten. Hausdruck Januar 2011. 680 S., Berlin.

STADTWERKE INGOLSTADT, 2008: Machbarkeitsanalyse für eine Biogasanlage im Raum Ingolstadt, 8 S.

STAECK, S., 2007: Wie verhält es sich mit Lärmemissionen und Schallschutz? In: Görisch, U. & Helm, M. (Hrsg.): Biogasanlagen. S. 107-116, Stuttgart.

STEIN-BACHINGER, K. & FUCHS, S., 2004: Wie kann der Lebensraum Acker im großflächigen Ökologischen Landbau für Feldvögel und Feldhasen optimiert werden? In: Rahmann, G. & Thomas, T. van Elsen (Hrsg.): Naturschutz als Aufgabe des ökologischen Landbaus. Landbauforschung 272, S. 1-14, Witzhausen.

STROH, K., 2008a: Pflanzenschutzmittel in der Umwelt. In: LfU (Hrsg.): Umwelt Wissen, 12 S.

STROH, K., 2008b: Pflanzenschutzmittel – Stoffgruppen und Anwendung. In: LfU (Hrsg.): Umwelt Wissen, 12S.

SUDFELDT, C., DRÖSCHMEISTER, R., GRÜNEBERG, C., MITSCHKE, A., SCHÖPF, H. & WAHL, J., 2007: Vögel in Deutschland – 2007. Dachverband Deutscher Avifaunisten, Bundesamt für Naturschutz & Länderarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten (Hrsg.). 40 S., Münster.

SUNREG III, 2008: Auswirkungen des großflächigen Anbaus von Energiepflanzen auf die Tierwelt der Agrarlandschaft. 1. Zwischenbericht (unveröffentlicht).

THIERING, J. & BAHRS, E., 2009: Die Bedeutung von Wirtschaftsdüngern für die Energieerzeugung – Eine Beurteilung des Güllebonus in der deutschen Bioenergieförderung. In: Tagungsband 19. Jahrestagung der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie. S. 9-10. Innsbruck.

THRÄN, D., WEBER, M., SCHEUERMANN, A., FRÖHLICH, N., ZEDDIES, J., HENZE, A., THOROE, C., SCHWEINLE, J., FRITSCHKE, U., JENSEIT, W., RAUSCH, L., SCHMIDT, K., 2005: Nachhaltige Biomassennutzungsstrategien im europäischen Kontext. Analyse im Spannungsfeld nationaler Vorgaben und der Konkurrenz zwischen festen, flüssigen und gasförmigen Bioenergieträgern. Leipzig.

TIMPE C., FRITSCHKE, U. R. & GRABCZEWSKI N., 2002: Kennzeichnung von Strom – Von der anonymen Massenware zum unterscheidbaren Produkt. 24 S., Freiburg,

TISCHNER, H., KLEIN, W. & DEMMEL, M., 2006: Grundlagen des Pflanzenschutzes Verfahrenstechnik. In: Munzert, M. & Frahm, J., (Hrsg.): Pflanzliche Erzeugung, S. 303-546, München.

TSCHIMPKE, O., 2005: BTL-Kraftstoffe aus Sicht des Naturschutzes. In: Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe (Hrsg.): Synthetische Biokraftstoffe, Techniken – Potenziale – Perspektiven, Kongress am 03. und 04. November 2004 Autovision Wolfsburg. Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“ Band 25, 312 S., Münster.

UBA (Umweltbundesamt), 1990: Reduzierung der Flächeninanspruchnahme durch Siedlung und Verkehr. UBA-Texte 90/03, 324 S., Berlin.

VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten), 2004: Humusbilanzierung - Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland. 12 S., Bonn.

VELDHOFF, D., 2010: Ergebnisse der Umfrage zum „Landschaftspflege-Bonus“. Deutscher Verband für Land-

- schaftspflege (DVL) & Naturschutzbund (NABU) Deutschland (Hrsg.). 10 S.
- WBA (Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik am BMELV), 2007: Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung - Empfehlungen an die Politik. 255 S., Berlin.
- WEIDANZ, J., MOSIMANN, T., 2008: Auswirkung von Maisanbau zur Produktion von Biogas auf die Bodenerosion. Wasser und Abfall (7-8).
- WEILAND, P., 2006: Stand der Technik bei Biogasanlagen – Bundesweite Erhebung zu Leistung, Funktion und Wirtschaftlichkeit. In: Deutsches Maiskomitee e. V.: Mais – erfolgreich Biogas erzeugen. 63 S., Bonn.
- WEILAND, P., 2007: Technik von Biogasanlagen. Vortrag Forum Bioenergiedörfer. Göttingen, 08.03.2007.
- WERNER, A., BERGER, G., STACHOW, U. & GLEMNITZ, M., 2000: Abschätzungen der Auswirkungen transgener Sorten auf Umweltqualitätsziele. Nachhaltige Landwirtschaft - Kriterien für Pflanzenzüchtung und Pflanzenproduktion unter besonderer Berücksichtigung des Potentials der modernen Biotechnologie. 90 S., Münchenberg.
- WETTERICH, F. & KÖPKE, U., 2003: Indikatoren für ein nationales Monitoring der Umwelteffekte landwirtschaftlicher Produktion. In: Institut für Organischen Landbau der Rheinischen-Friedrich-Wilhelms Universität Bonn (Hrsg.): Biologische Vielfalt und Landschaftsästhetik, Bd. 2 207 S., Bonn.
- WIEHE, J. & RODE, M., 2007: Auswirkungen des Anbaus von Pflanzen zur Energiegewinnung auf den Naturhaushalt und andere Raumnutzungen. In: Bayerische Akademie der Wissenschaften (Hrsg.): Energie aus Biomasse: Ökonomische und ökologische Bewertung. Rundgespräche der Kommission für Ökologie 33, S. 101-113, München.
- WIEHE, J., RODE, M. & KANNING, H., 2010a: Raumanalyse I - Auswirkungen auf Natur und Landschaft. In: Rode, M. & Kanning, H. (Hg.): Ökologische Optimierung der Produktion und energetischen Nutzung von Biomasse – Natur- und raumverträglicher Ausbau energetischer Biomassepfade (SUNREG II). S. 21-90, ibidem-Verlag Stuttgart.
- WIEHE, J., RUSCHKOWSKI, E. V., RODE, M., KANNING, H. & HAAREN, C. V., 2009: Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf die Landschaft am Beispiel des Maisanbaus für die Biogasproduktion in Niedersachsen. Naturschutz und Landschaftsplanung, 41 (4) S. 107-113, Stuttgart.
- WIEHE, J., RODE, M. & KANNING, H., 2010b: Anhang zur Raumanalyse I. In: RODE & KANNING (HG.): Ökologische Optimierung der Produktion und energetischen Nutzung von Biomasse - Natur- und raumverträglicher Ausbau energetischer Biomassepfade (SUNREG II). S. 11-57, ibidem-Verlag Stuttgart.
- WIEHE, J., BUHR, N., WOLF, U., KANNING, H. & RODE, M., 2010c: Planerische Koordinierung für einen natur- und raumverträglichen Ausbau energetischer Biomassepfade. In: Rode & Kanning (Hg.): Ökologische Optimierung der Produktion und energetischen Nutzung von Biomasse - Natur- und raumverträglicher Ausbau energetischer Biomassepfade (SUNREG II). S. 241-253, ibidem-Verlag Stuttgart.
- WINKEL, G. & VOLZ, K.-R., 2003: Naturschutz und Forstwirtschaft. Kriterienkatalog zur Guten fachlichen Praxis. 187 S., Bonn-Bad Godesberg.
- WINKELBRANDT, A. & BERNOTAT, D., 2005: Methodische Einführung in die Ermittlung, Beschreibung und fachliche Bewertung der Umweltauswirkungen. In: Gassner, E. & Winkelbrandt, A. (Hrsg.): UVP - Rechtliche und fachliche Anleitung für die Umweltverträglichkeitsprüfung. S. 45-85, Heidelberg.
- WÖBSE, H. H., 1984: Erlebniswirksamkeit der Landschaft und Flurbereinigung -Untersuchungen zur Landschaftsästhetik. In: Landschaft und Stadt 16 (1/2). Zit. in: Haaren, C. v. (Hrsg.), 2004: Landschaftsplanung. 527 S., Stuttgart.
- WÖBSE, H. H., 2004: Erfassen und Bewerten von Landschaftserlebnis- und Erholungsfunktion. In: v. Haaren, C. (Hg.), 2004: Landschaftsplanung. S. 247-273, Stuttgart.

Internet

AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN, 2011: Forsa-Umfrage: Große Zustimmung in allen Bundesländern zu Erneuerbaren. Stand 03.05.2011. www.unendlich-viel-energie.de/de/startseite/detailansicht/article/19/forsa-umfrage-grosse-zustimmung-in-allen-bundeslaendern-zu-erneuerbaren.html

AMK (Agrarministerkonferenz), 2011: Agrarminister fordern von der EU eine verlässliche Agrarpolitik auch nach 2013. Stand 03.05.2011. www.agrarministerkonferenz.de/Presse.html.

BAHRS, E. & THIERING, J., 2010: Güllebonus führt zur Fehlsteuerung. Land & Forst. Stand: 11.08.2010. www.landundforst.de/guellebonus-fuehrt-fehlsteuerung.

BAUERNVERBAND SCHWÄBISCH-HALL-HOHENLOHE-REMS e.V., 2010: Biogas und Tierhaltung Positionspapier vom 18.8.2010. www.bauernverband-hohenlohe.de.

BfN (Bundesamt für Naturschutz), 2008a: Landschaftsrahmenplan Niedersachsen. Stand 15.07.2008, 4 S., http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/landschaftsplanung/ni_lrp.pdf

BfN, 2008b: Landschaftsplanverzeichnis Niedersachsen. Stand 15.07.2008, 21. S., http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/landschaftsplanung/ni_lp.pdf

BfN, 2009: Übersicht digitaler Landschaftsprogramme, Landschaftsrahmenpläne und Landschaftspläne. Kenntnisstand BfN 17.02.2009, 11 S., http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/landschaftsplanung/uebersicht_digi_lp.pdf

BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe), 2009: Die Flächendatenbank des FISBo BGR. Stand: 17.05.2009, http://www.geozentrum-hannover.de/cln_101/nn_325814/DE/Themen/Boden/Informationsgrundlagen/flaechendatenbank.html

BMF (Bundesministerium für Finanzen), 2009: Entwurf zur Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Erzeugung von Biomasse zur Verwendung als Biokraftstoff (Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung – Biokraft-NachV). http://www.suedlicher-oberrhein.ihk.de/produktmarken/innovation/umwelt/Imm_schutz/Anhaengsel/D-entw._Biokraft_NachV.pdf

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit), 2007a: Eckpunkte für ein integriertes Energie- und Klimaprogramm. http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/klimapaket_aug2007.pdf

BMU, 2010: Röttgen: Erfolg für Klimaschutz und für die Staatengemeinschaft - Weltklimakonferenz in Cancún beschließt umfassendes Maßnahmenpaket. Pressemitteilung Nr. 195/10 vom 11.12.2010. Stand: April 2011. http://www.bmu.de/pressemitteilungen/aktuelle_pressemitteilungen/pm/46829.php

BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz): Bundesministerin Aigner für Anpassung der Biogas-Förderung. Pressemitteilung Nr. 045 vom 17.02.11. Stand 03.05.2011, www.bmelv.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/2011/045-AI-EEG-Kongress.html.

BMW i & BMU, 2007: Bericht zur Umsetzung der in der Kabinettsklausur am 23./24.08.2007 in Meseberg beschlossenen Eckpunkte für ein Integriertes Energie- und Klimaprogramm. http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/gesamtbericht_iekp.pdf

BN (Bund Naturschutz) in Bayern e.V. 2011: Keine weitere „Vermaisung“ der Landschaft für Biogasanlagen im internationalen Jahr der biologischen Vielfalt. Pressemitteilung vom 03.08.2010. Stand April 2011. www.bund-naturschutz.de/presse/pressemitteilungen/detail/artikel/1664/pm/bfdeef5078.html

CHOREN, 2009: Kriterien für die Projektentwicklung. Stand: 31.03.2009, http://www.choren.com/de/energy_for_all/btl/standortentwicklung/

CORDES, F. 2010: Bedenken im Landkreis Oldenburg. Gemeinden könnten Biogas-Boom stoppen. Weser

- Kurier vom 30.10.2010. www.weser-kurier.de/Artikel/Region/DELMENHORSTER-KURIER/255202/Gemeinden-koennten-Biogas-Boom-stoppen
- DBFZ (Deutsches BiomasseForschungsZentrum), 2011: Forschungsschwerpunkte im Bereich „Bioenergiesysteme“. Stand 03.05.2011. www.dbfz.de/web/Schwerpunkte.138.0.html?&L=0.
- EMMANN, C.H., 2011: Untersuchungen zu Pachtpreisentwicklungen (in Niedersachsen). Vortrag im Rahmen der Veranstaltung „Anspruch der Bioenergie an die EEG-Novellierung“ des BMELV. www.fnr.de/eeg2011
- EUROPEAN COMMISSION, 2008a: CAP Health Check. http://ec.europa.eu/agriculture/healthcheck/index_en.htm
- EUROPEAN COMMISSION, 2008b: Proposal for a Directive of the European parliament and of the council on the promotion of the use of energy from renewable sources. Online im Internet: www.euractiv.com/31/images/renewable%20directive%20jan%202008_tcm31-169463.pdf. Stand: 13.03.2008]
- FNR, 2008a: Daten und Fakten. www.fnr-server.de/cms35/Daten-und-Fakten.64+M5b86315aa32.0.html. Stand Dezember 2008.
- FNR, 2008b: Energiepflanzen: EVA. www.fnr.de/cms35/EVA.1594.0.html
- FNR, 2009: Biogas. <http://www.bio-energie.de/cms35/Biogas.304.0.html>. Stand Januar 2009.
- GEMEINDE SCHELLERTEN, 2009: Bebauungsplan Nr. 08-03 „Biogasanlage Oedelum“, Begründung. 32 S. Stand 03.05.2011, www.schellerten.info/index.phtml?NavID=1736.87&La=1.
- HIV (HAYEK INTERNET VERLAG), 2009: Recht und Gesetz in Niedersachsen. Stand: 05.06.2009, www.recht-niedersachsen.de.
- HORSTMANN & PARTNER, 2011: Vorbereitende Bauleitplanung 2007 Samtgemeinde Rethem (Aller): 8. Änderung des Flächennutzungsplanes „Konzentrationszonen für Bioenergieanlagen“. Stand 03.05. 2011, www.hp-ingenieure.de/cms/index.php?id=213.
- IZNE (Interdisziplinäres Zentrum für Nachhaltige Entwicklung), 2009: „Nachhaltige Nutzung von Energie aus Biomasse im Spannungsfeld von Klimaschutz, Landschaft und Gesellschaft“. www.bioenergie.uni-goettingen.de
- KAHNT-RALLE, E., 2008: Konflikt Biogas/Rindviehhaltung ist da. Land & Forst, 12.08.2008. Stand: 03.05.2011, www.landundforst.de/index.php?redid=239410.
- LBEG, 2009a: Cross Compliance. Stand: 04.05.2009, http://www.lbeg.niedersachsen.de/master/C38548464_N38297081_L20_DO_I31802357.
- LBEG, 2009b: Der internetgestützte Infodienst Grundwasserschutz. Stand: Mai 2009, http://www.lbeg.niedersachsen.de/master/C38551484_N38138238_L20_DO_I31802357.html.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt), 2009: Rund ums Auto. Leise Fahrzeuge erzeugen überall weniger Lärm. Stand: 14.05.2009, www.lfu.bayern.de/laerm/strassenverkehrslaerm/rund_ums_auto/index.htm.
- LUNG (Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern), 2008: UVP im Genehmigungsverfahren gemäß Anlage zu § 3 UVPG für Anlagen gemäß § 4 i. V. m. § 10 BImSchG. Stand: Dezember 2008, http://www.lung.mv-regierung.de/dateien/uvp_2_1_bimsch_verfahren.pdf
- LWK Niedersachsen, 2007: Getreide-Ganzpflanzensilage. <http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/2/nav/74/article/9500.html>
- MAISKOMITEE, 2008: Anbaufläche Silomais. www.maiskomitee.de/fb_fakten/03_02_03_03.htm
- MÖHRMANN, D., GEUTER, R., HAUSMANN, K.-H., MEYER, R., SCHMINKE, R., SIEBELS, W., SCHRÖDER-EHLERS, A., TIPPELT, S., BOSSE, M., TANKE, D., RAKOW, S., STIEF-KREIHE, K., SOMFLETH, B & SCHNECK, K., 2010: Streit der Ministerien wegen Biogasanlagenboom: Vermaisungsgefahr, wichtiger Baustein für Umwelt- und Klimaschutz, Schonung natür-

licher Ressourcen, Grundwasserverseuchung, Bedrohung der Artenvielfalt? Stand: 04.05.2011, www.renate-geuter.de/content/136565.php

NABU Niedersachsen, 2008: NABU warnt: Immer mehr Grünland vermaist. Stand: Dezember 2008, niedersachsen.nabu.de/oekologischleben/energieundklima/biomasse/06671.html

NABU, 2011: Zehn-Punkte-Papier Biogas: Grundsätze für eine naturverträgliche Produktion. Stand Februar 2010, niedersachsen.nabu.de/themen/landwirtschaft/biomasse/12940.html

NIBIS, 2008: Stand: 03.05.2008, www.lbeg.niedersachsen.de

NML (Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung), 2011: Gülle und Biogassubstrat: Sichere Erfassung der Nährstofffrachten in Niedersachsen. Stand 03.05.2011, www.ml.niedersachsen.de/live/live.php?navigation_id=1810&article_id=94655&psmand=7.

NMU (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt und Klimaschutz), 2008: Nitratgehalt des Grundwassers. Stand: 26.04.2009, http://www.umwelt.niedersachsen.de/master/C4849103_N4479828_L20_DO_is98.html.

NMU, 2011: Umweltbericht 2010. Stand 03.05.2011. www.umwelt.niedersachsen.de/live/live.php?navigation_id=25828&psmand=10.

PTJ, 2011: Biomasse - ein Energieträger der Zukunft. Stand 03.05.2011. <http://www.energetische-biomassennutzung.de/>

SCHMIDT, W., 2005: Die faszinierenden Möglichkeiten der Energiepflanzenzüchtung – Chance für mehr Ökologie und Ökonomie in der Landwirtschaft. – KWS SAAT AG Einbeck, 13 S. Stand März 2007, www.kws-energie.de/site/de/14/kws-konzepte.html.

STADT DAMME, 2008: 37. Änderung des Flächennutzungsplanes („Planerische Steuerung von Biomasseanlagen“). Stand 03.05.2011, www.damme.de/buerger/vo0050.php?__kvonr=1567.

TOP AGRAR ONLINE, 2011: Naturschutz und Bioenergie in einem Boot. 28.02.2011. www.topagrar.com/news/Neue-Energie-News-Naturschutz-und-Bioenergie-in-einem-Boot-140480.html.

UBA (Umweltbundesamt), 2009: Boden Einträge aus der Landnutzung. Stand: 03.05.2009, www.umweltbundesamt.de/boden-und-altlasten/boden/gefahrdungen/landnutzung.htm.

WLV (Westfälisch-Lippischer Landwirtschaftsverband) 2011: Zwingt Biogas unsere Tierhalter in die Knie? Veranstaltung am 28.06.2010. www.wlv-leitbild.de/kommunikation/blog/2010/07/750.php

WWF 2011: Die Verlierer des Biogas-Pokers. WWF: Fehlanreize im EEG fördern Maiswüsten und treiben Pachtpreise in die Höhe. Stand 22.02.2011. www.wwf.de/presse/details/news/die_verlierer_des_biogas_pokers/

Gesetze, Verordnungen und Normen

BauGB - Baugesetzbuch i.d.F. vom 23. September 2004. Bundesgesetzblatt I: 2414.

BImSchG (Bundes-Immissionsschutzgesetz) - Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge i. d. F. vom 26. 9. 2002. Bundesgesetzblatt I: 3830.

BioKraftQuG - Biokraftstoffquotengesetz i.d.F. vom 01.01.2007. Bundesgesetzblatt I: 66.

Biokraftstoffrichtlinie 2003/30/EG

BioSt-NachV - Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von flüssiger Biomasse zur Stromerzeugung (Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung – BioSt-NachV). Bundesgesetzblatt Jahrgang 2009 Teil I Nr. 46: 2174-2202.

BNatSchG (Bundesnaturschutzgesetz) - Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege i.d.F. vom 25.03.2002 Bundesgesetzblatt I: 1193.

DIN 19706, 2004: Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wind. Normausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, 15 S.

DIN 19708, 2005: Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG. Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, 25 S.

DIN EN ISO 14040, 2009-11: Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen

DIN EN ISO 14044, 2006-10: Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen

DIREKTZAHLVERPFLG (Direktzahlungen-Verpflichtungengesetz) - Gesetz zur Regelung der Einhaltung anderweitiger Verpflichtungen durch Landwirte im Rahmen gemeinschaftsrechtlicher Vorschriften über Direktzahlungen und sonstige Stützungsregelungen i.d.F. vom 21.07.2004

DüMV (Düngemittelverordnung) - Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln vom 16.12.2008. Bundesgesetzblatt I : 2524.

Düngegesetz - vom 9. Januar 2009. Bundesgesetzblatt I S. 54, 136)

EEG (Erneuerbare-Energien-Gesetz) - Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien i.d.F. vom 29.03.2000, Bundesgesetzblatt I: 305. I.d.F. vom 21. Juli 2004, Bundesgesetzblatt I: 1918 und i.d.F. vom 25. Oktober 2008, Bundesgesetzblatt I: 2074.

EEWärmeG (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz) - Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich i.d.F. vom 18. August 2008. Bundesgesetzblatt I: 1658.

EG-Verordnung Nr. 1782/2003 des Rates mit gemeinsamen Regeln für Direktzahlungen im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik und mit bestimmten Stützungsregelungen für Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe und zur Änderung der Verordnung vom 29. 09.2003. Amtsblatt der Europäischen Union. 69 S.

EG-Verordnung Nr. 796/2004 der Kommission vom 21. April 2004 mit Durchführungsbestimmungen zur Einhaltung anderweitiger Verpflichtungen, zur Modulation und zum Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystem nach der Verordnung (EG) Nr. 1782/2003 des Rates mit gemeinsamen Regeln für Direktzahlungen im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik und mit bestimmten Stützungsregelungen für Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe.

EnWG - Energiewirtschaftsgesetz - 2005 i.d.F. vom 25.10.2008. Bundesgesetzblatt I: 2101.

NROG - Niedersächsisches Gesetz über Raumordnung und Landesplanung i.d.F. vom 07.06. 2007. Nds. Gesetz- und Verordnungsblatt Nr.17: 223.

RdErl. NML 2008 - Runderlass Anforderungen an die Lagerung von Silage in Feldmieten des NML (Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung) vom 14.10.2008 - 23-62430. Nds. Merkblatt Nr.42 :1107.

RdErl. NMU 2004 - Runderlass Hinweise zum Immissionsschutz bei Biogasanlagen - Anforderungen zur Vermeidung und Verminderung von Gerüchen und sonstigen Emissionen des NMU (Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt und Klimaschutz) vom 02.06.2004 – Az.: 33 – 40501/208.13/1.

RdErl. NMU 2007 - Runderlass Mengenmäßige Bewirtschaftung des Grundwassers des NMU (Ministerium für Umwelt und Klimaschutz), vom 25.6.2007 – 62011/1. Nds. Merkblatt Nr.33: 818.

ROG - Raumordnungsgesetz i.d.F. vom 22.12.2008. Bundesgesetzblatt I: 2986.

TA Lärm - Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm. Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes Immissionsschutzgesetz vom 26.08.1998. Gemeinsame Ministerialblatt Nr. 26: 503.

TA Luft - Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft. Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz Vom 24.07.2002. Gemeinsames Ministerialblatt Nr. 25 : 511.

UVPG (Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz) - Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung i.d.F. vom 25.06.2005. Bundesgesetzblatt I: 1757

VAwS (Anlagenverordnung) - Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe vom 18.01.2006. Gesetz- und Verordnungsblatt Nr. 2: 63.

VerbringensV (Verbringensverordnung), 2010: Verordnung über das Inverkehrbringen und Befördern von Wirtschaftsdünger vom 21. Juli 2010. Bundesgesetzblatt I Nr. 40: 1062.

VwVwS - Verwaltungsvorschrift wassergefährdender Stoffe i.d.F. vom 27.07.2005

WHG (Wasserhaushaltsgesetz) - Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts i.d.F. vom 19. 08.2002 Bundesgesetzblatt I: 3245.

Karten und Planwerke

BÜK 50: Bodenkundlichen Übersichtskarte 1:50.000

LBEG (Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie), 2008: NIBIS- Daten für die Gemeinde Sarstedt, Soltau und Geeste.

LGN (Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen) (Hrsg.), 2006: Auszug aus den Geobasisdaten 2006 (DLM 50), GEOSUM (Geo-Daten-Server der niedersächsischen Umweltverwaltung).

LROP 2008: Landesraumordnungsprogramm Niedersachsen

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, die vorliegende Dissertation selbständig angefertigt und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt zu haben. Die Arbeit wurde noch nicht als Dissertation oder als Prüfungsarbeit vorgelegt.

Teile der Dissertation wurden mit Zustimmung der Betreuer, Prof. Dr. Michael Rode und Prof. Dr. Helga Kanning, in folgenden Beiträgen vorab veröffentlicht:

BUHR, N., STEINKRAUS, K., WIEHE, J., KANNING, H. & RODE, M., 2006: Umwelt- und Raumverträglichkeit der energetischen Biomassennutzung. UVP-Report 20 (4): 168-173.

WIEHE, J. & RODE, M., 2007: Auswirkungen des Anbaus von Pflanzen zur Energiegewinnung auf den Naturhaushalt und andere Raumnutzungen. Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Band 33 "Energie aus Biomasse". S. 101-113, Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München.

RUSCHKOWSKI, E. v. & WIEHE, J., 2008: Balancing Bioenergy Production and Nature Conservation in Germany: Potential Synergies and Challenges. Yearbook of Socioeconomics in Agriculture (peer-reviewed). Schweizerische Gesellschaft für Agrarwirtschaft und Agrarsoziologie: S. 3-20. Zürich.

WIEHE, J., RUSCHKOWSKI, E. v., RODE, M., KANNING, H. & HAAREN, C. v., 2009: Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf die Landschaft am Beispiel des Maisanbaus für die Biogasproduktion in Niedersachsen. Naturschutz und Landschaftsplanung 41 (4). S. 107-113

WIEHE, J., RODE, M. & KANNING, H., 2010: Raumanalyse I – Auswirkungen auf Natur und Landschaft. In: Rode & Kanning (Hg.): Ökologische Optimierung der Produktion und energetischen Nutzung von Biomasse - Natur- und raumverträglicher Ausbau energetischer Biomassepfade (SUNREG II). S. 21-90, ibidem-Verlag Stuttgart.

WIEHE, J., RODE, M. & KANNING, H., 2010: Anhang zur Raumanalyse I. In: Rode & Kanning (Hg.): Ökologische Optimierung der Produktion und energetischen Nutzung von Biomasse - Natur- und raumverträglicher Ausbau energetischer Biomassepfade (SUNREG II). S. 11-57, ibidem-Verlag Stuttgart.

WIEHE, J., BUHR, N., WOLF, U., KANNING, H. & RODE, M., 2010: Planerische Koordinierung für einen natur- und raumverträglichen Ausbau energetischer Biomassepfade. In: Rode & Kanning (Hg.): Ökologische Optimierung der Produktion und energetischen Nutzung von Biomasse - Natur- und raumverträglicher Ausbau energetischer Biomassepfade (SUNREG II). S. 241-253, ibidem-Verlag Stuttgart.

Hannover, den 10.Mai 2011

Julia Wiehe

Beitrag der Autorin zu den Veröffentlichungen

Artikel	Anteil Julia Wiehe	Anteil der weiteren Autoren
<p>BUHR, N.; STEINKRAUS, K.; WIEHE, J.; KANNING, H. & RODE, M., 2006: Umwelt- und Raumverträglichkeit der energetischen Biomassenutzung. UVP-Report 20 (4): 168-173.</p>	<p>Beitrag zu den einleitenden Kapiteln Ausarbeitung der Analyse der Umwelt- und Raumverträglichkeit energetischer Biomassepfade (Teilbereich Auswirkungen auf Natur und Landschaft)</p>	<p>Ausarbeitung der weiteren Kapitel, Diskussion der Ergebnisse, Korrektur des Manuskripts.</p>
<p>WIEHE, J. & RODE, M., 2007: Auswirkungen des Anbaus von Pflanzen zur Energiegewinnung auf den Naturhaushalt und andere Raumnutzungen. Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Band 33 "Energie aus Biomasse". Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München. S. 101-113.</p>	<p>Konzeption und Ausarbeitung des Textes</p>	<p>Diskussion der Ergebnisse, Korrektur des Manuskripts.</p>
<p>RUSCHKOWSKI, E. V. & WIEHE, J., 2008: Balancing Bioenergy Production and Nature Conservation in Germany: Potential Synergies and Challenges. Yearbook of Socioeconomics in Agriculture. Schweizerische Gesellschaft für Agrarwirtschaft und Agrarsoziologie: Zürich. S. 3-20.</p>	<p>Ausarbeitung des Textes zur ökologischen Optimierung der Biomasseproduktion, den Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf Natur und Landschaft sowie dem Wirkungsvergleich der bisherigen und der neuen landwirtschaftlichen Nutzung.</p>	<p>Konzeption des Textes, Ausarbeitung der übrigen Kapitel</p>
<p>WIEHE, J.; RUSCHKOWSKI, E. V.; RODE, M.; KANNING, H. & HAAREN, C. V., 2009: Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf die Landschaft am Beispiel des Maisanbaus für die Biogasproduktion in Niedersachsen. Naturschutz und Landschaftsplanung 41 (4). S. 107-113</p>	<p>Konzeption und Ausarbeitung des Textes</p>	<p>Formulierung einzelner Textbausteine, Diskussion der Ergebnisse, Korrektur des Manuskripts.</p>

<p>WIEHE, J.; RODE, M. & KANNING, H., 2010: Raumanalyse I – Auswirkungen auf Natur und Landschaft. In: Rode & Kanning (Hg.): Ökologische Optimierung der Produktion und energetischen Nutzung von Biomasse - Natur- und raumverträglicher Ausbau energetischer Biomassepfade (SUNREG II). ibidem-Verlag Stuttgart. S. 21-90</p>	<p>Konzeption und Ausarbeitung des Textes</p>	<p>Diskussion der Ergebnisse, Korrektur des Manuskripts.</p>
<p>WIEHE, J.; RODE, M. & KANNING, H., 2010: Anhang zur Raumanalyse I. In: Rode & Kanning (Hg.): Ökologische Optimierung der Produktion und energetischen Nutzung von Biomasse - Natur- und raumverträglicher Ausbau energetischer Biomassepfade (SUNREG II). ibidem-Verlag Stuttgart. S. 11-57.</p>	<p>Konzeption und Ausarbeitung des Textes</p>	<p>Diskussion der Ergebnisse, Korrektur des Manuskripts.</p>
<p>WIEHE, J.; BUHR, N.; WOLF, U.; KANNING, H. & RODE, M., 2010: Planerische Koordinierung für einen natur- und raumverträglichen Ausbau energetischer Biomassepfade. In: Rode & Kanning (Hg.): Ökologische Optimierung der Produktion und energetischen Nutzung von Biomasse - Natur- und raumverträglicher Ausbau energetischer Biomassepfade (SUNREG II). ibidem-Verlag Stuttgart. S. 241-253.</p>	<p>Konzeption des Kapitels Ausarbeitung des Textes zum Themenfeld der Landschaftsplanung als Informations- und Entscheidungsgrundlage.</p>	<p>Ausarbeitung der weiteren Kapitel, Diskussion der Ergebnisse, Korrektur des Manuskripts.</p>