



ENERGIEHOLZPRODUKTION IN DER LANDWIRTSCHAFT

Chancen und Risiken aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes



Impressum

© NABU-Bundesverband

Naturschutzbund Deutschland (NABU) e.V.
www.NABU.de

Charitéstraße 3
10117 Berlin

Tel. 030.28 49 84-0
Fax 030.28 49 84-20 00
NABU@NABU.de

Bearbeitung: Göttinger Bodeninitiative GBI e.V.

Text: Judith Bielefeldt (Eberswalde), Prof. Dr. Andreas Bolte (Eberswalde),
Gerald Busch (Göttingen), Prof. Dr. Achim Dohrenbusch (Göttingen),
Franz Kroiher (Eberswalde), Prof. Dr. Norbert Lamersdorf (Göttingen),
Prof. Dr. Ulrich Schulz (Eberswalde), Bettina Stoll (Göttingen).

Redaktion: Florian Schöne, Julia Degmair

Layout: Christine Kuchem (www.ck-grafik-design.de)

Druck: Warlich Druck Meckenheim GmbH, 53340 Meckenheim
gedruckt auf 100% Recyclingpapier

Bildnachweis: Titel: Hintergrund, oben links u. 2. von rechts : N. Lamersdorf; oben 2. von links:
Ch. Buchen; oben rechts (S. 47 links): T. Dove; Seite 47 rechts: C. König; Seite 39:
F. Kroiher; Seite 4, 6 links, 13, 37, 56/57, 61: N. Lamersdorf; Seite 6 rechts, 33:
B. Stoll; Seite 42-48 oben: R. Jürgens; Seite 58-61 oben: E. Rose/Pixelio; Seite
62-67 oben: wrw/Pixelio

1. Auflage: November 2008

*Die Erstellung und Veröffentlichung dieser Studie wurde gefördert vom Umwelt-
bundesamt aus Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und
Reaktorsicherheit.*

**Umwelt
Bundes
Amt** 
Für Mensch und Umwelt



Vorwort 3



1. Kurzumtriebsplantagen – eine Einführung..... 4

1.1 Thematik und Begrifflichkeiten 4



2. Situation von Energieholzplantagen in Deutschland 6

2.1 Existierende Flächen und Flächenpotenziale 6

2.2 Rechtliche Lage und Förderung 6

2.2.1 Ordnungsrecht 7

2.2.2 Förderrecht 7



3. Bewertung der Energieholzproduktion aus Kurzumtrieb 8

3.1 Waldbau und Bewirtschaftung 8

3.1.1 Pappeln (*Populus spec.*) 8

3.1.2 Weiden (*Salix spec.*) 10

3.1.3 Robinie (*Robinia pseudoacacia*) 10

3.1.4 Erlen (*Alnus spec.*) 11

3.1.5 Birke (*Betula spec.*) 11

3.1.6 Eberesche (*Sorbus aucuparia*) 11

3.1.7 Winterlinde (*Tilia cordata*) 12

3.1.8 Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*) 12

3.2 Standortangepasste Baumartenwahl 12

3.3 Eingeschränkte genetische Vielfalt 14

3.4 Flächenvorbereitende Bodenbearbeitung 14

3.5 Begleitwuchsregulierung 15

3.6 Erntezyklen 17

3.6.1 Mini-Rotation 17

3.6.2 Midi-Rotation 18

3.6.3 Maxi-Rotation 18

3.7 Schlussfolgerungen aus waldbaulicher und naturschutzfachlicher Sicht ... 19



4. Bodenökologie 20

4.1 Positivwirkungen 20

4.1.1 Extensivierung der Bodenbearbeitung 20

4.1.2 Erhöhte Bindung von Hauptnährelementen sowie Schad- und

Spurenstoffen 21

4.1.2.1 Bindung von Hauptnährelementen 21

4.1.2.2 Bindung von Schadstoffen und Spurenelementen 23

4.1.3 N₂O-Emissionen aus Kurzumtriebsplantagen 23

4.1.4 Erhöhte C-Bindung und Humusbildung 25

4.1.5 Erosionsschutz 26

4.1.6 Intensivierung des Bodenlebens 27

4.2 Negativwirkungen 28

4.2.1 Schubartige Freisetzung von Nährstoffen 28

4.2.2 Versauerung und Auswaschung von Nährstoffen 29

4.2.3 Erhöhter Wasserverbrauch, Reduktion der Grundwasserneubildung . 31

4.2.4 Erhöhter Eintrag von atmosphärischen Stoffen 32

4.3 Schlussfolgerungen aus bodenökologischer Sicht 33



5. Pflanzenartenvielfalt 34

5.1 Einflüsse auf die Pflanzenartenvielfalt in KUP 34
5.1.1 Wahl der Umgebung 34
5.1.2 Flächengröße der Energieholzplantage 35
5.1.3 Vornutzung 36
5.1.4 Flächenvorbereitung 36
5.1.5 Baum- und Sortenwahl 37
5.1.6 Alter/ Rotation 38
5.2 Auswirkungen von KUP 39
5.2.1 Artenschutz 39
5.2.2 Artenvielfalt der umgebenden Landschaft 39
5.3 Schlussfolgerungen aus pflanzenökologisch-naturschutzfachlicher Sicht .. 40



6. Tierartenvielfalt 41

6.1 Einführung 41
6.2 Bisheriger Kenntnisstand zur Zoodiversität 41
6.2.1 Allgemeine Besiedlung von KUP durch Tiere 41
6.2.2 Zoodiversität in Abhängigkeit von betrachteter
Vergleichsfläche und Tiergruppe 42
6.2.3 Eignung als Habitate für Rote-Liste-Arten 43
6.2.4 Positive Beeinflussung durch Baumartenwahl bzw.
negative durch Neophyten 43
6.2.5 Positive Beeinflussung durch Struktureichtum und
Begleitstrukturen 44
6.2.6 Einfluss von Alter und Umtriebsstadium (frische
Rodungsfläche bis Reifephase) 45
6.2.7 Einfluss von Flächengröße und Ökotoneneffekt 45
6.2.8 Vergleich von KUP und Grünland 46
6.2.9 Vorrang- und Tabuflächen aus Zoodiversitätssicht 47
6.3 Schlussfolgerungen aus tierökologisch-naturschutzfachlicher Sicht 48



7. Landschaftsökologische Betrachtung 49

7.1 Kurzumtriebsplantagen als Landnutzungssysteme 49
7.2 Wirkfaktoren und Wirkkomplexe von Kurzumtriebsplantagen 49
7.3 Einfluss auf Entwicklungsziele von Landschaftsfunktionen 52
7.4 Schlussfolgerungen aus landschaftsökologischer und
naturschutzfachlicher Sicht 57



8. Offene Fragen und Perspektiven 58

8.1 Grundwasserzehrung 58
8.2 Bodenerosion, Veränderung des Humusgehalts 58
8.3 Retention von Niederschlägen 58
8.4 Veränderung von Lebensräumen 59
8.5 Klimatischer Ausgleich, Luftreinhaltung 61



9. Literatur 62

10. Glossar 68



Vorwort

Angesichts deutlich steigender Preise für fossile Energieträger hat die Nachfrage nach Holz zur energetischen Verwertung in den letzten Jahren stark zugenommen. Die Entwicklung wird flankiert durch die gesetzlichen Vorgaben im Bereich der erneuerbaren Energien, die auch zukünftig eine steigende Bedeutung der Energieholzproduktion erwarten lassen. Um den Bedarf vor allem für die Wärmeerzeugung zu decken, wird dabei zunehmend die Anlage von Plantagen mit schnellwachsenden Hölzern auf landwirtschaftlichen Flächen diskutiert. Diese Kulturen erbringen hohe Trockenmasseerträge und hohe Treibhausgas-Einsparungen bei geringen Kosten. Aus Klima- und Umweltsicht sind sie damit gegenüber herkömmlichen Bioenergieverfahren wie Rapsdiesel oder Biogas aus Silomais im Vorteil. Auch aus Sicht des Naturschutzes bieten Kurzumtriebsplantagen zahlreiche Chancen, da sie hochwertiger einzuschätzen sind als intensiv genutzte Ackerkulturen.

Kurzumtriebsplantagen können jedoch – wie alle großflächig angebauten Monokulturen – zur Homogenisierung und Monotonisierung der Landschaft beitragen. Auch ist ihre Bedeutung für bedrohte Tier- und Pflanzenarten eher gering, da vor allem „Allerweltsarten“ die Pappel- oder Weidenkulturen besiedeln. Trotzdem haben die Plantagen im Vergleich zu anderen, einjährigen Energiepflanzen zahlreiche Vorteile. So profitieren die Arten auf einer Energieholzfläche gegenüber den Anbauflächen von Mais und Raps zum Beispiel von der längeren Bodenruhe, dem geringeren Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln sowie den geringeren Störungen. Daher sind durch die Anlage von Kurzumtriebsplantagen in ausgeräumten Landschaften positive Auswirkungen für Natur und Umwelt zu erwarten. Hier tragen die Flächen zu einer Strukturierung der Landschaft bei und schaffen Lebensräume und Trittsteine für Tier- und Pflanzenarten. Naturschutzfachlich wichtige Gebiete wie Magerrasen, Feuchtwiesen, Bachauen oder Brachflächen sowie Offenlandgebiete mit Wiesenbrütervorkommen sind jedoch strikt von einem Energieholzanbau freizuhalten.

Angesichts der zu erwartenden großflächigeren Produktion von Energieholz und der zunehmend kritischen Öffentlichkeit gegenüber der Bioenergie sind deshalb klare Rahmenbedingungen für eine natur- und umweltverträgliche Anlage von Kurzumtriebsplantagen erforderlich. Hierzu gehört die Festlegung von Tabu- und Vorrangflächen sowie Mindestabständen zu wertvollen Biototypen. Auch im Hinblick auf den erhöhten Wasserbedarf von schnellwachsenden Hölzern sowie die mögliche Umwandlung von Grünland müssen fachliche Kriterien definiert werden, die Zielkonflikte vermeiden und negative Konsequenzen für Klima, Wasserhaushalt oder Biodiversität ausschließen. Bei Beachtung dieser Vorgaben sowie der landschaftsökologischen Zusammenhänge kann durch Kurzumtriebsplantagen allerdings ein Verbindungselement zwischen Einzelbiotopen geschaffen werden, das für Natur und Umwelt weitere positive Effekte hat.

Die vorliegende Studie stellt den aktuellen Sachstand zur fachlichen Bewertung von Kurzumtriebsplantagen zusammen und liefert konkrete Aussagen zur Natur- und Umweltverträglichkeit. Ziel ist es, die Chancen und Risiken aufzuzeigen und Handlungsempfehlungen für die Praxis zu geben. Wenn es gelingt, diese Empfehlungen in die Förderpolitik und in künftige Anbaustrategien zu integrieren, könnten damit zahlreiche Synergieeffekte für Klima- und Naturschutz erreicht werden.

Florian Schöne
NABU



1. Kurzumtriebsplantagen – eine Einführung

1.1 Thematik und Begrifflichkeiten

Eine **Kurzumtriebsplantage** ist eine Anpflanzung mit schnell wachsenden Bäumen oder Sträuchern, die auf die Erzeugung einer möglichst hohen Menge an holziger Biomasse in geringen Zeit- bzw. Ernteintervallen zielt. Voraussetzung dafür ist die Verwendung von Pflanzen mit einem überdurchschnittlich raschen Jugendwachstum und einer entsprechend hohen Massenleistung bereits in den ersten Jahren des Aufwuchses. Anzutreffen ist dies vor allem bei den so genannten Lichtbaumarten und insbesondere dort bei den Gattungen Pappel, Weide und Robinie.

Klassische Waldbäume wie z.B. die heimische Buche oder Eiche eignen sich nicht für den modernen Kurzumtrieb. Ihre Massenleistung kulminiert erst nach einigen Jahrzehnten. Wird eine Kurzumtriebsplantage auf Acker- oder sonstigen ehemals landwirtschaftlich genutzten Flächen angelegt, so wird oftmals auch der Begriff **Agrarholz** verwendet. Dient die Produktion primär der Gewinnung von thermischer Energie (Erzeugung von Holzhackschnitzeln oder Pellets), so spricht man auch von **Energieholz**. Eine weitere wesentliche Eigenschaft einer Agrar- oder Energieholzplantage ist das Vermögen der verwendeten Arten zum so genannten **Stockausschlag**. Dabei sind bestimmte Arten wie z.B. Pappel und Weide, aber auch Robinie, Esche oder Erle in der Lage, nach der Entfernung oder Ernte der oberirdischen Triebe aus dem im Boden verbliebenen Wurzelstock rasch und kräftig wieder auszutreiben. Diese Möglichkeit des regelmäßig wiederkehrenden „auf den Stock Setzens“ findet ihren Ausdruck in einer historischen Form der Forstwirtschaft, der Niederwaldbewirtschaftung. Dabei kamen zwar primär die Baumarten Hainbuche, Eiche, Vogelbeere oder Birke zum Einsatz, trotzdem stand auch hier der regelmäßige Gewinn von Brennholz im Vordergrund der Bemühungen. Die oftmals eher kleinflächig durchgeführten Ernten lagen mit Intervallen von ca. 15-20 Jahren deutlich über den Erntezyklen heutiger Kurzumtriebsplantagen, mit 2-5 Jahren für die Weide bzw. selten mehr als 10 Jahren für die Pappel.



Abb. 1: Ältere Pappelplantage am Standort Georgenhof in Nordhessen



Abb. 2: Weidenplantage im zweiten Jahr nach der Begründung, Standort Celle



Im klassischen Niederwald kam es daher immer wieder zur Ausprägung von mehrjährigen Zwischenphasen mit weniger bewaldeten Teilflächen und damit insgesamt zur Förderung von unmittelbar benachbarten, unterschiedlichen Lebensräumen für die Pflanzen- und Tierwelt. Daher sind die heutigen modernen Kurzumtriebsplantagen, bei denen ausschließlich Klonmaterial, also genetisch einheitliches Pflanzenmaterial aus Hochleistungszüchtungen verwendet wird und zudem mit hohen Pflanzenzahlen pro ha Anbaufläche gearbeitet wird, um entsprechende Massenleistungen zu erzielen, nicht mit der klassischen Niederwaldwirtschaft zu vergleichen. Prinzipiell gemeinsam haben Kurzumtriebsplantagen - im Folgenden als KUP bezeichnet - und Niederwälder allerdings, was die grundlegende Motivation dieser Landbewirtschaftung anbetrifft. In beiden Fällen wird mittels holziger Pflanzen ein nachwachsender Rohstoff zur Energiegewinnung erzeugt. Diese Energieerzeugung ist weitgehend CO₂- bzw. klimaneutral, d.h., eine äquivalente Menge des bei der Verbrennung von holziger Biomasse freigesetzten CO₂ wird beim Aufwuchs der Pflanze wieder aus der Atmosphäre entnommen.

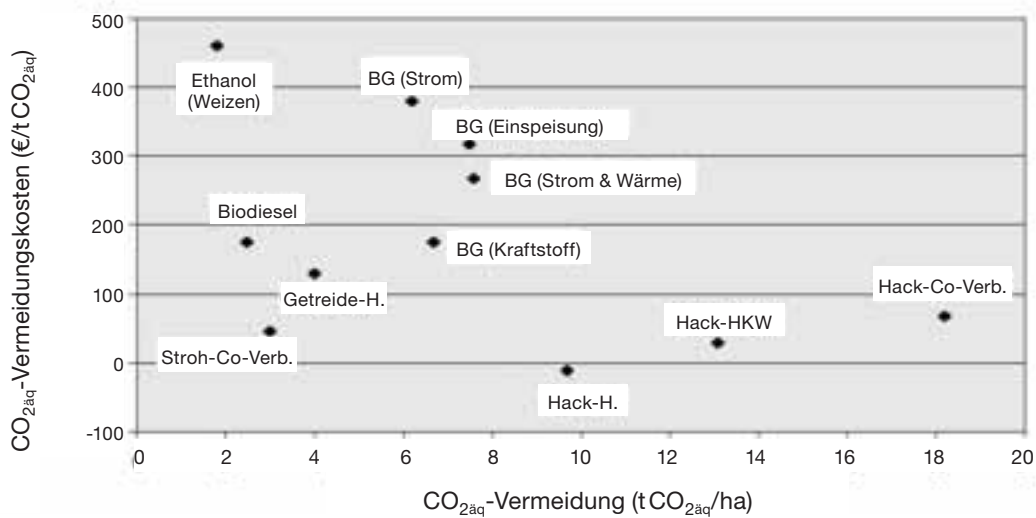


Abb. 3: CO_{2äq}-Vermeidung pro Hektar und CO_{2äq}-Vermeidungskosten.

Quelle: WBA (2007); BG = Biogas, H = Heizung, Hack = Hackschnitzel aus KUP, HKW = Heizkraftwerk, Co-Verb. = Co-Verbrennung

Grundsätzlich gilt dies für alle pflanzlichen, also „nachwachsenden“ Rohstoffe. Das Besondere an der Erzeugung holziger Biomasse im Kurzumtrieb ist jedoch der relativ geringe Energie-Input – und damit der relativ geringe Anteil an benötigten bzw. wieder freigesetzten CO₂-Äquivalenten im Vergleich zu sonstigen Bioenergieverfahren (siehe dazu auch Abbildung 3).

Ziel der vorliegenden Studie ist es, den bisherigen Stand des Wissens hinsichtlich wichtiger ökologischer Einflussgrößen und damit bezüglich möglicher Chancen und Risiken von Kurzumtriebsplantagen zu erfassen und zu bewerten. Dazu werden neben einem kurzen einführenden Bereich mit Blick auf die aktuelle Situation in Deutschland sowie die rechtliche Stellung und derzeitigen Fördermöglichkeiten zunächst die unmittelbar beteiligten Fachdisziplinen betrachtet. Berücksichtigt werden die Bereiche „Waldbau und Bewirtschaftung“, „Bodenökologie“, „Pflanzen- und Tiervielfalt“ sowie der Aspekt „Landschaftsökologie“. Ziel ist es dabei, die ökologischen Vor- und Nachteile von KUP fachspezifisch und – soweit das vorhandene Wissen ausreicht - über eine Art Positiv-/Negativliste darzustellen. Offensichtliche Wissenslücken werden als „Forschungsbedarf“ ausgewiesen.

Abschließend wird auf der Basis des vorhandenen Wissens eine fachübergreifende Bewertung vorgenommen. Zudem werden offene Fragen und Perspektiven hinsichtlich einer möglichst naturschutzgerechten Anlage und Bewirtschaftung von KUP erörtert.

2. Situation von Energieholzplantagen in Deutschland

2.1 Existierende Flächen und Flächenpotenziale

Kurzumtriebsplantagen auf natürlich gewachsenen, landwirtschaftlichen Nutzflächen sind in Deutschland bisher noch wenig verbreitet. Die vorhandenen Flächen mit einem geschätzten Umfang von insgesamt nicht mehr als einigen hundert Hektar wurden bisher fast ausschließlich zu Versuchszwecken oder für einen nur sehr begrenzten lokalen Markt angelegt. Gründe für die bisher nur marginale Ausprägung des Energieholzbaus sind einerseits die im Vergleich zu anderen nachwachsenden Rohstoffen wie z.B. Raps oder Mais meist geringeren Erträge an Biomasse pro Flächeneinheit, bei gleichzeitig geringeren Verkaufserlösen pro Gewichtseinheit für Energieholz. Andererseits kommt es durch die verlängerten Erntezyklen bei KUP zusammen mit relativ hohen Anlagekosten zu einer eher unerwünschten mehrjährigen Bindung von Kapital und zum Verlust an Flexibilität hinsichtlich der Art der Flächennutzung. Zudem hat die bisherige Förderpolitik im Bereich der erneuerbaren Energien eindeutig zum bevorzugten Anbau von Biomasse in Richtung Biosprit (Raps) und Biogas (Mais) geführt. Von Seiten einzelner, vor allem im Wärmeenergiesektor tätiger Unternehmen zeichnet sich jedoch ein zunehmendes Bestreben ab, den Energieholz-anbau mit Hilfe relativ großflächiger Anbauflächen signifikant zu steigern (in Planung: RWE = 10.000 ha, siehe www.rwe.com; Schellinger KG = 5000 ha, siehe energieHolz, 2008; Fa. Viessmann = 200 ha; siehe www.oeffizienz-plus.de).

Eine andere Situation ergibt sich für Bergbaufolgelandschaften. Besonders in den östlichen Braunkohletagebau-gebieten wurden einige Flächen mit Schnellwuchsplantagen rekultiviert. So entstand im Verbund mit Großforschungsvorhaben wie dem Projekt DENDROM (siehe www.dendrom.de) ein so genannter „Energiewald“ mit einer Gesamtfläche von ca. 200 ha. Zum Einsatz kam dort aus klimatischen und standörtlichen Gründen vor allem die wesentlich trockenheitsresistentere Baumart Robinie in Reinkultur (www.tu-cottbus.de/bodenschutz).

Die Verwendung der erzeugten Holzbiomasse zielt bei allen bisher laufenden Vorhaben primär auf die thermische Verwertung, d.h. auf die Produktion von Holzhackschnitzeln für kleine bis mittlere Heiz- bzw. Heizkraftwerke ab. Die stoffliche Verwertung zur Produktion von z.B. synthetischen Kraftstoffen (BtL-Kraftstoffe) aus holziger Biomasse steht derzeit kommerziell noch nicht zur Verfügung. Allerdings knüpfen sich an die BtL-Kraftstoffe, die auch als Synfuel oder Sunfuel[®] bezeichnet werden, hohe Erwartungen (siehe dazu auch www.btl-plattform.de). Optimistische Schätzungen gehen davon aus, dass sich pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche rund 4.000 Liter BtL-Kraftstoff erzeugen lassen und dass diese in Zukunft bis zu 20-25 % des gesamten Kraftstoffbedarfs in Deutschland decken könnten. Sollte sich ein derartiges Szenario tatsächlich verwirklichen, könnten BtL-Kraftstoffe einerseits signifikant zur Substitution von fossilen Kraftstoffen beitragen. Andererseits würde der Druck zur Produktion auch von holziger Biomasse auf landwirtschaftlichen Nutzflächen deutlich steigen.

Dabei schätzen Murach et al. (2008) die theoretisch mögliche Anbaufläche für KUP mit Pappel, Weide und Robinie allein für Brandenburg auf insgesamt ca. 200.000 ha, was einem Potenzial von ca. 2 Mio. t atro (= absolut trocken) an holziger Biomasse pro Jahr allein für dieses Bundesland entspricht.

2.2 Rechtliche Lage und Förderung

Die ordnungs- und förderrechtliche Einordnung von Kurzumtriebsplantagen ist bisher in Deutschland nicht abschließend geklärt. Eine eingehende Analyse der aktuellen Situation und konkrete Hinweise zum derzeitigen Verfahren liefern Knur & Murach (2008). Daher soll an dieser Stelle lediglich zusammenfassend auf die folgenden gesetzlichen und förderpolitischen Regelungen verwiesen werden, die nach den Auswertungen von Knur & Murach (2008) zu berücksichtigen sind:



2.2.1 Ordnungsrecht

Das Bundeswaldgesetz (BWaldG): Hier steht eine Novellierung an, bei der angestrebt wird, KUP eindeutig aus der Definition des Waldbegriffs herauszunehmen. Damit wäre auch die Anlage einer KUP nicht als Aufforstung zu verstehen.

Das Gesetz zu Gleichstellung stillgelegter und landwirtschaftlicher Flächen (GzG 2006): Hier wird festgelegt, dass Agrarholzflächen unter den Regelungen für Direktzahlungen im Rahmen der EU-Agrarpolitik weiterhin als landwirtschaftliche Fläche anerkannt bleiben.

Das Forstvermehrungsgutgesetz (FoVG): Auch hier ist die Frage der Anwendung ungeklärt, da KUP nur sehr bedingt dem im Gesetz beschriebenen „forstlichen Zweck“ zuzuordnen sind. Zudem gehört die Weide nicht zu den im Gesetz gelisteten Baumarten. Gleiches gilt für das Saatgutverkehrsgesetz (SaatVerkG), was bedeutet, dass die Weide, so lange kein gewerblicher Sortenschutz vorliegt, frei vermehrt und in den Verkehr gebracht werden darf.

Das Deutsche Sortenschutzgesetz (SortenSchG 2006): Im Vordergrund dieses Gesetzes steht die Pflicht zur Abgabe von Lizenzgebühren bei gewerblichem Einsatz von geschütztem Pflanzenmaterial. Welche Sorten geschützt sind, bestimmt das Bundessortenamt. Auf internationaler Ebene gilt die UPOV-Konvention. Für die EU führt das Gemeinschaftliche Sortenamt (CPVO) entsprechende Listen von geschützten Züchtungen.

EU-Verordnung (EG) Nr. 1973/2004: Diese Verordnung behandelt die Verwertung von Stilllegungsflächen für die Erzeugung von Rohstoffen. Rohstoffe im Sinne dieser Verordnung sind auch „schnellwüchsige Forstgehölze“ mit einer Umtriebszeit von höchstens 20 Jahren (Anhang XXII). Von den meisten Bundesländern wurde diese Regelung übernommen. Bayern dagegen hat die maximale Umtriebszeit auf 10 Jahre begrenzt.

Grünlandumbruch: Vorbehaltlich anderer rechtlicher Bestimmungen (z.B. Natur- und Landschaftsschutz, Wasserschutz, spezieller Biotopschutz) kann Dauergrünland ackerbaulich - und somit auch für die Anlage von KUP - genehmigungsfrei genutzt werden, wenn der regionale Anteil an Dauergrünland im Vergleich zum Basisjahr 2003 um nicht mehr als 5% abgenommen hat. Ansonsten bedarf es der Genehmigung, die sich nach den Maßgaben der jeweiligen Landesverordnungen zu richten hat. In jedem Fall empfiehlt sich nach Knur & Murach (2008) vor Anlage einer KUP die Anzeige der Maßnahme bei der zuständigen Unteren Naturschutzbehörde oder beim Amt für Landwirtschaft. Zu unterlassen ist ein Umbruch bzw. die Anlage von KUP nach dem Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) auf Sonderstandorten wie z.B. Mooren, binsenreichen Nasswiesen, Trockenrasen oder anderen speziell geschützten Biotopen. Eine Änderung der Nutzungsart von Dauergrünland auf Niedermoorstandorten kann als Eingriff mit den daraus resultierenden Rechtsfolgen definiert werden (siehe dazu Boelke 2006).

Gute fachliche Praxis: Die Grundsätze der „guten fachlichen Praxis“ wurden bisher nicht explizit an die Anforderungen von KUP angepasst. Im Regelfall wird die Anlage nicht als Eingriff in Natur und Landschaft verstanden. Da jedoch auch hier keine ausreichende Rechtssicherheit besteht, wird wiederum unbedingt empfohlen, die Maßnahme anzuzeigen. Zudem sind Sonderregelungen der einzelnen Bundesländer zu beachten.

2.2.2 Förderrecht

Betriebsprämienzahlung: Durch die Einführung eines Zahlungsanspruchs auch für Dauerkulturen im Rahmen der EU-Agrarpolitik ab 2009 gelten KUP künftig generell als beihilfefähige Flächen. Bislang bestand ein Anspruch auf Förderung nur bei der Anmeldung von KUP als Nachwachsender Rohstoff (NaWaRo) auf Stilllegungsflächen sowie bei Beantragung der Energiepflanzenprämie auf nicht stillgelegten Ackerflächen.

Agrarstrukturförderung: Im Rahmen der ländlichen Entwicklung (ELER-Verordnung Nr. 1698/2005) bzw. über die entsprechenden bundes- und länderspezifischen Programme ist die Etablierung von KUP grundsätzlich förderfähig (was bislang jedoch nur in den Programmen in Sachsen und Brandenburg aufgegriffen wurde). Gleiches gilt für Maßnahmen im Rahmen von Natura 2000, der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und auf der Grundlage von Agrarumweltmaßnahmen.



3. Bewertung der Energieholzproduktion aus Kurzumtrieb

3.1 Waldbau und Bewirtschaftung

Für die Produktion von Energieholz werden Baumarten eingesetzt, die dem Produktionsziel und den standörtlichen Produktionsbedingungen optimal angepasst sind. Geeignet dafür sind Lichtbaumarten mit einem raschen Jugendwachstum. Zusätzlich sind Merkmale wie eine hohe Früh- und Spätfrostresistenz, ein sicheres Anwuchsverhalten und eine hohe Konkurrenzverträglichkeit gegen Dichtstand von Vorteil. Die vegetative Vermehrbarkeit des Pflanzgutes hat den Vorteil, die Anlagenkosten durch die Verwendung von Stecklingen und eine gute Wiederausschlagsfähigkeit nach der Ernte gering zu halten. Eine geringe Krankheitsanfälligkeit, eine hohe Toleranz gegen Schadinsekten und eine geringe Gefährdung durch Wildverbiss reduzieren zudem die Ausfallquote und erhöhen damit insgesamt den Biomassertrag von Kurzumtriebsplantagen.

Im Folgenden werden zunächst die Baumarten vorgestellt, die aus Sicht der Waldbautechnik grundsätzlich für den Betrieb von KUP geeignet sind. Anschließend werden Bewirtschaftungstechniken wie Flächenvorbereitung, Pflanzung, Bestandspflege und Erntezyklen besprochen und deren Wirkungen auf den Naturhaushalt erörtert.

3.1.1 Pappeln (*Populus spec.*)

Pappeln sind mit ca. 40 Arten in den gemäßigten Klimazonen der gesamten Nordhalbkugel vertreten. Aufgrund natürlicher Hybridisierung zeigen sie einen großen Formenreichtum und sind an vielfältige ökologische Standortbedingungen angepasst (Traupmann 2004). Ein weiteres wichtiges Merkmal ist ihre starke Wuchs- und Ertragsleistung in den ersten zehn Jahren ihrer Entwicklung.



Abb. 4: „Innenansicht“ einer Pappelplantage (Standort Georgenhof, Nordhessen)



Abb. 5: Pappelsteckling, wenige Wochen nach der Anpflanzung



Tabelle 1: Eigenschaften von wichtigen Pappelarten für den Kurzumtrieb (Röhricht & Ruscher 2004)

Familie	Salicaceae – Weidengewächse		
Gattung	Populus		
Sektion	AIGEIROS (Schwarzpappeln)	TACAMAHACA (Balsampappeln)	LEUCE (Weiß-/Zitterpappeln)
Natürliche Verbreitung	Europa, W-Asien, NW-Afrika, N-Amerika	N-Amerika, Asien	Europa, Asien, N-Amerika, N-Afrika
Wichtige Arten	<i>P. nigra</i> (Europäische Schwarzpappel) <i>P. deltoides</i> (Amerikanische Schwarzpappel)	<i>P. trichocarpa</i> (Amerikanische Balsampappel) <i>P. maximowiczii</i> (Asiatische Balsampappel) <i>P. balsamifera</i> (Nordamerikanische Balsampappel)	<i>P. alba</i> (Weißpappel) <i>P. tremula</i> (Europäische Aspe) <i>P. tremuloides</i> (Amerikanische Aspe)
Standortansprüche	Hohe Ansprüche an Nährstoffversorgung und Durchwurzelbarkeit, keine Stau-nässe	Wechselfeuchte Standorte, keine windexponierten Lagen	Mäßig nasse bis trockene Standorte, jedoch Grundwassereinfluss, geringe Ansprüche an Klima und Standort
Bodenart	Bevorzugt Aueböden, gut durchlüftete Standorte, gute Wasserführung, hohe pH-Werte	Breites Spektrum: Sandböden bis Lehm, auch trockene Standorte, optimal fließendes Grundwasser 1-2m, nährstoffreich, kalkhaltig	Breites Spektrum: Kippenböden bis schwere Lehmböden, optimal sind frische humus- und nährstoffreiche Böden
Wuchs- und Ertragsleistung	Empfindlich auf Dichtstand	Rasches Jugendwachstum	Starkes Jugendwachstum, gute Verträglichkeit des „auf den Stock setzens“, Dichtstandverträglichkeit
Wichtige Schädlinge	-	Gute Resistenz gegen Pappelbock und Pappelblattkäfer	Kleiner und großer Pappelbock, roter Pappelblattkäfer
Besonderheit	Nicht geeignet für Kurzumtrieb, große Bedeutung als Kreuzungspartner	Dichtstandverträglichkeit, kräftige Bewurzelung	Keine Stecklingsbewurzelung, langsames Wachstum (<i>P. tremula</i>), mind. 8-jähriger Umtrieb notwendig

Von Hofmann (2007) wurde eine Übersicht über die Biomasseleistungen der wichtigsten Pappelkreuzungen bei einer Umtriebszeit von vier Jahren, 16.667 Pflanzen pro Hektar und guten Wuchsbedingungen erarbeitet (siehe Tabelle 2). Unter weniger guten Bedingungen, einem lehmig-sandigen Substrat in der Bergbau-Region Welzow-Süd in Brandenburg, wurde von Pappelhybriden eine geringere Trockenbiomasseleistung von 24-49 t innerhalb von acht Jahren erreicht (Bungart & Hüttl 2004), was einem jährlichen Zuwachs von 3-6 t/ha entspricht. In Bayern haben Balsampappelklone im Vergleich mit Schwarzerle, Robinie und Weide die höchste Biomasseleistung von jährlich 13 t/ha erreicht, was etwa einem Brennwert von 5000 l Heizöl entspricht (Burger 2006).

Tabelle 2: Biomasseleistung der wichtigsten Pappelarten und Kreuzungen bei einer Umtriebszeit von vier Jahren und guten Wuchsbedingungen (Hofmann 2007)

	1. Rotation [t/ha/a]	2. Rotation [t/ha/a]
<i>P. trichocarpa</i>	8,7	18,4
<i>P. trichocarpa x P. deltoides</i>	11,5	19,9
<i>P. nigra x P. maximowiczii</i>	10,8	17,3
<i>P. x euramericana</i>	7,2	6,2
<i>P. tremula x P. tremuloides</i>	11	4,7



3.1.2 Weiden (*Salix spec.*)

Weiden gehören mit ca. 400-500 verschiedenen Arten (Liebhard 2007) zu einer der formenreichsten Gehölzgattungen der Welt. Die Neigung zu natürlicher Hybridisierung nahverwandter Arten ist sehr ausgeprägt (Traupmann 2004). Zum Energieholzanbau eignen sich Weiden aufgrund ihrer hohen Anwuchssicherheit als Steckling, ihrer ausgeprägten Fähigkeit zum Stockausschlag sowie der geringen Anfälligkeit gegen Schäden. Weiden sind raschwüchsig, allerdings relativ kurzlebig. Aufgrund ihres hohen Lichtanspruchs sind Weiden konkurrenzschwach.

Tabelle 3: Eigenschaften von Weidenarten für den Kurzumtrieb (Röhricht & Ruscher 2004)

Familie	Salicaceae – Weidengewächse
Gattung	Salix
Wichtige Arten	<i>S. viminalis</i> (Korb-/Hanfweide) <i>S. smithiana</i> (Kätzchenweide) <i>S. dasyclados</i> (Filzastweide)
Standortansprüche	Wechselfeuchte bis feuchte Standorte, jedoch keine Staunässe
Bodenart	Breites Spektrum an Bodenarten, bevorzugt leichte, gut durchlüftete Böden
Wuchs- und Ertragsleistung	Starkes Jugendwachstum
Wichtige Schädlinge	Weidenblattrost
Besonderheit	Dichtstandsverträglichkeit, große Frosthärte

Als Energiewaldarten kommen laut Traupmann (2004) meist nur die sehr leistungsfähigen Sorten von Hochstrauchformen wie Korbweide (*S. viminalis*), Kätzchenweide (*S. x smithiana*) und Filzastweide (*S. dasyclados*) in Frage. Maximale Leistungen werden dabei auf frisch-(wechsel-)feuchten, nährstoffreichen sandigen Lehmen erbracht. Raschwüchsige Sorten weisen oftmals geringere Salicingehalte in der Rinde auf und werden daher vom Rehwild bevorzugt verbissen (Traupmann 2004).

Die Vorzüge der Weide (*Salix spec.*) liegen im nahezu 100%igen Anwuchs- und Regenerationserfolg sowie in ihrer Frosthärte. Die Ertragsleistung liegt im Allgemeinen jedoch niedriger als die der Balsampappeln. Bei Umtriebszeiten bis maximal vier Jahre werden auf leichten Böden und bei guter Wasserversorgung jährlich ca. 8 t/ha produziert (Hofmann 1998). Von Guericke (2006) wurde eine Trockenbiomasseproduktion vier verschiedener schwedischer Weidenklone zwischen 2,8 t/ha und 6,1 t/ha im ersten Standjahr festgestellt. Der optimale Ernterhythmus der Weide liegt bei 3 bis 5 Jahren (Guericke 2006).

3.1.3 Robinie (*Robinia pseudoacacia*)

Hervorragende Wuchs- und Holzeigenschaften prädestinieren die Robinie (*Robinia pseudoacacia*) für hochwertige Verwendungen im Außenbereich und als Energieholz in Kurzumtriebsplantagen.

Die Robinie hat eine stattliche Zuwachsleistung, einen sehr geringen Feuchtegehalt des Holzes, eine hohe Wiederaustriebsfähigkeit und eignet sich für die unterschiedlichsten Standorte. Die höchsten Erträge sind dabei nur auf guten Standorten zu erwarten. Die Fähigkeit der Robinie, Luftstickstoff zu binden, ermöglicht ihr aber auch auf Extremstandorten und auf landwirtschaftlich weniger geeigneten Flächen ein passables Wachstum (Führer 2005). Der jährliche Zuwachs liegt zwischen 6 und 11 t/ha. Das entspricht im besten Fall einem Brennwert von 4200 Litern Heizöl, im schlechtesten Fall von 2200 Litern (Schüler et al. 2006).

Nachteilig kann sich die Empfindlichkeit der Robinie gegenüber Frost auswirken. Besonders Frühfröste können große Schäden anrichten. Denn die Robinie schließt erst sehr spät im Jahr mit dem Trieb ab, so dass bei



zeitig einsetzenden Frösten die oft noch unverholzten Triebspitzen erfrieren. An diesen abgestorbenen Stellen dringen dann sehr leicht holzerstörende Pilze ein (Eisenreich 1956).

Neuanpflanzungen sind oft sehr stark dem Wildverbiss ausgesetzt. Vor allem Feldhasen, Kaninchen und Mäuse benagen die noch glatte Rinde junger Stämmchen. Andere Wildarten wie Rot-, Reh-, Dam- und Muffelwild verbeißen die Triebe und können stellenweise ziemlich große Schäden anrichten (Eisenreich 1956).

3.1.4 Erlen (*Alnus spec.*)

Die Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) ist für sicker- oder staunasse, z.T. zeitweise überschwemmte, nährstoffreiche, vorwiegend kalkarme Kies-, Sand-, Ton- oder Torfböden geeignet. Der Standort sollte mäßig sauer bis neutral sein, mit einem pH-Wert von etwa 6-7,5. Die Schwarzerle besitzt ein sehr gutes Stockausschlagvermögen und erträgt Staunässe, sehr hohe Grundwasserstände und längere Überflutungen. Traupmann (2004) gibt für die Schwarzerle Zuwächse von 6-8 t pro Hektar und Jahr an.

Die Grauerle (*Alnus incana*) ist auf sickernassen (frischen), z.T. zeitweilig überfluteten, nährstoff- und basenreichen, meist kalkhaltigen, locker durchlüfteten, rohen, vorwiegend kiesig-sandigen Tonböden zu finden. Der Standort sollte mäßig sauer bis alkalisch mit einem pH-Wert von etwa 6 bis >7,5 sein. Auch die Grauerle besitzt ein gutes Stockausschlagvermögen. Bei einem Anbauversuch in Österreich zeigte die Grauerle auf frischen bis sehr frischen Standorten und einem Pflanzverband von 1 x 2 m eine Biomasseproduktion von durchschnittlich 5,8-7,1 t/ha pro Jahr nach sechs Jahren Umtriebszeit (Schuster 2007).

3.1.5 Birke (*Betula spec.*)

Die Hängebirke (*Betula pendula*) hat keine besonderen Standortansprüche und zählt zu einer der genügsamsten Holzarten. Trockene bis feuchte, nährstoffarme bis mäßig nährstoffreiche, mehr oder weniger basenarme Böden aller Arten sind für die Hängebirke geeignet. Zusätzlich ist die Hängebirke sehr frosthart und resistent gegen Spätfrost. Die Birke hat ein rasches Jugendwachstum und ist somit in der Lage, bereits frühzeitig verwertbares Holz zu liefern.

Ergebnisse aus einem Anbauversuch in Österreich zeigten eine Trockenbiomasseproduktion der Birke auf frischen bis mäßig frischen Standorten von durchschnittlich 5,9-6,7 t/ha pro Jahr bei einer Umtriebszeit von zwölf Jahren und einem Pflanzverband von 1 x 2 m (Schuster 2007).

3.1.6 Eberesche (*Sorbus aucuparia*)

Die Eberesche ist anspruchslos und wächst auf fast allen Böden. Selbst auf den ärmsten Standorten kann sie bei guter Lockerung ein relativ gutes Wachstum aufweisen. Die beste Entwicklung erreicht die Eberesche auf fruchtbaren, frischen und lockeren Böden mit geringem Kalkgehalt. Zur Holzproduktion ist sie auf denselben Böden wie die Sandbirke (*Betula pendula*) geeignet, ausgenommen arme Sande. Zusätzlich ist die Eberesche sehr frost- und spätfrosthart und verhältnismäßig resistent gegen Wind, auch gegen salzhaltige Winde an der Küste.

Neben ihrem raschen Jugendwachstum als Pionierbaumart finden auch die Beeren der Eberesche vielerlei Verwendung. Diese dienen im Winter vielen Vögeln zur Nahrung, und auch von Säugetieren wie Fuchs und Dachs werden sie nicht verschmäht. Selbst als Viehfutter oder im pharmazeutischen Bereich können die Beeren verwendet werden. Die Streu der Blätter zersetzt sich rasch und gut. Das Laub enthält relativ viel Kalk und Phosphor. Die Vogelbeere kann somit dazu beitragen, das Bodenleben und den Humusstand zu verbessern.



3.1.7 Winterlinde (*Tilia cordata*)

Die Linde ist schnellwüchsig und kommt auf frischen bis mäßig trockenen, basenreichen Lehm- und Tonböden vor. Der Standort kann mäßig sauer bis alkalisch sein, mit einem pH-Wert von etwa 6 bis 7,5.

Ein biologischer Vorzug der Linde ist ihre bekannte Eignung als Nahrungsquelle für Bienen. Des Weiteren ist ihre leicht zersetzbare, stickstoffreiche Streu vorteilhaft für den Nährstoffkreislauf (Leibundgut 1953). Eine Schwierigkeit bei der waldbaulichen Verwendung der Linde ist, dass sie vom Wild sehr gern verbissen und verlegt wird (Koss 1982).

3.1.8 Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*)

Der Bergahorn ist auf sickerfrischen bis feuchten, nährstoff- und basenreichen lockeren Lehm- oder Steinschuttböden in kühl-luftfeuchter Lage zu finden. Der Standort sollte mäßig sauer bis alkalisch sein, mit einem pH-Wert von 6 bis 7,5. Bergahorn ist verhältnismäßig resistent gegen Wind, auch gegen salzhaltige Winde an der Küste.

Auf einem sandigen Substrat mit einem pH-Wert von 4,5 erreichte der Bergahorn in Untersuchungen von Vande Walle et al. (2007) eine Biomasseproduktion von jährlich 1,2 t/ha nach einer vierjährigen Standzeit bei einer Überlebensrate von 96,8 %.

3.2 Standortangepasste Baumartenwahl

Eine Grundvoraussetzung für die Baumartenwahl ist die ökologische Anpasstheit der Pflanzen an den Standort. Deshalb sollte jeder Pflanzung eine Standortanalyse – bestehend aus Bodenanalyse, Klimaverhältnissen, Höhenlage und Exposition – vorausgehen, aufgrund deren Ergebnisse passende Baumarten gewählt werden können. Eine standortangepasste Baumartenwahl beinhaltet eine optimale Ausnutzung des Biomassepotenzials und Dauerhaftigkeit des Standorts sowie eine erhöhte Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegenüber Krankheiten und Parasiten. Untersuchungen zum Biomassepotenzial verschiedener Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen sind aus der vorhandenen Literatur aber nur lückenhaft zu finden. Hierzu sind weiterführende Untersuchungen notwendig.

Weiden und Pappeln können laut Traupmann (2004) ab einer Bodenpunktzahl von 30 angebaut werden, wobei eine ausreichende Wasserversorgung besonders wichtig ist. Sandige, leichte Böden sind deshalb weniger geeignet für einen Anbau. Voraussetzung für hohe Biomasseerträge ist eine tiefgründige Durchwurzelbarkeit des Bodens (mind. 60 cm). Pappeln können im Vergleich zu Weiden auch unter ungünstigeren Bedingungen (geringere Wasserversorgung, flachgründiger Boden) vergleichsweise höhere Erträge bilden. Unter Berücksichtigung ökonomischer Kriterien sollte ein Anbau auf Grenzstandorten jedoch nicht in Frage kommen. In Tabelle 4 werden die in Anlehnung an Schlüter (1990) für häufig vorkommende Standorte geeigneten schnellwachsenden Laubgehölze aufgeführt.

Durch eine standortangepasste Baumartenwahl kann auf eine Düngung der Fläche verzichtet werden, insbesondere da die Ansprüche an die Nährstoffversorgung in der Landwirtschaft höher ausfallen als in der Forstwirtschaft (Pallast et al. 2006). Waldstandorte sind in der Regel vergleichsweise nährstoffarm, und die Ackerflächen bringen zum Zeitpunkt der Pflanzung einen großen Vorrat an Nährstoffen mit. So sind nach forstlicher Einteilung Ackerstandorte in der Regel als gut mesotroph bis eutroph anzusprechen (Hofmann 1998), was sich mit den Anforderungen der Forstwirtschaft für den Pappelanbau an den Boden deckt (Schultze et al. 1990).



Tabelle 4: Für häufig vorkommende Böden geeignete Baumarten (in Anlehnung an Schlüter 1990)

 Feinerdehaltige steinige oder kiesige Böden	Nährstoffarm, trocken	Betula pendula Populus spec. Salix spec.
	Nährstoffarm, frisch bis feucht	Betula pendula Populus spec. Salix spec. Sorbus aucuparia
	Nährstoffreich, trocken	Betula pendula Populus spec. Salix spec. Sorbus aucuparia
	Nährstoffreich, frisch bis feucht	Acer pseudoplatanus Alnus glutinosa Alnus incana Betula pendula Populus tremula Salix spec.
 Sandige Böden	Nährstoffarm, trocken	Betula pendula Populus spec. Sorbus aucuparia
	Nährstoffarm, frisch bis feucht	Betula pendula Betula pubescens Populus spec. Salix spec. Sorbus aucuparia
 Lehmige Böden	(Mäßig) nährstoffarm, trocken	Betula pendula Populus spec. Sorbus aucuparia
	(Mäßig) nährstoffarm, frisch bis feucht	Betula pendula Populus spec. Salix spec. Sorbus aucuparia
	Nährstoffreich, trocken	Betula pendula Populus spec.
	Nährstoffreich, frisch bis feucht	Acer pseudoplatanus Alnus glutinosa Alnus incana Betula pendula Populus spec. Salix spec. Tilia cordata
 Tonige Böden	(Mäßig) nährstoffarm, wechsellrocken bis wechselfeucht	Sorbus aucuparia Tilia cordata
	Nährstoffreich, wechsellrocken bis wechselfeucht	Acer pseudoplatanus Alnus glutinosa Alnus incana Salix spec. Sorbus aucuparia Tilia cordata

Nach Einschätzung von Hofmann (1998) erübrigt sich beim Anbau von Energiehölzern eine Düngung der Fläche für mindestens 15 Jahre, da zunächst die großen Nährstoffpotenziale ehemaliger Ackerflächen langsam abgeschöpft werden können. Auch Jug et al. (1999a) kommen im Rahmen von standortkundlichen Untersuchungen zu dem Ergebnis, dass die untersuchten Balsampappeln und Aspen auf den betrachteten ehemaligen Ackerstandorten mit allen Nährstoffen gut versorgt sind. Ihren Untersuchungen zufolge ist durch zusätzliche Düngung keine signifikante Wuchsverbesserung in den ersten Rotationszyklen nach der Aufforstung zu erreichen. Der durch Mineralisation pflanzenverfügbare Stickstoff gewährleistet im Boden für mindestens 10-15 Jahre ein optimales Wachstum von Balsampappeln und Aspen (Jug et al. 1999a). Dies gilt ebenso für Phosphor, Kalium und Magnesium, deren Nährstoffkonzentration in den Blättern über die ersten



zehn Jahre annähernd konstant war oder sogar anstieg. Der Nährstoffbedarf von *Salix viminalis* unterscheidet sich allerdings von den beiden anderen Arten. Um die Erträge zu maximieren, sind hier regelmäßige Stickstoffdüngungen durchzuführen (Hofmann-Schielle et al. 1999). Während die Versorgung mit Phosphor, Kalium, Kalzium und Magnesium auf allen untersuchten Standorten ausreichend gesichert war, hat die Weide eine sehr hohe Stickstoffbedürftigkeit und reagiert deshalb als einzige Art auf eine erhöhte N-Zufuhr (Jug et al. 1999a).

3.3 Eingeschränkte genetische Vielfalt

Neben den hohen Zuwachseleistungen haben Balsampappeln und Weiden den Vorteil, zur Stecklingsvermehrung geeignet zu sein. Dabei werden ertragsstarke Mutterpflanzen durch das Abstecken von jungen Sprossabschnitten erbgleich weitervermehrt. Diese Klonbildung ermöglicht eine kostengünstige Bereitstellung von hochwertigem Pflanzgut.

Diese vegetative Vermehrungstechnik führt durch den Anbau nur eines bzw. weniger Klone zu einer eingeschränkten genetischen Vielfalt von Kurzumtriebsplantagen. Schaderreger können sich in diesen Monokulturen durch die fehlenden natürlichen Barrieren rasch ausbreiten und Wachstumseinbußen und Ausfälle bewirken.

Insbesondere Rostpilzbefall an Blättern durch *Melampsora spec.* stellt für Weiden und Pappeln eine Gefährdungsquelle dar, wobei die verschiedenen Sorten und Klone unterschiedlich anfällig sind. Der dichte Pflanzverband und eine feuchtwarme Witterung erhöht die Infektionsgefahr genetisch anfälliger Sorten deutlich. Bei Befall kommt es zu einem vorzeitigen Blattverlust. Neben Zuwachsverlusten und vermindertem Trieb- und Wurzelwachstum kommt es bei den geschwächten Pflanzen zu einer stärkeren Frostgefährdung und einer erhöhten Krankheitsanfälligkeit gegenüber sekundärem Schädlingsbefall, wie z.B. dem Rindenbrand (Pappelrindentod), und damit zu einem erhöhten Pflanzenausfall. Um das Risiko der Infektion und Ausbreitung zu minimieren, sollten verschiedene Baumarten oder zumindest verschiedene Sorten einer Baumart auf der Anbaufläche kombiniert angebaut werden.

Zudem führt die Konzentration auf die schnellwüchsigen Pappelhybriden zu einer starken Einschränkung des Lebensraums der Schwarzpappel, an der kaum wirtschaftliches Interesse herrscht (v. Wühlisch 2006). So wurden bereits vor dem 18. Jahrhundert Hybriden zwischen der europäischen und der amerikanischen Schwarzpappel angebaut und genutzt. Die Hybriden weisen einen höheren Holzzuwachs, bessere Stammformen und eine höhere Resistenz gegenüber Krankheitserregern auf. Die Möglichkeit der vegetativen Vermehrung über Steckhölzer trug zur schnellen Verbreitung und Anpflanzung der Pappelsorten bei und ließ das Interesse an der reinrassigen heimischen Schwarzpappel schnell sinken. So ist im Pappelsorten-Zulassungsregister nur eine reinrassige Sorte von *Populus nigra* („Irresheim“) erfasst. Zur Arterhaltung müssen deshalb Bestände künstlich begründet werden, wobei auf die Beibehaltung einer ausreichend hohen genetischen Vielfalt zu achten ist, um die künftige Anpassungsfähigkeit einer lokal angepassten Population zu sichern. Zudem kommt die Erhaltung der Schwarzpappel auch ihrer potenziellen Nutzung als Genressource zu Nutze.

3.4 Flächenvorbereitende Bodenbearbeitung

Die Anlage von Kurzumtriebsplantagen auf Ackerflächen ist in der Regel mit einer flächenvorbereitenden Bodenbearbeitung verbunden, meist dem Vollumbruch auf 30 cm. Dabei werden in der Literatur sowohl das Pflügen der Fläche im Herbst als auch im Frühjahr erwähnt (vgl. Burger 2004, Diederichs 1990, Dimitri 1988, Hofmann 2004, Röhrich 2005, Traupmann 2004).



Aus Gründen des Boden- und Gewässerschutzes sind intensive Bodenvorbereitungen allerdings sehr kritisch zu sehen. Es sind erhöhte Auswaschungsverluste insbesondere von Nitraten möglich, da zum einen der Boden durch die tiefgründige Bearbeitung höhere Mineralisationsraten aufweist und zum anderen jeglicher Pflanzenbewuchs über Winter fehlt, welcher der Nitratverlagerung durch eine Stickstoff-Festlegung in der pflanzlichen Biomasse entgegenwirken könnte (Meyer-Marquart et al. 2006). Weiterhin ist auf erosionsgefährdeten Standorten mit vermehrtem Oberflächenabfluss und erhöhter Bodenerosion zu rechnen, wenn der Boden über Winter ohne Vegetationsbestand oder Mulchschicht den Witterungsbedingungen ausgesetzt ist (Meyer-Marquart et al. 2006). So zeigen Sickerwasseruntersuchungen aus dem NOVALIS-Projekt (www.novalis.forst.uni-goettingen.de; Lamersdorf et al. 2008a), dass der Nitrataustrag nach der Bodenbearbeitung im Herbst impulsartig auf 150 mg pro Liter ansteigt. Erst nach der Bildung einer ausreichenden Bodenvegetation sinken die Stickstoffausträge der gepflügten Fläche auf die Werte der unbearbeiteten Fläche von 20 mg Nitrat (NO₃) pro Liter Sickerwasser ab (Lamersdorf et al. 2008b).

Daraus folgt, dass aus Gründen des Boden- und Gewässerschutzes bei der Anlage von Kurzumtriebsplantagen auf das Pflügen der Fläche im Herbst möglichst verzichtet werden sollte. Auf leichten Böden ist dies nicht zwingend erforderlich, sondern kann auf das Frühjahr begrenzt werden (Hofmann 2004). Die Bodenbearbeitung im Frühjahr sollte in dem Fall mit möglichst geringer Intensität erfolgen. Durch konservierende Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren im Frühjahr wird ein Mineralisationsimpuls verhindert, der zu erhöhten Nitratauswaschungen im Frühjahr oder Herbst des Setz- bzw. Pflanzjahres beitragen kann. Außerdem reduziert ein im Frühjahr durchgeführtes Mulchverfahren die Auswaschungs- und Erosionsgefährdung im Winter, und auch in der Phase der Bestandsetablierung wird der noch unbedeckte Boden sicher vor Wind- und Wassererosion geschützt (Meyer-Marquart et al. 2006).

Ebenfalls möglich ist ein nur streifenweises Pflügen bzw. Grubbern der Pflanzreihen, wie im NOVALIS-Projekt auf einer Grünlandfläche geschehen, um problemlose Steckarbeiten zu ermöglichen (Stoll & Dohrenbusch 2008). Das Verfahren kann mit einer Nutzpflanzeneinsaamung zwischen den Pflanzreihen kombiniert werden, die sowohl der anfänglichen Erosions- und Auswaschungsgefährdung entgegenwirkt als auch eine unkrautregulierende Wirkung beinhaltet. Von Reinecke (1990) und Denecke (1988) wurden bei Neuanpflanzungen im Forst gute Erfahrungen mit unkrautverdämmenden Einsaaten gemacht, ohne die jungen Bäume in ihrer Wuchsleistung zu beeinträchtigen. Zudem bieten Blühaspekte der Zwischenreihenbegrünung naturschutzfachliche Vorteile als Nahrungsangebot für Insekten. Das streifenweise Pflügen der Pflanzreihen hat sich im NOVALIS-Projekt allerdings für die Flächenvorbereitung als nicht geeignet erwiesen, da hierdurch die Ansiedlung von Wühlmäusen auf der Fläche gefördert wurde (Lamersdorf et al. 2008b).

3.5 Begleitwuchsregulierung

Da landwirtschaftliche Flächen enorme Diasporenbanken bevorraten, sind wirksame Maßnahmen der Begleitwuchsregulierung zu ergreifen, um eine Kultur erfolgreich etablieren zu können. In welcher Form die Unkrautbekämpfung durchzuführen ist, hängt stark von der Flächenvornutzung und dem verwendeten Pflanzenmaterial ab. In der Phase der Bestandsetablierung wird der Unkrautdruck bei vielen Versuchsanlagen durch den Einsatz von Herbiziden reguliert. Wie beim Ackerbau gilt aber, dass vorrangig Nachauflaufpräparate und nur bedingt Voraufmitteln angewendet werden sollten, um potenzielle Wirkstoffausträge mit dem Sickerwasser, dem Dränwasser und insbesondere mit dem Oberflächenabfluss zu vermeiden (Meyer-Marquart et al. 2006).

Als Alternative zum Herbizideinsatz kommen prinzipiell die mechanische Unkrautentfernung und der Einsatz von so genannten Nutz- bzw. Schutzpflanzendecken in Frage. Die vom NOVALIS-Projekt durchgeführten Versuche zur Energieholzproduktion umfassen unterschiedliche Varianten zur Unkrautregulierung. Zur



Beurteilung von Pflegemaßnahmen auf Anwuchs und Wachstum unterschiedlicher Gehölze wie den Pappelhybriden NE 42, Max 4, einer Weidensorte (*Salix viminalis* „Turbo“), der Aspe und der Robinie erfolgte auf einer Acker- und einer Grünlandfläche der Vergleich der Varianten „Mähen“, „Nutzpflanzeneinsaat“ und „Nullfläche“. Die Ergebnisse zeigen, dass durch den Einsatz von bewurzelten Pflanzen auf aufwändige oder chemische Pflegemaßnahmen verzichtet werden kann. Da es sich bei den Aspen und Robinien um bewurzelte Pflanzen mit einer Größe von 80 bis 120 cm handelt, sind diese gegenüber Konkurrenzdruck der Begleitvegetation weniger anfällig. In diesem Sinne zeigen die Anbauversuche von Stoll & Dohrenbusch (2008) wesentlich geringere Ausfallprozentage der bewurzelten Baumschulpflanzen im Gegensatz zu den verwendeten Pappelstecklingen Max 4 und NE 42. Bei den Stecklingen fällt der Anwuchserfolg der Gehölze sehr unterschiedlich aus. Während die Weide insgesamt sehr geringe Ausfälle aufweist, fallen bei den Pappelhybriden auf der ungepflegten Grünlandfläche 70 % von NE 42 und 35 % von Max 4 aus. Laut Boelcke (2006) hat auf die Anwuchsrate der Stecklinge außer der Qualität der Gehölze auch die Sorte Einfluss. Während sich die Weiden allgemein durch hohe Anwuchsraten auszeichnen - mit nahezu 100%iger Anwuchsrate von *S. viminalis* - wurde bei Pappeln eine höhere Sortenabhängigkeit festgestellt (Boelcke 2006).

Das Verfahren der mechanischen Unkrautregulierung führt zu einer oberirdischen Reduzierung des Unkrautdrucks, so dass der Aufwuchs der Setzlinge nicht oder im geringeren Umfang beeinträchtigt wird. So wurden bei Stoll & Dohrenbusch (2008) die Ausfallprozentage der Pappelhybriden NE 42 und Max 4 signifikant reduziert. Insbesondere auf der Grünlandfläche, deren Vegetation eine besonders starke Konkurrenz zu den Gehölzen darstellt, ist der Anbau von Pappel ohne begleitende Pflegemaßnahmen kaum zu empfehlen. Zusätzlich wird der Nährstoffgehalt des Bodens durch Schichten aus frisch geschnittenem Gras merklich beeinflusst. Nach Fang et al. (2008) weisen die mit Gras gemulchten Flächen eine höhere Konzentration an absolutem N sowie verfügbarem N, P und K auf als die nicht gemulchten Kontrollflächen. Infolge des Mulchverfahrens wurden das Höhenwachstum und der Brusthöhendurchmesser der untersuchten Pappelplantage signifikant erhöht (Fang et al. 2008). Bei der Flächenanlage der Kurzumtriebsplantage ist bei mechanischer Unkrautregulierung zwischen den Pflanzreihen der Pflanzverband auf die Mäherbreite abzustimmen.

Aus Österreich berichtet Traupmann (2004) von positiven Erfahrungen mit Untersaaten. Demnach können Untersaaten, die vor der Pflanzung der Stecklinge eingesät werden, den Begleitwuchs verhindern und die Kulturpflegemaßnahmen erheblich reduzieren. Versuche mit Getreide wie Wintergerste und Hafer als Untersaat ergaben eine hauptsächliche Unterdrückung des Begleitwuchses bei nur geringer Beeinträchtigung der Kurzumtriebspflanzen. Auch Leguminosen können nach Traupmann (2004) als Untersaat verwendet werden. Die ökologisch sehr günstig zu beurteilende Einsaat von Klee und Buchweizen führte bei Stoll & Dohrenbusch (2008) zwar zur Verdämmung der Konkurrenzflora, konnte aber keine Verbesserung des Anwuchs- und Wuchsverhaltens der Gehölze bewirken. Dies äußert sich in unveränderten bzw. leicht erhöhten Ausfallraten der Gehölze im Vergleich zur Nullfläche. In diesem Sinne stellt auch Boelcke (2006) dar, dass Untersaaten zur Unkrautunterdrückung und Bodenbedeckung nicht empfohlen werden können, da sie für Baumsprösslinge eine starke Konkurrenz darstellen. Auch Jylhä et al. (2006) räumen die Möglichkeit ein, dass sich die Konkurrenz um Ressourcen zwischen eingesättem Weißklee und Baumsämlingen schwerwiegender auf die Ausfallhäufigkeit und das Baumvolumen auswirkt als die Konkurrenz zwischen der natürlichen Vegetation und den Sämlingen.

Versuche mit Untersaaten wurden auch von Scholz et al. (2004) auf einem sandigen Standort nordöstlich von Potsdam (Versuchsfläche Bornim) mit sehr geringen Niederschlagssummen (durchschnittlich 477 mm/a) durchgeführt. Neben Baumart, Untersaat und Düngung wurde auch das Rotationsintervall (Umtriebszeit) variiert. Die gemessenen Erträge weisen eine außerordentliche Spanne auf und werden weniger von der Düngergabe als vielmehr von Untersaat und Alter des Bestands bestimmt. Die verwendete Grasuntersaat erweist sich als erheblicher Wasser- und Nährstoffkonkurrent, der bei dem leistungsfähigen Balsampappelhybrid Japan 105 in den ersten vier Jahren je nach Düngeregime und Rotationsintervall eine Ertragseinbuße von 10 bis



65 % bewirkt. Im Gegensatz zu Weiden wird jedoch bei Pappeln die Untersaat - und auch das Unkraut - durch das großblättrige Laub unterdrückt, so dass sich die Ertragsdifferenz im Laufe der Zeit verringert. Die von Scholz et al. (2004) festgestellten Ertragsverluste durch Untersaaten in den ersten Jahren sind vor dem Hintergrund der besonderen Standortbedingungen zu bewerten; der sandige Versuchsstandort mit den sehr geringen Jahresniederschlägen macht jede Wasserkonkurrenz problematisch und lässt somit eine Übertragung der Ergebnisse auf wüchsrigere Standorte mit besserer Wasserversorgung nicht zu (Meyer-Marquart et al. 2006).

3.6 Erntezyklen

3.6.1 Mini-Rotation

Bei Mini-Rotationen erfolgt die Ernte der Bäume bereits nach zwei- bis dreijähriger Wachstumszeit. Um nach dieser kurzen Entwicklungszeit wirtschaftliche Erträge zu erzielen, sind sehr dichte Bestände (16.000-20.000 Bäume pro Hektar) zu etablieren. Diese Nutzung führt zu hohen Masseleistungen je Hektar in Form von sehr schwachem Holzmaterial (3-4 cm Stammdurchmesser), das ausschließlich für Heizzwecke eingesetzt wird. Meist werden Weiden in Mini-Rotation genutzt.

Am Standort Kalkreuth (Landkreis Riesa-Großenhain), der einen stark sandigen Lehm der Ackerzahl 49 darstellt, werden seit 1995 verschiedene Pappel- und Weidensorten im zwei- und dreijährigen Umtrieb hinsichtlich ihrer Ertragsleistung geprüft (Schwarze & Röhricht 2006). Entsprechend dieser Mini-Rotationsform wurde eine hohe Bestandsdichte (17.778 Bäume/ha) gewählt. Zur Pflanzung sind Steckruten von 100-125 cm Länge verwendet worden. Betrachtet man die jährlichen Erträge an Trockenmasse (TM) über die bisher erfolgten vier Umtriebszeiten, zeichnen sich zwischen den Baumarten und Sorten deutliche Unterschiede ab. Aus dem Sortenvergleich sind die Korbweidensorte Zieverich (14 t TM/ha) und die Balsampappelsorten Beaupré (13,9 t TM/ha) sowie Max 1 (12,6 t TM/ha) mit dem höchsten durchschnittlichen Gesamtzuwachs pro Hektar und Jahr im Mittel der vier Umtriebe hervorzuheben. Auch die Sorten Muhle Larsen und Max 3 sind mit jährlichen Ertragsleistungen von 10,8 t TM/ha bzw. 11,7 t TM/ha für den Anbau als rentabel zu betrachten.

Tabelle 5: Wichtige Weidensorten für den Kurzumtrieb (Röhricht & Ruscher 2004)

Weidensorte	Kreuzung	Bemerkung
Zieverich, Carmen, Ingeborg, Ulf, Rapp, Orm, Loden	<i>S. viminalis</i>	Mittlere bis hohe Ertragsleistung in Mini-Rotation, mittlere bis gute Resistenz gegen Blattrost
Jorr	<i>S. viminalis</i> (Kreuzung niederländischer Klone)	Hohes Ertragspotenzial, zügige Jugendentwicklung, mittlere Resistenz gegen Blattrost
Tora	<i>S. schwerinii</i> x <i>S. viminalis</i> (Kreuzung sibirische Korbweide x Orm)	Hohe Zuwachsraten, weitgehende Blattrostresistenz, geringer Befall mit Gallmücken, kaum Wildverbiss
Torhild	(<i>S. viminalis</i> x <i>S. schwerinii</i>) x <i>S. viminalis</i>	Sehr hohes Ertragsniveau, weitgehend resistent gegen Blattrost
Sven	<i>S. viminalis</i> x (<i>S. viminalis</i> x <i>S. schwerinii</i>) (Kreuzung der Sorten Jorum und Björn)	Hohertragssorte, hohe Resistenz gegen Blattrost
Olof	<i>S. viminalis</i> x (<i>S. viminalis</i> x <i>S. schwerinii</i>) (Kreuzung der englischen Sorte Bowles Hybrid mit Björn)	Kleinwüchsig, hohe Triebzahl, hohes Ertragsniveau, kein Blattrostbefall
Gudrun	<i>S. dascylados</i>	Hohe Frosttoleranz, ausgeprägte Resistenz gegen Blattbockkäfer, geringer Wassergehalt zur Ernte, gute Unkrautunterdrückung, teilweise Wildschäden
Tordis	(<i>S. viminalis</i> x <i>S. schwerinii</i>) x <i>S. viminalis</i> (Kreuzung der Sorten Tora und Ulv)	Blattrostresistenz, hohes Ertragspotenzial



Die von den Sorten Astria und Münden erreichte unterdurchschnittliche Ertragsleistung unterstreicht die Feststellung, dass Aspen für die Mini-Rotationsnutzung weniger geeignet sind. Der optimale Ernterhythmus von Aspen liegt bei etwa 15 Jahren im Bereich der Maxi-Rotation (Liesebach et al. 1999). Im zweijährigen Ernteturnus schneiden die Balsampappeln Beaupré und Max 3 am besten ab. Die Korbweide Zieverich entwickelt nach den vorliegenden Ergebnissen erst im dreijährigen Umtrieb einen starken jährlichen Biomassezuwachs. Insgesamt wird über die vier Umtriebszeiten eine stabile Produktion an Holzbiomasse nachgewiesen. Aus erntetechnischer Sicht ist hervorzuheben, dass bei zweijährigem Umtrieb durchschnittliche Stammdurchmesser von 29 mm (20 mm bei Aspen; 36-38 mm bei Max 3 und Beaupré) erreicht werden. Im dreijährigen Umtrieb entwickeln die Bäume Stämme von 35 mm (27 mm Zieverich; 47 mm Max 1) Durchmesser. Dabei ist die Anzahl der Nebentriebe von über 2 m Länge bei der Weide mit 9,7 bis 13 Trieben deutlich größer als bei den Pappelsorten (0,6-4,4 Triebe). Die Wuchshöhe der Bäume liegt zwischen 6 und 8 m.

3.6.2 Midi-Rotation

Die Ernte der Bäume erfolgt alle 4 bis 6 (max. 10) Jahre. In dieser Wachstumszeit erzielen die Bäume stärkere Stammdurchmesser (6-8 cm) und höhere Stammeinzelgewichte als bei zwei- bis dreijährigem Ernterhythmus. Midi-Rotationen erfordern deshalb geringere Bestandszahlen zum Ertragsaufbau. Günstig sind Baumzahlen von 6.000-9.000 Stück/ha.

Laut einer von Traupmann (2004) erwähnten Studie (FBVA 1997) produzieren fünfjährige Balsampappelaufwüchse im Verband 0,4 m x 2,5 m pro Flächeneinheit ungefähr die gleiche Menge an Biomasse wie zehnjährige Aufwüchse in einem Verband 2,5 m x 2 m. So liefern Dünnholzproduktionen in Umtriebszeiten zwischen 6 und 10 Jahren bei einem etwas weiteren Verband von 2.000 bis 7.000 Stück pro Hektar ebenfalls hohe Erträge wie Mini-Rotationen. Wegen der zusätzlich eingesparten Pflanz- und Erntekosten ist diese Bewirtschaftungsform wirtschaftlicher als eine Produktion in kurzen bzw. extrem kurzen Umtriebszeiten (Traupmann 2004).

Tabelle 6: Wichtige Pappelsorten für den Kurzumtrieb (Röhrich & Ruscher 2004)

Kreuzungen und Sorten	Kreuzungspartner	Bemerkung
Muhle Larsen, Weser 1-6, Scott-Pauley, Fritzi-Pauley, Columbia River, Trichobel	<i>P. trichocarpa x P. trichocarpa</i>	Mittlere bis hohe Leistung bei Midi-Rotation
Androscoggin Hybrid 275/NE 42	<i>P. maximowiczii x P. trichocarpa</i>	Mittlere bis hohe Leistung bei Midi-Rotation
Max 1-5, Rochester	<i>P. nigra x P. maximowiczii</i>	Hohe Ertragsleistung bei Mini- und Midi-Rotation
Raspalje, Beaupré, Rap, Unal, Barn, Donk, Boelare	<i>P. deltoides x P. trichocarpa</i>	Sehr hohe Ertragsleistung bei allen Rotationstypen
Ahle 1-20, Tapiau 1-8	<i>P. tremula x P. tremula</i>	
Astria, Münden 1-20	<i>P. tremula x P. tremuloides</i>	Hohe Leistung bei Maxi-Rotation

3.6.3 Maxi-Rotation

Bei der Maxi-Rotation werden die Bestände 10 bis 20 Jahre stehen gelassen. Der Ertrag wird in noch stärkerem Maße über das Einzelgewicht realisiert. Die Stammdurchmesser betragen 10-12 cm. Baumzahlen von etwa 1500-3000 Stück/ha gewährleisten bei dieser Nutzungsrichtung einen optimalen Aufwuchs. Inwieweit diese Angaben für die Baumarten im Einzelnen zutreffen, ist noch in langfristigen Anbauversuchen zu klären.



Für die Maxi-Rotation eignen sich die eher alternativen Baumarten wie Aspe sowie Bergahorn, Winterlinde, Eberesche und Erle, die zwar relativ schnellwüchsig sind, aber mit den Hochleistungsklonen der Pappel und den Weidenzüchtungen in Bezug auf die Wuchsleistungen in sehr kurzen Umtriebszeiten nicht mithalten können. Die Biomasseleistung der oben genannten Baumarten ist trotzdem in längeren Umtriebszeiten nicht zu unterschätzen. Bei den von Liesebach et al. (1999) erwarteten Wuchsentwicklungen der Aspe in Maxi-Rotation wird deren Holz nicht nur für die energetische Nutzung in Frage kommen, sondern vielmehr in der Papier- und Zellstoffindustrie Absatz finden. So zeigten deren Versuchsergebnisse, dass auch auf nährstoffarmen Flächen mit nur durchschnittlicher Wasserverfügbarkeit von Hybridaspn durchschnittlich 100 t/ha Biomasse innerhalb von zehn Jahren produziert werden können. Um einen maximalen durchschnittlichen Biomassezuwachs zu erreichen, werden Umtriebszeiten von mehr als zehn Jahren empfohlen (Liesebach et al. 1999). Pflanzenzahlen von 5555 Stück (2,0 m x 0,9 m) und 4200 Stück (2,0 m x 1,2 m) haben sich dabei als empfehlenswert erwiesen.

Längere Umtriebszeiten können ökologische Vorteile für die Umwelt bedeuten. So wirken Energieholzplantagen aufgrund der mehrjährigen Umtriebszeit bodenverbessernd. Untersuchungen belegen signifikant erhöhte Gehalte an organischem Kohlenstoff (C_{org}) der Oberböden als Folge von Laub- und Wurzelstreumassen und fehlender Bodenbearbeitung (Kahle & Boelcke 2004). Vor allem die mehrjährige Umtriebszeit wirkt sich positiv auf das Bodengefüge aus. Resultierend aus der Anreicherung von organischer Substanz zeigten die mit Pappeln und Weiden bestandenen Parzellen zudem signifikant verringerte Rohdichten und erhöhte Porosität sowie eine damit verbundene Verbesserung der Wasserretention. Der Anteil der Mittelporen, die das pflanzenverfügbare Wasser führen, erhöhte sich seit Versuchsbeginn signifikant (Kahle & Boelcke 2004).

⇒ *Aus ökologischer Sicht spricht vieles für möglichst lange Umtriebszeiten, um einerseits den Düngbedarf gering zu halten und andererseits die positiven Wirkung der ungestörten Bodenentwicklung länger aufrecht zu erhalten.*

3.7 Schlussfolgerungen aus waldbaulicher und naturschutzfachlicher Sicht

Um eine erfolgreiche Flächenanlage auf möglichst naturschutzgerechte Weise zu gewährleisten, sind folgende Punkte zu beachten:

- ◆ Die Baumartenwahl muss den standörtlichen Produktionsbedingungen angepasst werden.
- ◆ Verschiedene Baumarten oder zumindest verschiedene Sorten einer Baumart sollten kombiniert angebaut werden.
- ◆ Bei der Anlage ist auf das Pflügen der Fläche im Herbst aus Gründen des Boden- und Gewässerschutzes möglichst zu verzichten, stattdessen sollte im Frühjahr eine Bodenbearbeitung mit möglichst geringer Intensität durchgeführt werden.
- ◆ Die Form der Unkrautbekämpfung ist auf die Flächenvornutzung und das verwendete Pflanzenmaterial abzustimmen. Auf einen Herbizideinsatz sollte dabei möglichst verzichtet, stattdessen können mechanische Pflegemaßnahmen oder Schutzpflanzendecken angewendet werden. Bei Grünland kann vielfach nur durch den Einsatz von bewurzelten Pflanzen auf chemische Pflegemaßnahmen verzichtet werden.
- ◆ Die Umtriebszeit, Baumarten und Pflanzendichte müssen auf das gewünschte Produktionssortiment und die vorhandenen Erntemöglichkeiten abgestimmt werden. Dabei sind längere Umtriebszeiten aus Umweltsicht zu favorisieren.

4. Bodenökologie

4.1 Positivwirkungen

4.1.1 Extensivierung der Bodenbearbeitung

Im Vergleich zum konventionellen Ackerbau und mit Blick auf den Boden unterscheidet sich der Anbau von Agrarholz im Wesentlichen in drei Punkten:

- ◆ Wegfall der laufenden Bodenbearbeitung,
- ◆ weitgehender Verzicht auf Düngemittel,
- ◆ Reduktion des Spritzmitteleinsatzes.

Eine tiefgreifende Bodenbearbeitung mit dem Pflug ist im mehrmaligen Erntezyklus einer standardmäßig angelegten KUP nur einmalig zur Vorbereitung der Pflanzmaßnahmen notwendig. Weitere begleitende Bodenbearbeitungen finden nicht statt. Lediglich im ersten Jahr nach der Begründung wird ein Mulchen zur Eindämmung der krautigen Begleitvegetation empfohlen. Somit erfährt der ehemalige Pflughorizont über viele Jahre eine ausgeprägte Bodenruhe. Die Folge ist, dass sich bodenchemische und bodenphysikalische Strukturen entwickeln, die denen von natürlich gelagerten Waldböden ähneln. Dazu gehört die Ausbildung einer mit organischer Substanz angereicherten humosen Oberbodenschicht. Gleichzeitig bildet sich wegen des fehlenden Pflugeinsatzes ein Tiefengradient hin zum mineralischen Unterboden mit reduzierten Nähr- und Kohlenstoffgehalten. Weiterhin fördert eine zunehmende Aktivität von Regenwürmern und anderen Bodenlebewesen ein kontinuierliches Porensystem, das vor allem den Wasserhaushalt positiv beeinflussen kann (Steigerung der Speicherkapazität, Schutz vor Oberflächenabfluss und Bodenerosion). Zudem steigt die Vielfalt der Lebensräume für Bodenorganismen (vgl. Kap. 4.1.6).

Werden KUP in direkter Folge einer konventionellen Ackernutzung angelegt, so kann i.d.R. davon ausgegangen werden, dass zunächst noch genügend Nährstoffe (und hier vor allem Stickstoff) vorhanden sind, um ein ausreichendes Wachstum und entsprechende Erträge zu erzielen (vgl. Kap. 3.2). Zudem liegt der Nettobedarf an Nährelementen (also der tatsächliche Entzug von Nährelementen mit dem Erntegut) von Kurzumtriebsholz deutlich unter dem von Ackerfrüchten (KUP ca. 10-15 kg; Körnermais geerntet als Ganzpflanze ca. 100-150 kg pro ha und Jahr; siehe dazu u.a. Röhrlich & Ruscher 2004 und www.landwirtschaft-bw.info). Weiterhin wird bei KUP ein Großteil der Nährstoffe durch geschlossene Kreisläufe im System gehalten, d.h. die nährstoffreichsten Bestandteile der Bäume wie z.B. Blätter oder rindenreiches Astmaterial verbleiben nach dem herbsthlichen Blattfall bzw. nach einer Ernte im Bestand. Nach der Zersetzung des Streumaterials stehen die darin enthaltenen Nährstoffe dem folgenden Aufwuchs wieder zur Verfügung. Auf ärmeren oder bereits an Stickstoff und anderen Nährstoffen abgereicherten Standorten (u.a. Bergbaufolgelandschaften, ältere Brachen) kann eine Düngung zur ausreichenden Blattversorgung der KUP notwendig sein (vgl. Boelcke 2006). Gleichzeitig können unter bestimmten Standortbedingungen insbesondere bei Weide mittels N-Düngungsmaßnahmen deutliche Ertragssteigerungen erzielt werden (siehe dazu u.a. Hofmann-Schielle et al. 1999). Allerdings weisen allein die oben gegebenen Zahlen zum Nettoentzug an Stickstoff auf den deutlich geringeren Gesamtbedarf an Düngemitteln im Vergleich zu konventionellen Ackerfrüchten.

⇒ *Aus Sicht der Nährstoffversorgung und im Vergleich zum konventionellen Ackerbau können Kurzumtriebsplantagen als weitgehend extensive Form der Landbewirtschaftung bezeichnet werden.*

Spritzmittel kommen beim Betrieb von KUP i.d.R. nur einmalig zum Einsatz, nämlich zur Herrichtung einer krautfreien Ackerfläche mittels Total- oder Auflaufherbiziden vor der Anpflanzung bzw. dem vorbereitenden Pflügen (vgl. Kap. 3.5). Der Einsatz von weiteren Pestiziden (Insektizide, Fungizide) zur Sicherung des Auf-



wuchses ist nach den bisherigen Erfahrungen nicht notwendig und allein aus technischen Gründen schwierig und kostenintensiv. Damit kann auch aus Sicht des Bodenwasserschutzes und im Vergleich zum Pestizideinsatz im konventionellen Ackerbau der Betrieb von KUP als eher extensiv bezeichnet werden.

⇒ *Unklar bleibt jedoch bisher 1) was geschieht, wenn sehr großflächig mit einheitlichen Klonen gearbeitet wird, 2) welche der zu erwartenden klimatischen Veränderungen Schädigungen ggf. positiv beeinflussen, 3) ob eine langjährige Nutzung möglicherweise die Ausbreitung von Schädlingen fördert.*

Hier besteht noch ein erhebliches Defizit an praktischen Erfahrungen und ein großer Forschungsbedarf, insbesondere was neue Züchtungen und die Sortenwahl betrifft.

4.1.2 Erhöhte Bindung von Hauptnährelementen sowie Schad- und Spurenstoffen

Klassisches Gebiet der so genannten „Bio- oder Phytoremediation“ ist die Behandlung von belasteten Sonderstandorten (ehemalige Deponien, kontaminierte Flussauen, Bergbaulagerstätten etc.) mit Pflanzen, die Schad- und Spurenstoffe in ihrem Gewebe akkumulieren, ohne dass sie dabei selber Schaden nehmen. Über eine gezielte Ernte und Entsorgung können dann die unerwünschten Stoffe dem jeweiligen Standort bzw. dem biologischen Kreislauf entzogen werden.

Die Erkenntnis, dass bestimmte Pflanzen wie Weiden und Pappeln in der Lage sind, relativ hohe Raten an Schwermetallen zu akkumulieren, ist recht alt (siehe z.B. Landberg & Greger 1994, Salt et al. 1995, Brooks 1998, Raskin & Ensly 1999). Sie wird durch neuere Arbeiten immer wieder bestätigt (Robinson et al. 2000, Klang-Westin & Perttu 2002, Röhrich et al. 2002, Scholz et al. 2004).

Eine erhöhte Nähr- oder Schadstoffbindung kann insbesondere dann erwünscht sein, wenn z.B. durch eine deutliche Änderung der Landnutzungs- oder Bewirtschaftungsform biogeochemische Gleichgewichte verändert und dadurch vermehrt Nähr- oder Schadstoffpools im Boden freigesetzt und an Nachbarsysteme (Gewässer, Luft/ Atmosphäre, Biosphäre) abgegeben werden. Ein Beispiel ist die Aufgabe bzw. Umwandlung von ehemals intensiv bewirtschafteten Ackerflächen auf leichten Standorten. Durch den Wegfall des i.d.R. hohen Kalkeinsatzes einerseits und die fehlende Wurzel Aufnahme andererseits kommt es relativ kurzfristig zur deutlichen Absenkung des pH-Werts im Oberboden, zur pH-bedingten Freisetzung von Spurenstoffen (z.B. Cd) und zur schubartigen Auswaschung der zunächst noch im Boden vorhandenen und leicht verfügbaren Hauptnährstoffe an Stickstoff, Phosphor oder Kalium. Gleichzeitig wird oftmals vermehrt gelöster organischer Kohlenstoff ausgewaschen, was bedeuten kann, dass die daran gebundenen Schwermetalle (z.B. Cu, Pb, Cr) und sonstige Schadstoffe mit ausgetragen werden.

4.1.2.1 Bindung von Hauptnährelementen

Umfangreiche Daten zur Bindung bzw. zum Entzug von Hauptelementen durch Kurzumtriebsplantagen liegen u.a. aus den Studien von Jug et al. (1999a) und Röhrich et al. (2002) vor. Dabei wird immer wieder deutlich, dass zwei Faktoren maßgeblich die Fähigkeit zur Stoffbindung in Kurzumtriebsplantagen bestimmen: Zum einen gibt es ausgeprägte klon- und elementspezifische Anreicherungen in der Biomasse insgesamt oder speziell in bestimmten Baumkompartimenten (Blättern, Rinde, Holz) von Pappel- und Weidenklonen. Zum anderen bestimmt oftmals allein die Massenleistung des jeweiligen Klons über die tatsächliche Bioakkumulation und damit über die Möglichkeit, überschüssige Nährstoffe zu binden.

Jug et al. (1999a) berichten von mittleren Raten der Nährstoffentzüge durch Erntemaßnahmen (Winterernte ohne Blätter) für einen Weiden-, einen Aspen- und einen Pappelklon unter optimierten Wachstumsbedingungen aufgrund wiederholter Düngungsmaßnahmen. Dabei liegt die Spanne der Nährstoffexporte nach ei-

ner Wachstumsperiode von fünf Jahren an drei unterschiedlichen Standorten (Abbachhof/Bayern, Canstein/Hessen, Wildeshausen/Nieder-sachsen) für Stickstoff (N) zwischen 90 bis 270 kg, für Phosphor (P) zwischen 15 und 45 kg, für Kalium (K) bei 30 bis 180 kg, für Kalzium (Ca) zwischen 55 und 350 kg und für Magnesium (Mg) bei 5 bis 25 kg pro ha. Insgesamt zeigte in dieser Studie der Weidenklon (*Salix viminalis*) die vergleichsweise höchsten Bindungs- bzw. Exportraten für zusätzlich durch die Düngungsmaßnahmen eingetragenen Stickstoff und Phosphor (270 kg N bzw. 45 kg P; Standort Canstein). Der Aspen- und Pappelkron reagierte insgesamt nicht mit erhöhten Bindungs- bzw. Exportraten auf die Düngungsmaßnahmen.

Ebenso dokumentieren Arbeiten von Berthelot et al. (2000) für die dort untersuchten Pappelklone Beaupré und Raspalje auf ehemals feuchtem Grasland in der Normandie und bei einer relativ hohen Biomasseleistung von jährlich 9-11 t/ha Trockenmasse hohe Bindungspotenziale für die Hauptnährstoffe N und P (N = 73-92, P = 15 kg/ha/a). Entsprechend hoch fallen auch die von den Autoren kalkulierten Nährstoffentzüge durch die Ernte aus. Dabei wird unterschieden, ob die gesamte oberirdische Biomasse (incl. Blättern; Entzug N = 206, P = 47 kg in 8 Jahren) oder nur das Stammholz mit einem Durchmesser von über 4 cm (Entzug N = 125, P = 33 kg in 8 Jahren) bzw. über 7 cm (Entzug N = 112, P = 28 kg in 8 Jahren) geerntet wird. Interessant ist, dass bei der Ganzbaumernte nur ca. 30 % mehr an Biomasseentzug, aber rund 84 % mehr an N und 68 % mehr an P dem System entzogen werden. Aus Sicht eines optimierten Nährstoffmanagements, d.h. einer möglichst hohen Biomasseleistung bei möglichst geringen Verlusten bzw. optimaler Ausnutzung der Nährstoffe, empfehlen die Autoren daher nur die Ernte der Stammklasse unter 7 cm.

Aus Sicht des Naturschutzes bzw. bei Hinweisen, dass an einem Standort unerwünschte Eutrophierungen z.B. durch einen Überschuss an Düngemittelresten oder sonstigen Einträgen vorliegen, könnte die Bewirtschaftungsempfehlung jedoch auch zu Gunsten der Variante „Ganzbaumernte“ ausfallen. Diese Variante würde nach den oben geschilderten Daten von Berthelot et al. (2000) bei einem signifikanten Mehrgewinn an Biomasse (+30 %) zusätzlich zur De-Eutrophierung des Standortes beitragen. Dabei wären nach den zusätzlichen Angaben von Berthelot et al. (2000) weiterhin genügend Gesamtvorräte an P und N im Boden, um langfristig auch den eigentlichen Zweck dieser Landwirtschaft zu erreichen, nämlich die Erzeugung von nachwachsenden Rohstoffen mittels Kurzumtrieb mit einem Leistungsprofil von jährlich rund 10 t/ha TM.

Aronsson et al. (2000) beschreiben das Bindungspotenzial für N aus zusätzlicher Düngung (bis zu 153 kg N kg/ha/a) plus Beregnung für Anbauten mit verschiedenen Weidenklonen im Südwesten von Schweden aus Sicht einer möglichen Belastungen des Sickerwassers mit Nitrat und Ammonium. Dabei traten lediglich im ersten Jahr nach der Begründung (1991) kurzfristig höhere Nitratgehalte von mehr als 10 mg NO₃-N/l auf. Auch die Ammoniumkonzentration zeigte unmittelbar nach der Begründung und nach der zweiten Ernte (1996/97) erhöhte Konzentrationen. Im weiteren Verlauf lagen jedoch die Konzentrationen beider N-Komponenten auf einem niedrigen Niveau, d.h. selten über 0,5 mg NO₃- bzw. NH₄-N/l und damit z.T. sogar unter den Vergleichswerten der bewaldeten Referenzfläche.

Folglich schließen Aronsson et al. (2000), dass selbst unter den für eine Auswaschung potenziell günstigen Bedingungen (852 mm Jahresniederschlag, leichte Sande mit nur 1,5 % organ. Bodensubstanz, pH 5,8) nur mit einer geringen bis moderaten zusätzlichen Belastung des Grundwassers durch den mit Düngung und Beregnung intensivierten Anbau von Weide im Kurzumtrieb zu rechnen ist. Es wird allerdings betont, dass es insbesondere in der Anfangs- bzw. Aufbauphase von derartigen Plantagen durchaus zur schubartigen Mobilisierung und Auswaschung von leichtlöslichen N-Komponenten kommen kann.

⇒ *Damit bestätigen sich auch die Befunde von de Maré (1995) bzw. Bergström & Johansson (1992), dass 1) durch Kurzumtriebsplantagen im Vergleich zu benachbarten Feldern nur ca. ein Drittel bis ein Zehntel an Nitrat an das Grundwasser abgegeben wird und dass 2) die Nitratauswaschung insgesamt eine eher untergeordnete Rolle beim Anbau von Weide im Kurzumtrieb spielt.*



Eine Reihe weiterer Arbeiten, insbesondere aus Schweden, liefern spezielle Ansätze und Ergebnisse zum hohen Nährstoffbindungspotenzial und daher zum Einsatz speziell von Weide im Kurzumtrieb als Filter für kommunale Abwässer (u.a. Perttu & Kowalik 1997, Elowson, 1999, Aronsson & Bergström 2001, Mirck et al. 2005, Börjesson & Berndes 2005). Dabei wurden mittels Beregnung von leicht vorgeklärten Abwässern bei Nitratgehalten von bis zu 17 mg NO₃-N/l z.T. sehr hohe Raten an N ausgebracht (185 kg N kg/ha/a), die zu sehr hohen N-Blattgehalten (bis 47 mg N/kg TM), aber auch zu sehr hohen Biomasseleistungen von 19-22 t/ha an Trockenmasse geführt haben (Elowson 1999). Auch in diesem Zusammenhang betonen Aronsson & Bergström (2001) die Gefahr einer z.T. sehr hohen anfänglichen Auswaschungsrate von Nitrat, besonders im ersten Jahr nach der Anpflanzung (je nach Bodentyp, 140 bis > 300 kg N kg/ha/a), allerdings auch den starken Rückgang der Nitratauswaschung im dritten Jahr auf 1-3 kg/ha pro Jahr. Insgesamt wird auf ein N-Bindungspotenzial von 160-190 kg N/ha geschlossen, das ohne substantiellen Nitratverlust über die Ausbringung von Abwässern genutzt werden kann. Dabei haben sowohl die zwischenzeitliche Ernte nach der zweiten Vegetationsperiode als auch die Beregnungsrate keinen wesentlichen Einfluss auf den Nitrataustrag.

4.1.2.2 Bindung von Schadstoffen und Spurenelementen

Auch für Schwermetalle und Spurenelemente wie z.B. Cd, Pb, Cu, Cl und B zeigen sich nach den Untersuchungen von Röhricht et al. (2002) klonspezifische Anreicherungsmuster. Dagegen liegt die Konzentration von Quecksilber bei allen sieben getesteten Weiden- und Pappelklonen gleichermaßen unter 0,1 mg/kg. Die entsprechenden Entzüge durch Ernte sind wiederum stark an die Biomasseleistung gekoppelt und betragen nach den Daten von Röhricht et al. (2002) nach einem zweijährigen Umtrieb maximal: Cd = 13,0; Pb = 58,2; Cu = 84,2; B = 317; Hg = 2,7 g/ha. Insgesamt betonen die Autoren, dass besonders die Weidenklone mit längeren Umtriebszeiten zur Dekontamination von mit Schwermetallen und Spurenstoffen angereicherten Böden genutzt werden können. In diesem Zusammenhang wird auch auf den im Vergleich zu Stroh und Getreidepflanzen aus unbelasteten Böden relativ hohen Bleigehalt des Ernteguts von KUP hingewiesen. Dieser nimmt allerdings nach den Angaben von Röhricht et al. (2002) mit zunehmender Rotationsdauer wieder ab. Die besondere Rolle von Weidenkurzumtriebsplantagen als Filter für belastete Wässer und unter dem Gesichtspunkt von Hygieneaspekten betonen auch bereits Elowson (1999) und Perttu (1999).

Von achtfach höheren Cd-Konzentrationen im Hackgut von Pappel im Vergleich zu Fichte, Weizenstroh, Heu, Triticale und Rapspresskuchen - und damit indirekt von einer entsprechend hohen Bindungsraten für Cd durch Pappelanbau - berichten auch Hartmann et al. (2000) im Rahmen einer Studie zu Verbrennungsversuchen mit biogenen Festbrennstoffen. Dabei liegen die Gehalte anderer Schwermetalle des Pappelhackguts auf einem vergleichbaren Niveau (As, Co, Cu, Hg, Pb, Zn) oder sogar deutlich unter den Werten der anderen Biomassebrennstoffe (Cr, Mn, Mo, Ni).

⇒ *Kurzumtriebsplantagen, insbesondere mit Weide, können somit dazu beitragen, eutrophierte oder auch anderweitig kontaminierte Standorte zu dekontaminieren.*

4.1.3 N₂O-Emissionen aus Kurzumtriebsplantagen

Lachgas (Distickstoffmonoxid, N₂O) ist ein atmosphärisches Spurengas mit einem Klimapotenzial, das 310-mal so groß ist wie das von Kohlendioxid. N₂O trägt derzeit mit 11 % zum anthropogen bedingten Treibhauseffekt bei (IPCC 2007) und wird primär durch mikrobielle Abbauprozesse von N-Verbindungen aus Böden freigesetzt. Je Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche werden im Schnitt ca. 1 kg N₂O pro Jahr freigesetzt, wobei die Spannweite der Emission insbesondere je nach Art der Flächenbewirtschaftung stark schwanken kann (Haber 2002).

Zu N_2O -Freisetzungsraten in Kurzumtriebsplantagen liegen derzeit nur wenige Untersuchungen vor. So beschreiben Flessa et al. (1998) bzw. Teepe (1999) Ergebnisse aus einem Anbauversuch mit Pappel am Standort Canstein bei Bad Arolsen (Nordwesthessisches Bergland, vorherrschender Bodentyp: Pseudogley-Braunerde aus Löss über Buntsandsteinmaterial). Berücksichtigt wurden für die Pappel zwei verschiedene Umtriebszeiten (5 und 10 Jahre) und eine N-Düngevariante mit 100 kg N pro Jahr als Kalkammonsalpeter für die fünfjährige Anbauvariante. Die Ergebnisse wurden verglichen mit N_2O -Freisetzungsraten aus einem konventionell bewirtschafteten Rapsacker (Fruchtfolge: Wintergerste/Winterraps/Winterweizen), einem Eichenjungbestand (Alter 32) und einer zehnjährigen Brachfläche.

Die Ergebnisse zeigen folgende Rangfolge der wöchentlich gemessenen und zu Jahresraten akkumulierten Emissionen (Werte in Klammern = kg N_2O -N/ha/a für die Zeit April 1996 - März 1997; aus Teepe 1999):

Brache (2,53 kg) > Raps (2,30 kg) > Eiche (0,96 kg) > Pappel/10Jahre (0,48 kg) > Pappel/5Jahre+N-Düngung (0,46 kg) > Pappel/5Jahre (0,21 kg).

Dabei wird die besondere Rolle der Brache betont, die trotz fehlender N-Düngung, einer Nichtbearbeitung von ca. zehn Jahren und gleicher Ausgangsbedingungen eine den Ackerflächen vergleichbare N_2O -Emissionsrate aufweist. Als Ursache wird vermutet, dass die starke Vergrasung die N_2O -Freisetzung fördert. Weiterhin wird über die saisonale Betrachtung der Ergebnisse verdeutlicht, dass mehr als die Hälfte der N_2O -Jahresemissionen im Winterhalbjahr durch Frost-Tau-Zyklen erzeugt werden kann (Winter 1995/96, Raps = 3,0 kg, Winter 1996/97 = 0,26), so dass insbesondere dem Wetterverlauf im Winterhalbjahr eine besondere Bedeutung bei der N_2O -Freisetzung aus landwirtschaftlichen Flächen zukommt. Insgesamt zeigen die Ergebnisse jedoch eindeutig, dass der Anbau von Pappel im Kurzumtrieb signifikant zur Verringerung der Lachgas-Emissionen aus landwirtschaftlichen Nutzböden beitragen kann. Dabei scheint die kürzere Umtriebszeit mit fünf Jahren die Emissionsraten bei Pappel noch einmal zu mindern. Auch unter der für Bäume ungewöhnlich hohen und eigentlich nicht notwendigen N-Düngung lagen die N_2O -Emissionen immer noch um den Faktor 4-5 unter den Vergleichswerten aus der Brach- und Ackerfläche.

⇒ *Die relativ hohen N_2O -Emissionsraten aus der Brachfläche lassen den Schluss zu, dass zumindest aus Klimaschutzgründen die Anlage von Kurzumtriebsplantagen auf derartigen Flächen gefördert werden sollte.*

Insgesamt zeigt die Pappelfläche mit fünfjährigem Umtrieb und ohne Düngung nach den Auswertungen von Teepe (1999) die deutlich beste Klimabilanz. Ausgedrückt in CO_2 -Äquivalenten (kg CO_2 /ha/a) und unter Berücksichtigung der Freisetzung von Klimagasen aus Treibstoff, Düngung (incl. Herstellung) und Pflanzenschutzmitteln setzt die Pappelfläche lediglich 108 kg CO_2 pro ha und Jahr frei. Danach folgen die Varianten Pappel im zehnjährigen Umtrieb (319 kg), der Eichenwald (395 kg), die Brachfläche (1171 kg), die Pappel im fünfjährigen Umtrieb mit N-Düngung (1179 kg) und der Raps (3297 kg). Der prozentuale Anteil des N_2O (incl. Herstellung) an der Variante Pappel im fünfjährigen Umtrieb mit N-Düngung beträgt 43 % und damit nahezu gleich viel wie beim Raps (54 %).

Eine Studie von Hellebrand et al. (2003) beschreibt N_2O -Emissionsraten für drei verschiedene Pappelklone und einen Weidenklon im Rahmen eines systematisch angelegten Blockversuchs im Nordwesten Potsdams (schwachlehmige, schwachhumose Sande; siehe dazu auch Scholz et al. 2004), im Vergleich zu anderen Energiepflanzen (u.a. Roggen, Raps, Knäuelgras) und ebenfalls mit N-Düngevarianten (75 und 150 kg N/ha in 3 Jahren). Der Beobachtungszeitraum umfasst die Jahre 1999-2001. Insgesamt zeigen sich für die ungedüngten Varianten vergleichsweise geringe N_2O -Emissionsraten, jedoch für Weide und Pappel tendenziell wiederum die niedrigsten Freisetzungen (Werte in Klammern = kg N_2O -N/ha als Mittel von 1999-2001, Raps nur 2000, Roggen nur 1999 u. 2001; aus Hellebrand 2003):

Raps (1,11 kg) > Knäuelgras (1,04 kg) > Roggen (0,66 kg) > Pappel (0,56 kg) > Weide (0,46 kg).



Für die gedüngten Varianten (+ 150 kg N) ergibt sich eine klarere Abstufung mit folgender Reihung:
Raps (3,89 kg) > Roggen (1,59 kg) > Knäuelgras (1,24 kg) > Pappel (1,09 kg) ≥ Weide (1,05 kg).

Die durch die N-Düngung verursachte Mehremission an N_2O liegt um den Faktor 3,5 (Raps) bis 1,2 (Knäuelgras) höher. Die Weide (Faktor 1,9) reagiert auf die Düngung weniger als die Pappel und der Roggen (beide Faktor 2,4). Die Freisetzung von N_2O aus Brach- oder Nullflächen wurde in dieser Studie nicht erfasst.

⇒ *Die bisher vorliegenden Messdaten weisen eindeutig darauf hin, dass Kurzumtriebsplantagen im Vergleich zu anderen Energiepflanzen sowie Brachflächen zur deutlichen Minderung der Lachgas-Freisetzung beitragen kann.*

4.1.4 Erhöhte C-Bindung und Humusbildung

Im Vergleich zu vielen landwirtschaftlichen Kulturen zeichnen sich Kurzumtriebsplantagen besonders dadurch aus, dass die in der Vegetationszeit gebildete Blattmasse i.d.R. nicht entnommen, sondern über den herbstlichen Laubfall dem Boden direkt zugeführt wird. Dies gilt selbst im Jahr der Ernte. Nach allen vorliegenden Anbauempfehlungen soll diese immer außerhalb der Vegetationszeit liegen, so dass selbst die unmittelbar vorher gebildete Laubstreu immer im Bestand verbleiben kann. Ähnliches gilt auch für die so genannte Wurzelstreu. Absterbende Wurzeln werden nicht durch Bodenbearbeitungsmaßnahmen wie das Pflügen nach der jährlichen Ernte einer erhöhten Zersetzung ausgesetzt, sondern verbleiben vor Ort und tragen damit potenziell zur lokalen Anreicherung von Kohlenstoff im Mineralboden bei. Lediglich die Wiederherstellung des Ausgangszustands, d.h. die Rückwandlung der Agrarholzfläche in eine Ackerfläche, kann durch das Roden der Wurzelstöcke und über entsprechende Mineralisationsschübe und erhöhte CO_2 -Freisetzungsraten zu großen Verlusten an Kohlenstoff im Boden führen.

Die Trockenmasse, die allein über die oberirdische Blattstreu dem Boden jährlich zugeführt wird, liegt in älteren Agrarholzplantagen bei bis zu 5-6 Tonnen pro Hektar und Jahr (siehe dazu u.a. Meiresonne et al. 2007, Lamersdorf & Knust 2008). Bei einem Kohlenstoffanteil von ca. 50 % beträgt der C-Eintrag somit jährlich rund 3 t/ha. Dies entspricht etwa 10 % der Menge an organisch gebundenem Kohlenstoff (C_{org}), die im Oberboden (0-10 cm Bodentiefe) eines Ackerstandorts mit einem C-Gehalt von 3 % gespeichert ist (30 t/ha). Geht man weiter davon aus, dass von den 3 t Streueintrag pro Hektar und Jahr nur etwa ein Drittel in Form von organischem C im Boden festgelegt wird (also 1 t/ha) und der Rest als CO_2 entweicht, so müsste sich der C-Gehalt einer Kurzumtriebsplantage allein im Oberboden im Laufe von zehn Jahren um ca. 30 % erhöhen. Angaben zu Aufforstungsprojekten von Ackerflächen (vgl. Grigal & Berguson 1998) und neuere Daten mit wiederholten C-Analysen in KUP-Böden bestätigen diese Größenordnung. So steigt nach Kahle & Hildebrandt (2006) auf Versuchflächen mit verschiedenen Pappel- und Weidenklonen in Mecklenburg-Vorpommern der organische C-Gehalt im Oberboden von 0,73 % innerhalb von sechs Jahren (1993-1999) auf signifikant erhöhte 1,03 % (+ 41 %; Standort Gülzow). Am Nachbarstandort Vipperow wurde für den Zeitraum 1993 bis 2000 ein signifikanter Anstieg von +32 % festgestellt (0,77 % auf 1,02 %). Auffallend dabei ist, dass bis zum nächsten Analysetermin im Jahr 2005 für beide Untersuchungsstandorte keine weitere C-Akkumulation mehr stattgefunden hat. Beide Standorte verbleiben in ihrem C-Gehalt auf dem bereits nach sechs bzw. sieben Jahren erhöhtem Niveau. Auf Grundlage dieser Daten und unter Berücksichtigung sonstiger bodenkundlicher Daten (Lagerungsdichte) kommen Meyer-Marquart & Feldwisch (2006) zu maximalen C-Anreicherungsraten von jährlich ca. 0,8-1,4 t/ha für die Standorte in Mecklenburg-Vorpommern. Die abnehmende Akkumulation von C nach einer ersten Aufbauphase, die insgesamt je nach Randbedingungen (Klima, Standort, Art der Bewirtschaftung) mehrere Jahrzehnte andauern kann, wird mit der Einstellung eines neuen Gleichgewichts beschrieben. Ist dieses Gleichgewicht erreicht, findet keine weitere Netto-C-Akkumulation mehr statt.

Auch Jug et al. (1999b) berichten von einer deutlichen Zunahme der organischen C-Gehalte (C_{org}) von Oberböden dreier ehemaliger Ackerstandorte (Abbachhof/Bayern, Canstein/Hessen, Wildeshausen/Niedersachsen) neun bzw. sieben (Wildeshausen) Jahre nach Anpflanzung mit Pappel und Weide. Dabei stiegen die C_{org} -Gehalte in 0-5 bzw. 5-10 cm Bodentiefe um ca. 0,5 bis 1 % (Abbachhof). In tieferen Bodenhorizonten (20-30 cm) kam es zu keiner (Wildeshausen) bzw. zu einer leichten Abnahme der C_{org} -Gehalte (Abbachhof, Canstein, je ca. -0,25 %). Bilanzbetrachtungen von Jug et al. (1999b) für den Standort Abbachhof ergaben, dass es bei relativ geringen Ausgangsgehalten an C_{org} (1,0 %) und damit entsprechend niedrigen Ausgangsvorräten im gesamten Oberboden (35 t/ha in 0-30 cm Bodentiefe) nach neun Jahren insgesamt zu einer Steigerung der C_{org} -Vorräte von ca. 20 % gekommen ist. Diese Anreicherung fand vor allem in den Tiefenstufen 0-5 und 5-10 cm statt, in 20-30 cm Bodentiefe kam es zu Verlusten von ca. 1-2 t C_{org} . Für die Standorte Canstein und Wildeshausen wurden neun bzw. sieben Jahre nach der Bestandsetablierung keine signifikanten Verschiebungen der C_{org} -Vorräte im gesamten Oberboden ermittelt (Jug et al. 1999b).

Von eher gleichbleibenden oder sogar anfänglich abnehmenden Kohlenstoffgehalten im Oberboden vier Jahre nach dem Anbau verschiedener Pappel- und Weidenklone berichtet auch Wolf (2004). So lagen die mittleren Ausgangswerte für die Bodentiefe 0-30 cm zu Beginn der Untersuchungen (1999) für fünf unterschiedliche Versuchsstandorte in Sachsen im Bereich von 1,1 bis 3,2 % C_{org} . Vier Jahre später (2003) lagen die Werte mit gleicher Rangfolge in einer nahezu identischen Spanne, nämlich zwischen 0,9 und 3,2 %. Abnehmende Humus- bzw. Kohlenstoffgehalte in den ersten Jahren nach einer Flächenetablierung werden von Wolf (2004) in Übereinstimmung mit älteren Arbeiten von Stetter & Makenschin (1997) und Jug et al. (1999b) als Folge einer zunächst erhöhten Mineralisation von leicht abbaubaren Ernterückständen aus der ehemaligen landwirtschaftlichen Nutzung erklärt. Mit zunehmender Dauer des Agrarholzanbaus ist jedoch mit einer Zunahme der Humus- und Kohlenstoffgehalte in den obersten Bodenhorizonten zu rechnen.

⇒ *Generell kann die durch den Anbau von Agrarholz initiierte zusätzliche Bindung von Kohlenstoff im Mineralboden zunächst nur als temporäre Senke angesehen werden. Bisher liegen keine weitergehenden Untersuchungen über die tatsächliche Art und Qualität der erhöhten C-Bindung unter Kurzumtriebsplantagen vor.*

Hier besteht eindeutiger Forschungsbedarf. Es muss davon ausgegangen werden, dass nur gewisse Anteile der oben beschriebenen C-Bindungsraten dauerhaft im Boden verbleiben. Die Art der Folgenutzung und Weiterbewirtschaftung, wie z.B. die Rückführung in eine reine Ackerfläche durch Rodung der Wurzelstöcke oder die Überführung in eine weniger intensive landwirtschaftliche Nutzungsform (z.B. als Agroforstsystem mit reduziertem Baumbestand und Nutzung als Weide oder Acker), dürfte über den tatsächlichen Netto-Gewinn der Bodenkohlenstoff-Speicherung entscheiden.

⇒ *Untersuchungen zum Anbau von KUP auf Grünlandflächen weisen auf anfängliche Kohlenstoffverluste in Höhe von mehr als 10 t/ha hin, die allein durch die pflügende Flächenvorbereitung entstehen (Jug et al. 1999b). In der Gesamtbilanz kann damit die zusätzliche C-Speicherung im Boden, die sich aus dem laufenden Betrieb einer Kurzumtriebsplantage ergibt, vollständig rückgängig gemacht werden. Möglicherweise entstehen durch eine nachlaufende Bodenbearbeitung (Rückführung der Fläche in Ackerland) zusätzliche Verluste an C_{org} .*

4.1.5 Erosionsschutz

Ackerflächen sind nach der jährlichen Bodenbearbeitung und besonders in geneigtem Gelände immer wieder von Oberflächenerosion betroffen. Dies trifft für KUP in der Form nicht zu. Hier besteht eine Erosionsgefahr nur einmalig während der Flächenanlage und dem damit verbundenen Pflügen und Eggen. Nach dem Setzen



der Steckhölzer entwickelt sich meist innerhalb von wenigen Wochen eine üppige Bodenvegetation, die den Oberboden vor Abtrag schützt. Auch dass anschließende Mulchen zur Förderung der Konkurrenzkraft der Stecklinge führt nicht zur Erosion von Bodenmaterial, da das zerkleinerte Pflanzenmaterial auf der Fläche verbleibt und somit den Oberflächenabfluss abbremst.

⇒ *KUP bilden damit eine ausgezeichnete Möglichkeit, erosionsgefährdete Ackerstandorte langfristig vor dem Verlust an wertvoller Bodensubstanz zu schützen.*

Zu beachten ist lediglich, dass bei der Anlage und Ernte von KUP die Fahrlinien der Maschinen möglichst hangparallel angelegt werden. So kann vermieden werden, dass sich die Fahrspuren bei Starkregenereignissen zu Abflusskanälen und Erosionsrinnen entwickeln.

4.1.6 Intensivierung des Bodenlebens

Die Intensität des Bodenlebens wird wesentlich bestimmt von Art und Umfang der angelieferten Streustoffe. Im Ackerbau sind dies meist leicht zersetzbare Ernterückstände, die durch den Pflug gleich nach der Ernte gut in die oberen Dezimeter des Mineralbodens eingearbeitet werden. Waldbäume dagegen liefern in Form von Blättern und Nadeln eine eher schwer zersetzbare Streu. Abgesehen von günstigen Ausgangsbedingungen (z.B. Kalkbuchenwald) kommt es zur Anreicherung dieser Streu in einer organischen Humusaufgabe und nur zu einer relativ geringen Einarbeitung in tiefere Mineralbodenschichten.

Werden auf Ackerflächen Kurzumtriebsplantagen angelegt, so nimmt die mikrobielle Aktivität und die Anreicherung von organischem Kohlenstoff aufgrund der fehlenden Ernterückstände vor allem in tieferen Mineralbodenhorizonten zunächst ab (Stetter & Makeschin 1997, Wolf 2004). Mit zunehmendem Alter einer KUP und der fehlenden Bodenbearbeitung reichert sich jedoch über den jährlichen Streufall wieder zunehmend organisches Material im Oberboden an, was sich zum einen durch ansteigende C-Gehalte in den obersten Mineralbodenhorizonten zeigt (Jug et al. 1999b). Zum anderen kommt es zur Veränderung von bodenphysikalischen Parametern wie z.B. eine Abnahme der Lagerungsdichte und eine Zunahme des Grobporenvolumens, was letztlich eine Steigerung des Wasserrückhaltevermögens bewirkt.

Maßgeblich beteiligt an der Veränderung der Bodenstrukturen sind Bodenlebewesen wie z.B. Regenwürmer. So berichten Makeschin et al. (1989) von einer signifikanten Zunahme der Individuendichte epigäischer (an der Bodenoberfläche lebender) Regenwürmer bereits drei Jahre nach der Anlage von Kurzumtriebsplantagen im Vergleich zur ackerbaulichen Ausgangssituation. Dabei zeigte die Weidenfläche deutlich höhere Individuendichten als die Pappelfläche. Insgesamt scheint primär der Wegfall der mechanischen Bodenbearbeitung zu einer erhöhten Besiedlungsdichte geführt zu haben. Zudem wird eine Wiederbesiedlung durch Regenwürmer in KUP begünstigt durch die veränderte Art der Nahrungsnachlieferung. Zum einen verbleibt die herbstliche Blattstreu länger als der ackerbauliche Ernterückstand an einem Punkt, Streustoffe können also anhaltender von den Regenwürmern verarbeitet werden. Zum anderen ist die Bodenmakrofauna insgesamt durch die am Boden liegende Blattschicht besser vor möglichen Räubern wie z.B. Vögel geschützt. Durch den vermehrten Ausbau von Besiedlungsräumen und Nahrungsressourcen für Regenwürmer intensiviert sich zudem auch das Leben der Bodenmikrofauna (z.B. Bakterien, Rädertierchen, Nematoden). Dies wirkt wiederum deutlich positiv auf die Zersetzungsleistung und fördert somit insgesamt die Nachlieferung und interne Zirkulation von Nährstoffen. Unsicher ist jedoch, wie nachhaltig die zunächst positiven Auswirkungen von Kurzumtriebsplantagen auf die Bodenmakro- und -mikrobiologie sind. Dabei gilt es z.B. zu klären, wie sich mehrfach wiederholte Erntemaßnahmen und die immer wiederkehrende, deutliche Freilage mit veränderten Klima- und Lichtverhältnissen auswirken oder was passiert, wenn KUP in Ackerflächen rückgeführt werden. Hier sind vor allem grundlagenorientierte Erkenntnisse gefragt, um eine abschließende ökologische Bewertung vornehmen zu können.

4.2 Negativwirkungen

4.2.1 Schubartige Freisetzung von Nährstoffen

Die Anlage von Kurzumtriebsplantagen ist i.d.R. mit einer vorbereitenden Bodenbearbeitung verbunden (siehe dazu auch Kap. 3.1). Aus ökologischer Sicht ist jede Form der Bodenvor- (Pestizideinsatz) bzw. ackerbaulichen Nachbehandlung mit einer Störung des Nährstoffregimes verbunden. Durch den Einsatz eines Totalherbizids kann z.B. die krautige Vegetation schlagartig kein Wasser mit den darin enthaltenen Nährstoffen mehr aufnehmen. Das anschließende Pflügen belüftet den Boden und arbeitet das im Oberboden akkumulierte organische Material in tiefere Schichten ein. Insgesamt kommt es zu einer mehr oder weniger schubartigen Mineralisation mit anschließender Freisetzung bzw. Auswaschung von Nähr- und ggf. Schadstoffen. Gleichzeitig wird vor allem durch das Pflügen relativ viel CO_2 freigesetzt (Smith et al. 1998). Ein markantes Beispiel für eine schubartige Freisetzung von mineralischem Stickstoff ($N_{\min} = \text{NH}_4 + \text{NO}_3$) für intensiv ackerbaulich bzw. als Grasland genutzte Flächen zeigen Jug et al. (1999b) im direkten Vergleich zum Anbau mit Pappel. Bei diesem Fall pulsiert der für 1 m Bodentiefe analysierte Vorrat an mineralischem Stickstoff auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen über die gesamten Beobachtungsjahre (1989 bis 1996) je nach Zeitpunkt der Bodenbearbeitung, der Ausbringung der Gülle und der Vegetationsphase zwischen 40 und über 670 kg/ha. Der gemessene N_{\min} -Vorrat liegt damit oftmals weit über dem angegebenen Gesamtbedarf der jeweiligen Kulturen von 80-240 kg/ha. Auch bei den benachbarten Pappelkulturen zeigt sich ein auffälliger Peak der N_{\min} -Vorräte (250-450 kg/ha), allerdings nur auf der ehemaligen Grünlandfläche und nur einmalig, nämlich unmittelbar nach Anlage der Fläche bzw. im ersten Folgejahr. Danach fallen die Vorräte kontinuierlich ab und liegen mit Werten von 25-80 kg/ha auf dem Niveau, das auch für die Pappelkultur auf dem Ackerstandort gemessen wurde. Nitratmessungen im Sickerwasser bestätigen diese Befunde (Makeschin 1994). Bereits in den ersten Jahren nach der Pappelanpflanzung reduziert sich der anfänglich relativ hohe Nitratgehalt unter Pappel deutlich, im Vergleich zur Landwirtschaftsfläche um ca. 50 %. Zur Reduzierung der anfänglichen Nitratpulse nach Anbau mit Pappel schlagen Jug et al. (1999b) den gezielten Einsatz einer N-bindenden Bodenvegetation vor, allerdings nur, wenn dadurch keine Konkurrenz um das Bodenwasser entsteht.

Sehr hohe Anfangsgehalte an Nitrat (30-90 mg $\text{NO}_3\text{-N/l}$) beschreiben auch Mortensen et al. (1998) nach Etablierung von Weiden-KUP auf zwei unterschiedlichen Böden in Dänemark (Grobsand, lehmiger Sand) mit relativ hohen C- und N-Ausgangsgelalten und unter z. T. Verwendung von Düngung und Bewässerung. Aus den Daten wird geschlossen, dass im Jahr der Bestandsetablierung keine N-Düngung vorgenommen werden sollte. Bereits ab dem zweiten Jahr führte allerdings eine N-Düngung von 75 kg/ha zu keinem signifikant erhöhten Nitratgehalt im Sickerwasser. Die Autoren erwägen daher ebenfalls die Möglichkeit eines so genannten „catch croppings“, d.h. die Anpflanzung einer meist einjährigen Frucht in den Zwischenreihen der Weidenkultur zur Minimierung der N-Austräge in den ersten Jahren nach der Bestandsbegründung.

Auch Aronsson et al. (2000) beschreiben anfängliche Nitrat- und Ammoniumpeaks bei Anbauversuchen incl. Düngung und Beregnung mit Weidenklonen im Südwesten von Schweden. Dabei liegen die maximalen Nitratgehalte allerdings nur sehr kurzfristig bei 10-12 mg $\text{NO}_3\text{-N/l}$, und zwar einmalig unmittelbar nach einer N-Düngung im dritten Beobachtungsjahr, bzw. gleich zu Beginn der Bestandsbegründung in abgeschwächtem Ausmaß (1-2 mg $\text{NO}_3\text{-N/l}$). Im weiteren Verlauf der Beobachtungszeit (1989-1997) liegen die Nitratkonzentrationen in 2 und 4 m Bodentiefe immer unter 1 mg $\text{NO}_3\text{-N/l}$. Auch für Ammonium zeigen sich hier sehr kurzfristige Anfangs- und durch die N-Düngung initiierte Peaks, allerdings auch wieder nur mit maximalen Konzentrationen von 1 bis knapp über 4 mg $\text{NH}_4\text{-N/l}$. Insgesamt wird auf die noch fehlende Wurzel Ausbildung zu Beginn der Bestandsetablierung geschlossen.

⇒ Zur Vermeidung von möglichen Grundwasserbelastungen mit Stickstoff sollte gerade die Aufbauphase von Kurzumtriebsplantagen besonders berücksichtigt werden.



Im Abschlussbericht zum Projektvorhaben „StoraEnso – Pappelanbau für die Papierherstellung“ berichtet Wolf (2004) u.a. über die Auswirkungen verschiedener Bodenvorbehandlungen (nur Pflügen/Grubbern, plus Vorauflaufmittel Flexoron, plus Klee, nur Sukzession) auf den Sickerwasseraustrag in 20 und 90 cm Bodentiefe für den sächsischen Versuchsstandort „Methau II“. Dabei ergibt sich im gesamten Untersuchungszeitraum (Mai 2000 bis Oktober 2003) ein deutlich unterschiedliches Bild zu den oben dargestellten Ergebnissen. So wurden hier in 90 cm Bodentiefe mit 10-22 mg NO₃-N/l relativ hohe Anfangsgehalte für alle Varianten gemessen, wobei die Variante „plus Flexoron“ klar im oberen Bereich, die Variante „nur Pflügen/Grubbern“ dagegen im unteren Bereich anzutreffen war. Während die Nitratkonzentrationen für die Variante „plus Flexoron“ im weiteren Verlauf stark rückläufig waren und ab Herbst 2001 bei kontinuierlich 0 lagen, zeigten die Varianten „nur Pflügen/Grubbern“ und „Sukzession“ nach anfänglichen Peaks und Abfall weitere Zwischenpeaks in den Jahren 2001/2001, mit Konzentrationen von 10-15 mg NO₃-N/l.

Anfänglich erhöhte Konzentrationen für andere Hauptnährelemente zeigten sich bei den Untersuchungen von Wolf (2004) nur sehr bedingt. So lagen z.B. lediglich die Phosphatkonzentrationen der Variante „plus Flexoron“ in 20 cm mit 0,3 mg PO₄-P/l leicht über den Vergleichsvarianten. In 90 cm Bodentiefe lagen alle Varianten mit anfänglichen Werten um 0,3 bis 0,5 mg PO₄-P/l über dem im weiteren Verlauf gemessenen Bereich von deutlich unter 0,1 mg PO₄-P/l. Auch Kalium und Kalzium zeigten für alle getesteten Varianten im Oberboden erhöhte Anfangsgehalte (K = 10-25 mg/l; Ca = 40-50 mg/l), wobei die Ca-Konzentrationen insgesamt sprunghaft und schnell auf ein Niveau von deutlich unter 10 mg/l sanken, während sich die Konzentrationen von Kalium zwischen den Varianten eher indifferent verhielten und insgesamt nur relativ wenig abfielen. Ähnliches gilt auch für die ebenfalls von Wolf (2004) dokumentierte Konzentration an Magnesium in der Bodenlösung.

Auch im laufenden DBU-Projekt NOVALIS wurden am Standort Gütersloh anfänglich deutlich erhöhte Nitratgehalte auf einer frisch gepflügten Ackerfläche und unter gefrästem Grünland gefunden. Deutlich niedrigere Nitratgehalte zeigten sich auf der unbehandelten Grünlandfläche (vgl. Kap. 3.1 und Lamersdorf et al. 2008b). Vorläufige Schlussfolgerung ist, dass unter Beibehaltung der Grasnarbe eine anfängliche und schubweise Nitratfreisetzung verhindert werden kann. Nachteilig ist jedoch, dass der Anwuchserfolg für die verwendeten Baumarten gerade im Grünland wegen eines erhöhten Mäusefraßes bis zu 70 % unter dem der Ackervariante lag (Lamersdorf et al. 2008b).

⇒ *Bei der Flächenvorbereitung zur Anlage einer KUP auf Grünland oder Grünbrache muss zwischen dem Risiko einer anfänglich erhöhten Nitratbelastung des Sickerwassers einerseits und Beeinträchtigungen des Bestandswachstums (z.B. durch Mäusefraß) andererseits abgewogen werden.*

4.2.2 Versauerung und Auswaschung von Nährstoffen

Eine ausreichende Kalkversorgung des Bodens ist wichtig für die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit in der Landwirtschaft. Auch wenn der pH-Wert bereits im Optimalbereich liegt, muss regelmäßig nachgekalkt werden, um die unvermeidbaren Verluste (z.B. durch Auswaschung, Eintrag versauernder Substanzen, Pflanzentzug) zu ersetzen (Erhaltungskalkung). Zudem werden so genannte Aufkalkungen zum Erreichen der für das jeweilige Pflanzenwachstum günstigen pH-Werte vorgenommen. Dabei können die Kalkmengen für eine dreijährige Fruchtfolge mit relativ niedrigem Ausgangs-pH (pH 5,0) und bei lehmig-tonigen Bodensubstraten bis annähernd 10 t CaO pro ha reichen (vgl. z.B. die Empfehlungen der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen; www.landwirtschaftskammer.de). Im Gegensatz zum Wald ist bei ackerbaulichen Kulturen i.d.R. ein pH-Niveau von pH > 5 bis 7 erforderlich. Die pH-Werte von Waldböden, mit Ausnahme von Kalkstandorten, liegen im durchwurzelteren Oberboden meist deutlich unter pH 5. Sinkt der pH allerdings deutlich unter

einen Wert von 3,8 bis 4,2, so muss mit einer drastischen Minderung der Basensättigung, der Beeinträchtigung des Wurzelwachstums (Aluminiumtoxizität) und der Störung des Bodenlebens durch Säurestress (u.a. Zersetzungshemmung) gerechnet werden.

Soll eine mehr oder weniger stark aufgekalkte, ehemals landwirtschaftlich genutzte Fläche in eine mit Waldbäumen (Pappel, Weide, Robinie) bestockte Fläche umgewandelt werden, so ist allein zur Ertragssicherung bzw. zur Verbesserung der Wachstumsbedingungen keine weitere Kalkung mehr nötig. In den meisten Fällen werden die Vorräte insbesondere an Ca und Mg aus der Vornutzung ausreichen, um mehrere Anbauzyklen eines Kurzumtriebs quantitativ (Aufrechterhaltung der Nährstoffversorgung) und qualitativ (Beibehaltung eines pH-Niveaus > pH 4,2) zu sichern (vgl. Makeschin et al. 1989, Jug et al. 1999b).

Mögliche qualitative Veränderungen sind allerdings zu erwarten, wenn ärmere, relativ saure Standorte mit geringerem C-Gehalt und vorwiegend sandiger Textur ohne jede weitere Kalkung in KUP umgewandelt werden. Hier muss damit gerechnet werden, dass es innerhalb von wenigen Jahren zu einem deutlichen Abfall der pH-Werte im Oberboden (Pflughorizont) kommen kann. Damit können folgende Prozesse verbunden sein:

1. Die erhöhte Mobilität bzw. Auswaschung von basischen Kationen (K, Ca, Mg),
2. die Mobilisierung bzw. Auswaschung von pH-löslichen Schwermetallen wie z.B. Cd aus der P-Düngung und
3. die Destabilisierung der organischen Bodensubstanz.

Der Prozess der Oberbodenversauerung durch eine aussetzende Kalkzufuhr kann phasenweise noch verstärkt werden durch die Bildung von Nitraten, die bei der schubartigen Mineralisation von Ernte- und Pflanzenrückständen entstehen. Dabei kann es zur zusätzlichen Tiefenverlagerung oder Auswaschung von Nährstoffen und Schwermetallen kommen, was letztlich zum Verlust an Puffersubstanz im Oberboden und/oder zur Belastung des Grundwassers führen kann.

Jug et al. (1999b) berichten von einer signifikanten Abnahme der pH-Werte um ca. 0,5 Einheiten in den ersten 10 cm bzw. im gesamten Oberboden an drei ehemaligen Ackerstandorten (Abbachhof/ Bayern = ABB; Canstein/ Hessen = CAN; Wildeshausen/ Niedersachsen = WIL) neun bzw. sieben (Wildeshausen) Jahre nach Anpflanzung mit Pappel und Weide. Dabei blieb das pH-Niveau (gemessen in H₂O) an den Standorten ABB (sandig-lehmige Braunerde bis Pseudogley) und CAN (sandig-lehmige Braunerde) jedoch um bzw. über pH 6,0, am Standort WIL (sandige fluviale Braunerde) bei pH 5,0. Typisch und auffällig für den relativ ärmeren und insgesamt weniger gekalkten Standort in WIL ist, dass der pH-Wert (gemessen in CaCl₂ - und damit als Indikator zur Beurteilung der Bodenreaktion unter Belastung besser geeignet als der pH-Wert in H₂O) zum Ausgangszeitpunkt (1989) bereits bei ca. 4,6 lag und während der Wiederholungsmessung (1996) bis in 30 cm Bodentiefe nur noch ca. pH 4,4 betrug (Jug et al. 1999b). Damit wurde durch die KUP-Anlage am Standort WIL mit ärmeren Ausgangsbedingungen in wenigen Jahren ein pH-Niveau erreicht, bei dem die Mobilisierung und Auswaschung von basischen Kationen deutlich zunehmen kann und zugleich leicht lösliche Schwermetalle mobilisiert werden können.

Von ähnlichen Befunden berichtet auch Wolf (2004) aus sächsischen Untersuchungen. Dabei fiel im Extremfall der pH-Wert (gemessen in KCl), am Versuchsstandort Nochten (20jähriger Kippenstandort, Regosol aus flachem Sandeuhm) innerhalb von vier Jahren von 6,4 auf 4,0. Bei den anderen vier Versuchsstandorten mit natürlich gewachsenen Böden sank der pH-Wert von 5,2-6,9 wiederum um ca. 0,5 Einheiten, aber nicht unter 4,8 (Standort Thammenhain, 0-30 cm, Bodentiefe). Der starke Abfall der pH-Werte am Standort Nochten wird auf die nachlassende Wirkung der Meliorationskalkung zurückgeführt, die auf dem armen, tertiären Ausgangsmaterial zu Beginn der Rekultivierung durchgeführt wurde.



4.2.3 Erhöhter Wasserverbrauch, Reduktion der Grundwasserneubildung

Ökologische Betrachtungen zum Wasserhaushalt von Kurzumtriebsplantagen können nach folgenden drei Gesichtspunkten gegliedert werden:

- ◆ Sicherung des Pflanzenwachstums durch eine ausreichende Versorgung mit Niederschlägen,
- ◆ Berücksichtigung der nutzbaren Wasserspeicherkapazität (nWK) des jeweiligen Bodens,
- ◆ Einbeziehung der jeweiligen Funktion und Rate der Grundwasserneubildung (GWN).

Dabei besteht zwischen den genannten Punkten ein unmittelbarer Zusammenhang. So ist u.a. eine „ausreichende Versorgung“ mit Niederschlagswasser auch dann noch gegeben, wenn der Bodenspeicher groß genug und entsprechend gefüllt ist, um z.B. eine anhaltende sommerliche Trockenphase mit geringen oder ausbleibenden Niederschlägen zu überbrücken. Allerdings kann die Grundwasserneubildung durch derartige Ereignisse und insgesamt durch den relativ hohen Wasserverbrauch von Pappel und Weide empfindlich gestört werden (Bungart & Hüttl 2004).

Vorliegende Anbauempfehlungen für schnell wachsende Baumarten (u.a. Röhricht & Ruscher 2004 für Sachsen, Boelcke 2006 für Mecklenburg-Vorpommern, Hofmann 2007) gehen von einer ausreichenden Versorgung mit Niederschlagswasser aus, wenn im Jahr mindestens 500 mm bzw. in der Vegetationszeit mindestens 300 mm fallen.

Eine Einbeziehung des Bodenwasserspeichers (nWK) wird jedoch oftmals nicht vorgenommen. Allerdings wird auf die oben genannte Problematik einer stark beeinträchtigten Grundwasserneubildung hingewiesen (Boelcke 2006). Vorliegende Untersuchungen zum Wasserverbrauch von Pappel- und Weidenkulturen zeigen, dass insgesamt (Transpiration + Evaporation = Evapotranspiration) im Mittel der Vegetationszeit zwischen 2 bis ca. 5 mm pro Tag (Allen et al. 1999, Bungart & Hüttl 2004), jedoch unter sommerlichen Trockenphasen oder bei erhöhter Düngung mit entsprechend erhöhter Leistung auch über 7 mm pro Tag an Wasser verbraucht werden (Lindroth & Bath 1999, Guidi et al. 2005). Diese Raten liegen im Mittel etwa doppelt so hoch wie in mitteleuropäischen Forsten (Flemming 1994).

Nach neuen Untersuchungen zum Wasserhaushalt im Rahmen des Projektverbunds DENDROM (Knur et al. 2007) liegen die Raten der Evapotranspiration im Mittel für zwei Pappelbestände (Standort Neuruppin in Brandenburg) im dreijährigen Umtrieb bei ca. 60 % (351 mm) der Jahresniederschläge (586 mm). Im neunjährigen Umtrieb liegt die Evapotranspiration ebenfalls bei 61 % (360 mm), bei mittleren Jahresniederschlägen von 591 mm. Dagegen hat die Umtriebszeit offensichtlich einen deutlichen Einfluss auf die Interzeptionsverdunstung (Oberflächenverdunstung im Kronenraum). Nach den Daten von Knur et al. (2007) gehen im Schnitt im dreijährigen Umtrieb zusätzlich 118 mm des Niederschlags durch die Interzeption verloren (= 20 %). Im neunjährigen Umtrieb liegt die Rate wegen des deutlich größeren Kronenraums bei etwa 172 mm und damit bei 29 % der Niederschläge. Für die Tiefenversickerung und damit für die potenzielle GWN verbleiben daher im dreijährigen Umtrieb insgesamt 20 % (117 mm), im neunjährigen Umtrieb jedoch nur etwa 10 % (ca. 59 mm) der eingehenden Freilandniederschläge.

Der von Knur et al. (2007) vorgenommene Vergleich zur benachbarten, konventionell bewirtschafteten Ackerfläche zeigt, dass hier deutlich höhere Raten der Tiefenversickerung auftreten, nämlich im Mittel ca. 223 mm und damit knapp 37 % der eingehenden Niederschläge.

⇒ *Im vorliegenden Fall führt die Anlage von Kurzumtriebsplantagen im Vergleich zum konventionellen Ackerbau zu einer signifikanten Verringerung der Versickerung und damit zur Abnahme der potenziellen Grundwasserneubildung um den Faktor von nahezu 2 (bei dreijährigem Umtrieb) bis ca. 3 (neunjähriger Umtrieb).*

Gleichzeitig zeigen jedoch die Analysen, dass unter den lokalen Gegebenheiten (hier ca. 600 mm Jahresniederschlag)

1. eine ausreichende Wasserversorgung der Bestände allein aus dem Niederschlag gegeben ist,
2. dass dadurch der Wasserspeicher im Boden (nWK) allein für die Pufferung von möglichen Trockenphasen während der Vegetationszeit genutzt werden kann und
3. eine Grundwasserneubildung trotz z.T. deutlicher Verringerung der Raten durch die Kurzumtriebsplantagen weiterhin gewährleistet ist.

Mögliche saisonale Schwankungen der Niederschlagsversorgung - insbesondere länger anhaltende Trockenphasen - wurden bei diesen Betrachtungen bisher jedoch nicht berücksichtigt. Diese wirken sich besonders dann negativ für die Pflanze und für die GWN aus, wenn z.B. in der Vegetationsperiode die Evapotranspiration größer ist als die nWK, oder wenn gerade zu Beginn einer Vegetationsphase eine Trockenphase auftritt, ohne dass die Bodenspeicher im Winter genügend aufgefüllt wurden. In solchen Fällen sind vor allem Standorte (z.B. Fließ- und sonstige Gewässer, Systeme zur Grundwassergewinnung etc.) gefährdet, bei denen die Tiefenversickerung im Schnitt bereits bei weniger als 10-20 % der Niederschläge liegt. Im oben gewählten Beispiel von Knur et al. (2007) wären das also eher die Pappelbestände mit neunjährigem als mit dreijährigem Umtrieb.

⇒ *Eine starke Reduktion oder gar der Wegfall der Tiefenversickerung kann auch als positive Wirkung von Kurzumtriebsplantagen betrachtet werden.*

Zum einen kann es aus wasserbautechnischen oder sonstigen Schutz- oder Bewirtschaftungsgründen erwünscht sein, an bestimmten Standorten die Tiefenversickerung zu reduzieren. Zum anderen werden im Bodenwasser gelöste Überschüsse an Nährelementen (z.B. Nitrate, Phosphate) oder sonstige Schadstoffe (z.B. Cd aus der P-Düngung) beim Ausbleiben einer Tiefenversickerung im System Boden gehalten und nicht an empfindliche Nachbarsysteme weitergeleitet. Über eine hohe Wasseraufnahme durch die Wurzeln der Kurzumtriebsplantagen können diese gelösten Stoffe dann entweder „gewinnbringend“ als Nährstoffe zur Wachstumsförderung oder in Form einer so genannten „Bioremediation“ aufgenommen und dem System Boden entzogen werden (vgl. Kap. 4.1.2).

4.2.4 Erhöhter Eintrag von atmosphärischen Stoffen

Bäume können über ihr Kronendach Partikel und Gase aus der Luft ausfiltern. Dieser als Interzeption bezeichnete Vorgang ist primär abhängig von der Rauigkeit und Größe der Kronendachoberfläche. Die Ausfilterung von Gasen betrifft in erster Linie Ammoniak (NH_3). Ammoniak stammt vorwiegend aus der Landwirtschaft und kann nach Umwandlung zu Ammonium in Form von Feinstpartikeln über hunderte von Kilometern bis zur nächsten „Interzeptionsbarriere“ transportiert werden.

⇒ *In Regionen mit hohem Viehbesatz und viel Gülle kann die Ausfilterung von Ammonium in angrenzenden Waldbeständen - und damit auch in KUP - von erheblicher Bedeutung sein.*

Feldmessungen zu atmosphärischen Stoffeinträgen in Kurzumtriebsplantagen sind rar. Messungen von Meiresonne et al. (2007) für einen auf einer Wiese in Belgien angelegten 18-jährigen Pappelbestand zeigen jedoch, dass der gemittelte Gesamt-N-Eintrag jährlich bis zu 19 kg/ha betragen kann, wobei ca. 2/3 als NH_4 und 1/3 als NO_3 vorliegen und ca. 3-5 kg des Gesamteintrags auf den oben geschilderten Prozess der Interzeptionsdeposition zurückgeführt werden. Im Verhältnis zu den insgesamt umgesetzten N-Mengen (hier jährlich ca. 90 kg N kg/ha, davon ca. 80 % als interner Eintrag über den Streufall mit Wiederaufnahme durch den Bestand)



spielt die Interzeptionsdeposition sicher nur eine untergeordnete Rolle. Dennoch kann diese besonders in Gebieten mit einer hohen NH_3 -Emission aus der Landwirtschaft (Beispiel Oldenburger Raum) an Bedeutung gewinnen, besonders wenn neu angelegte Kurzumtriebsplantagen in einer ausgeräumten Landschaft angelegt werden und so eine erste Barriere für atmosphärische N-Verbindungen bilden. In solchen Fällen könnten besonders die Randzonen im Luvbereich von Anpflanzungen und damit die oftmals dort verlaufenden Gewässersysteme einer zusätzlichen Belastung ausgesetzt sein.

4.3 Schlussfolgerungen aus bodenökologischer Sicht

Aus bodenökologischer Sicht und zur Sicherung der Interessen des Natur- und Umweltschutzes ergeben sich für den Betrieb von KUP folgende Anforderungen:

- ◆ Vor der Anlage einer KUP müssen die bodenkundlich-standörtlichen Gegebenheiten flächengenau erfasst und dokumentiert werden.
- ◆ Aus der standortkundlichen Analyse müssen angepasste Anbau- und Bewirtschaftungskonzepte abgeleitet werden.
- ◆ Maßnahmen zur vor- oder nachbereitenden Bodenbearbeitung sollten weitestgehend minimiert und möglichst schonend durchgeführt werden. Grundsätzlich sollte eine längere Freilage von frisch bearbeiteten Flächen vermieden werden.
- ◆ Düngungsmaßnahmen sollten, wenn überhaupt, nur nach einer vorherigen Bedarfsanalyse und frühestens nach der ersten Vegetationsperiode durchgeführt werden.
- ◆ Der Erntezyklus sollte die stofflichen und sonstigen standörtlichen Gegebenheiten und Zielrichtungen berücksichtigen. Hohe Biomasseleistungen und entsprechende Ernteentzüge fördern den Abtransport von Nähr- und Schadstoffen. In Gebieten mit einer reduzierten Grundwasserneubildung sollten eher kurze Umtriebszeiten gewählt werden. Längere Umtriebszeiten und höherwüchsige Kulturen fördern den Wasserverbrauch und können somit als gezieltes Instrumentarium eingesetzt werden.
- ◆ Zum Schutz vor Bodenerosion sollte im geeigneten Gelände eine hangparallele Bewirtschaftung erfolgen.



Abb. 6 und 7: Neuanlage von KUP-Versuchsflächen am Standort Sudheide (LK Gütersloh) im Rahmen des von der DBU geförderten Projektes NOVALIS



5. Pflanzenartenvielfalt

Die Phytodiversität in Kurzumtriebsplantagen wird bisher vorwiegend auf Ebene der Pflanzenarten betrachtet und bewertet. Dies umfasst in quantitativer Hinsicht Analysen zur Artenzahl (Artenreichtum) und vereinzelt zur Artendiversität. In qualitativer Hinsicht liegen einzelne Bewertungen zur Seltenheit bzw. zur Gefährdung (Rote Liste, z.B. Delarze & Ciardo 2002) und zur Habitatbindung (z.B. Heilmann et al. 1995, Schmidt et al. 2003) vor. In der nachfolgenden Übersicht zur Phytodiversität in KUP wird zunächst auf die wichtigsten Einflussfaktoren für die Ausbildung der Vegetation in KUP eingegangen. Im Weiteren wird die Bedeutung von KUP für den Artenschutz allgemein und die Wirkung von KUP auf die Pflanzenartenvielfalt in der umgebenden Landschaft behandelt.

5.1 Einflüsse auf die Pflanzenartenvielfalt in KUP

Trockenrasen, Moore oder Naturwälder halten viele ökologische Nischen für eine große Artenvielfalt bereit. Kurzumtriebsplantagen unterliegen als Monokultur wirtschaftlichen Zwängen. Sie stellen eine Übergangsform zwischen Land- und Waldwirtschaft dar. Das Potenzial einer KUP als spezifischer Lebensraum für Pflanzen und Tiere liegt in der Gestaltungsfreiheit im Hinblick auf den Ort der Anlage in der umgebenden Landschaft, der Bestandsform und deren räumlichem Aufbau, der Mischung von Baumarten und Klonen sowie der Bewirtschaftungsintensität. Im Folgenden wird auf die bekannten Einflüsse von Umgebung, Standort und Bewirtschaftung auf die Phytodiversität in KUP eingegangen.

5.1.1 Wahl der Umgebung

Eine Kurzumtriebsplantage steht in einer Landschaft nicht isoliert da. Um sie herum befinden sich andere Landnutzungen, aus denen Pflanzen einwandern und die Vielfalt bereichern können. Den Einfluss der Umgebung von anderen Einflüssen auf die Pflanzenartenvielfalt zu trennen und zu beziffern, ist schwierig, wenn nicht klar ist, ob die gefundene Art von der Umgebung eingewandert ist oder ob sie der Samenbank der Bestandsfläche selbst entstammt.

Heilmann et al. (1995) bewerteten die Arten einer KUP danach, in welchen umgebenden Landnutzungsarten und den dazu gehörenden Vegetationsformen sie vorwiegend vorkommen. Daraus können Rückschlüsse gezogen werden, woher Pflanzenarten eingewandert sein können, welche Vornutzungen die Samenbank der KUP-Fläche beeinflusst haben und welche Arten in den KUP gute Lebensbedingungen vorfinden. Die Autoren fanden auf bayerischen Plantagenflächen ein Artengemisch verschiedenster Vegetationsformen. Vorrangig traten Pflanzenarten der Ackerunkraut- und Ruderalgesellschaften auf. Zusätzlich kamen auch Arten von Rasengesellschaften (*Sedo-Scleranthetea*), von Grünlandgesellschaften sowie von walddnahen Staudenfluren und Gebüsch (*Trifolio-Geranietea* und *Epilobietea*) vor. Gräser wie z.B. Rispengräser (*Poa pratensis*, *P. trivialis*), Wolliges Honiggras (*Holcus lanatus*) oder auch Wiesen-Knäuelgras (*Dactylis glomerata*) kamen häufig vor. Die Zunahme der Bodenbedeckung durch den Anbau von Weiden führte auf feuchteren Standorten zu einer Erhöhung der Artenzahlen aus Rasengesellschaften, die Arten der Ruderalgesellschaften nahmen dagegen ab. Unter Pappelbeständen, die auf Mineralböden stockten, waren hingegen vor allem Pflanzenarten aus Ruderalgesellschaften dominant. Hierzu gehören vor allem Pionierarten mit starkem Aus- und Verbreitungsvermögen (R-Strategen, Ellenberg et al. 1992), wie z.B. Ackerstiefmütterchen (*Viola arvensis*), Gewöhnlicher Windhalm (*Apera spica-venti*), Rote Taubnessel (*Lamium purpureum*) oder Quendel-Sandkraut (*Arenaria serpyllifolia*), die hier gute Lebensbedingungen vorfinden. Bei Grünlandbrachen ist der Anteil von Arten der Ackerunkrautgesellschaften ziemlich gering, da diese infolge einer natürlichen Sukzession größtenteils verdrängt werden (Heilmann et al 1995). Kroiher et al. (im Druck) fanden am Beispiel einer sächsischen KUP in Skäbchen eine deutliche Abhängigkeit des Waldartenanteils zur Entfernung von benachbarten Waldflächen.



Entsprechend empfehlen auch Hansen & Vesterdall (2004), KUP in der Nähe von alten Waldbeständen anzulegen, um die Einwanderung von Waldarten zu erleichtern.

Für den Artenreichtum einer KUP scheint nicht nur von Bedeutung zu sein, welche Landnutzungsarten sich an die Fläche anschließen, sondern auch, wie viele Nutzungsarten in welcher Zusammensetzung deren Umgebung bilden. Gustafsson (1987) ist der Ansicht, dass bei einer heterogenen, artenreichen Umgebung mehr Arten in die KUP einwandern und sich dort etablieren können als in uniformen Umgebungen. Wissenschaftliche Untersuchungen hierzu fehlen aber noch.

⇒ Die Lage der KUP in der umgebenden Landschaft beeinflusst sowohl deren Pflanzenartenvielfalt als auch deren Artenzusammensetzung (z.B. Waldarten-Anteil). Aus heterogenen, artenreichen Umgebungen können vermutlich mehr Arten in eine KUP einwandern und sich dort etablieren als in uniformen Umgebungen. Für eine abschließende Bewertung fehlen noch quantitative Grundlageninformationen.

5.1.2 Flächengröße der Energieholzplantage

Aus naturschutzfachlicher Sicht ist es interessant, wie groß eine KUP sein sollte, um möglichst vielen Pflanzen einen Lebensraum zu bieten und ab welcher Flächengröße mit einheitlicher Bestandsstruktur und Behandlung keine weitere Zunahme der Arten erfolgt.

Für Schweden zeigten Aronsson & Bergström (2001) sowie Weih et al. (2003), dass größere Pappelplantagen (> 20 ha) sich ungünstiger auf die Artenvielfalt auswirken als kleinere Plantagen mit wenigen Hektar Größe. In Deutschland belegen Ergebnisse aus einer 8-9-jährigen KUP (Georgenhof, Hessen), dass bereits eine Fläche von 0,3 ha fast vollständig das Arteninventar an 38 Gefäßpflanzen der gesamten KUP besitzt (siehe Abbildung 8; Lamersdorf et al. 2008b). Dieser Befund bestätigt die günstige Wirkung von kleinstrukturierten KUP-Anlagen auf die Pflanzenartenvielfalt. Allerdings ist hierbei zu berücksichtigen, dass Standortgüte und Bestandsalter den Zusammenhang zwischen Flächengröße und Pflanzenartenanzahl beeinflussen (Kroiher et al. im Druck). Flächen von 1 ha Größe auf homogenen Standorten enthalten aber vermutlich weitgehend das Arteninventar größerer Bestände.

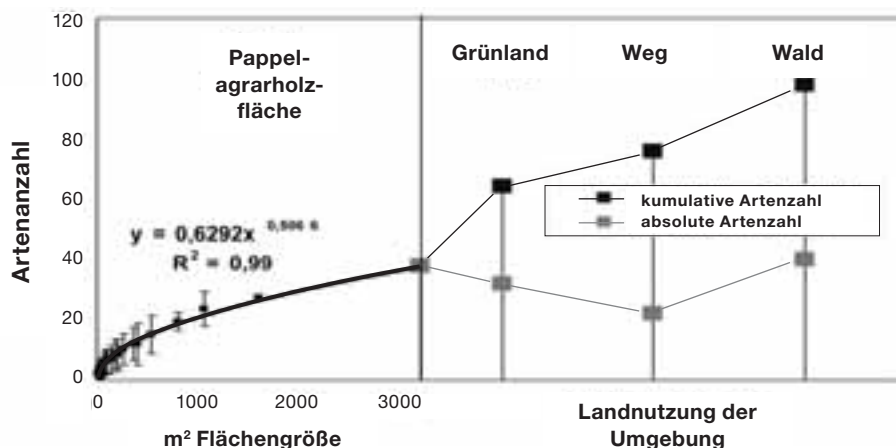


Abb. 8: Vergleich von Gefäßpflanzen-Artenzahlen im Sommer 2006 zwischen einer KUP und Landnutzungsarten der Umgebung in Hessen

⇒ Größere, homogene Pappelplantagen (>20 ha) wirken sich ungünstiger auf die Artenvielfalt aus als kleinere Plantagen mit wenigen Hektar Größe. Kleinstrukturierte KUP-Anlagen mit Bestandsblöcken von nicht mehr als 1 ha dürften die Pflanzenartenvielfalt in KUP begünstigen.



5.1.3 Vornutzung

Ohne eine intensive mechanische und/oder chemische Flächenvorbereitung wie im Ackerbau bestimmen neben eingewanderten Arten die Pflanzen aus der Samenbank die Artenzusammensetzung der KUP-Begleitvegetation (vgl. Kap. 5.1.4, Stoll & Dohrenbusch 2008). Die Samenbank wiederum rekrutiert sich aus Arten der vorhergehenden Landnutzung.

Inwieweit der Pflanzenbestand der Vornutzungen die KUP beeinflusst, untersuchte Gustafsson (1987) auf KUP-Flächen in Schweden, die auf Grünlandbrachen und Moorstandorten begründet worden waren. Auf den Versuchsflächen der ehemaligen Grünlandbrachen hatte sich nach den ersten vier Jahren eine Vegetation entwickelt, die der Vornutzung glich. Es kam nur zu einer Verschiebung von den Arten des Grünlands zu Arten der Ruderalgesellschaften. Nach den ersten vier Jahren waren noch immer 20 Arten (61%) der bereits in der Vornutzung gefundenen Arten präsent. Als dominante Arten erwiesen sich hierbei vor allem die Acker-Kratzdistel (*Cirsium arvense*), das Mädesüß (*Filipendula ulmaria*) und der Stechende Holzzahn (*Galeopsis tetrahit*). Auf dem nährstoffarmen Moorstandort waren nach den ersten vier Jahren über die Hälfte der ehemaligen Pflanzenarten verschwunden, und der Rest bedeckte nur noch einen geringen Teil der Fläche. Nach der Umtriebszeit von vier Jahren waren nur noch 20 der ehemals 39 vorkommenden Arten vorhanden. Fehlende Arten waren z.B. fünf Torfmoos-Arten (*Sphagnum spec.*) und fünf Flechten-Arten (*Cladonia spec.*), die sich nicht wieder ansiedelten. Auch am Ende der zweiten Umtriebsperiode nach acht Jahren kam es auf dieser Fläche immer noch zu einer stetigen Veränderung der Vegetation. Aus Deutschland liegen nur Befunde zur Wirkung von Hybridpappel-Kulturen mit deutlich längeren Umtriebszeiten (> 50 Jahre) auf Auen- bzw. Niedermoorstandorten vor (z.B. Zerbe & Vater 2000), die sich nicht für die Bewertung von KUP eignen. Zur spezifischen Auswirkung von KUP auf solche nährstoffreiche Feucht- und Nass-Standorte, die aus ökonomischen Gründen für den Anbau von KUP interessant sind, liegen bisher keine wissenschaftlich verwertbaren Daten vor.

⇒ Die Vornutzung beeinflusst die Pflanzensammensetzung einer KUP auf unterschiedliche Art. KUP auf ehemaligen Grünlandstandorten beherbergen in der Tendenz vergleichsweise viele Arten der Vornutzung. Die Anlage von KUP auf Moorstandorten scheint dagegen zu einer deutlichen Veränderung der Artenzusammensetzung zu führen. Für eine stichhaltige Bewertung möglicher schädigender Auswirkungen von KUP auf Moorstandorten fehlen in Deutschland aber bisher noch Grundlageninformationen.

5.1.4 Flächenvorbereitung

Flächenvorbereitungen werden vorgenommen, um das Anwachsen der Gehölze in der ersten Zeit zu begünstigen. Gerade Agrarflächen bevorraten enorme Diasporenbänke, so dass eine wirksame Regulierung der Begleitvegetation ergriffen werden muss, um eine KUP erfolgreich begründen zu können (Stoll & Dohrenbusch 2008). Zur Eindämmung der Begleitvegetation werden chemische und mechanische Bekämpfungsmaßnahmen angewandt.

Chemische Bekämpfung

Unterschiedliche Vorbehandlungsvarianten zeigten bei KUP in Sachsen, dass die Behandlung mit Voraufmitteln und Herbiziden oder eine Kleeensaat zu einem Artenrückgang über den Untersuchungszeitraum von fünf Jahren im Vergleich zu einer Sukzessionsfläche (Nullfläche) oder einer unbehandelten KUP-Fläche führte (Wolf & Böhnisch 2004). Gustafsson (1987) legt dementsprechend dar, dass der Einsatz von Herbiziden das Konkurrenzverhalten beeinflusst und Veränderungen in der Pflanzenartenzusammensetzung über einen



längeren Zeitraum bewirkt. Die Herbizide verminderten selektiv den Deckungsgrad, wobei diese weniger auf Gräser oder Einjährige mit Samen in der Samenbank einwirkten. Beim Einsatz in älteren Beständen könnte die Bodenflora allerdings beinahe komplett verschwinden.

Daher empfehlen Hoffmann & Weih (2005) für Schweden, zur Verminderung von Herbizideinsatz nährstoffreiche Standorte für KUP zu bevorzugen, auf denen Ertragsziele mit geringerem Dünger- und Herbizideinsatz erreicht werden (Bell & McIntosh 2001). Heilmann et al. (1995) sind überzeugt, dass KUP bei Ackervornutzung nicht gedüngt werden müssen, da im Normalfall die Nährelemente, die im Acker angehäuft wurden, für ein gutes Pflanzenwachstum ausreichend sind (vgl. Kap. 3.2).

Mechanische Bekämpfung

Danfors et al. (1998) schlagen zur Verminderung des Herbizideinsatzes intensive mechanische Kontrolle der Vegetation in den ersten Jahren der Kurzumtriebsplantage vor. Burger et al. (2005) empfehlen, die Flächen im Frühjahr kurz vor der Begründung zu pflügen und zu eggen, nachdem sie im Vorherbst mit Herbiziden behandelt wurden. Der Zeitpunkt der Bodenbearbeitung spielt nach Gustafsson (1987) eine wichtige Rolle für die Entwicklung der Begleitvegetation. Nach einer Bodenbearbeitung im Herbst erfolgt ein großer Eintrag an Samen aus reifen Samenkapseln der Umgebung. Im Frühjahr ist die Situation anders, der Eintrag ist unbedeutend. Zudem sind Pflanzenarten in Frühjahrs- oder Herbstkeimer zu trennen, so dass ein Umbruch jeweils eine der beiden Gruppen begünstigt. Die Auswirkungen der mechanischen Bekämpfung der Begleitvegetation werden zurzeit im Projekt NOVALIS näher untersucht (Lamersdorf et al. 2008b).

⇒ *Der Einsatz von Herbiziden zur Bekämpfung der Begleitvegetation verändert deren Artenzusammensetzung und wirkt sich negativ auf die Pflanzenartenvielfalt in KUP aus. Daher sind mechanische Bekämpfungsmaßnahmen zu bevorzugen bzw. kombinierte Verfahren einzusetzen, die den Einsatz chemischer Behandlungsmittel auf ein Mindestmaß reduzieren.*

5.1.5 Baum- und Sortenwahl

Die Wahl der Baumart und ggf. der Sorten sowie das standortabhängige Wachstum der KUP-Bestände beeinflussen stark die Entwicklung der Begleitvegetation. Entscheidender Faktor ist dabei das Lichtangebot für den Unterwuchs (Heilmann et al. 1995, Vesterdall et al. 2004). Insbesondere nach dem Kronenschluss der KUP-Bestände bestimmen Bestandsdichte sowie Blatt- und Verzweigungsformen den Lichteinfall am Boden.



Abb. 9: Großblättriger Pappel-Klon (NE 42)

Großblättrige Pappelklone wie Muhle-Larsen und Rap weisen vor allem im Sommer ein ungünstiges Lichtklima auf, das zu einer Ausdunkelung der Bodenvegetation führt. Hingegen lässt die Weide durch ihren relativ buschigen Wuchs und ihre schmalen Blätter mehr Licht auf den Boden (Heilmann et al. 1995). Höheres Wachstum und damit ein dichteres Kronendach sowie geringere Unterkronen-Belichtung wurden von Lamersdorf et al. (2008b) als Ursache dafür gesehen, dass auf einer hessischen KUP-Fläche (Georgenhof) die Bodenvegetation in schwach wüchsigen Pappelbeständen artenreicher war als in Beständen mit wuchskräftigeren Klonen. Leu-



schner & Rode (1999) zeigten mit Hilfe von Belichtungsuntersuchungen, dass die unterschiedliche Dichte der Kronen die verfügbare Lichtmenge und damit indirekt die Krautschicht beeinflusst. Wolf & Böhnisch (2004) wiesen für sächsische KUP darauf hin, dass durch unterschiedliche Anwuchserfolge oder unterschiedliche Bestandsdichten der Pappel-KUP variierende Lichtbedingungen entstanden sind, die von unterschiedlichen Pflanzenarten genutzt werden.

Neben dem Licht ist auch die Nährstoffversorgung für die Begleitvegetation entscheidend. Die Nährstoffversorgung wird beeinflusst von der Nährstoffzusammensetzung des Laubs und der Streuzersetzungsrate der Baumarten (Gustafsson 1989, Vesterdall et al. 2004). Auf KUP-Flächen in Bayern zeigte sich, dass die Blätter der Aspe (*Populus tremula*) und der Balsampappel-Sorten Rap und Muhle-Larsen im Herbst eine fast vollständige Laubbedeckung der Bodenoberfläche bewirkten und zu ungünstigen Wuchsbedingungen bei der Bodenflora führten. Hingegen zersetzen sich die Blätter der Weiden-Arten nach dem Laubabwurf im Herbst erheblich schneller und beeinträchtigen die Bodenflora so kaum.

Die Bodenflora erreichte unter Weide auf beiden Plantagenteilen eine etwa doppelt so hohe Sprossmasse, wie die auf den mit Aspe bestockten Parzellen (Heilmann et al. 1995). Eine mögliche Konkurrenz um knappe Wasserressourcen kann ebenfalls die Entwicklung der Begleitflora beeinträchtigen. So führte die starke Verdunstung von Weiden in einer KUP dazu, dass die oberirdische Biomasse der Begleitvegetation auf den feuchteren Teilflächen stets größer als die der trockeneren Flächen war (Heilmann et al. 1995).

⇒ *Unterschiedliche Wuchsformen und standörtliche Ansprüche der KUP-Gehölze führen zu unterschiedlichen Existenzbedingungen für die Begleitvegetation. Der Schlüsselfaktor ist dabei das Lichtangebot unter dem Blätterdach. Die Wirkungen der KUP-Gehölze auf das Nährstoff- und Wasserangebot der Begleitpflanzen sind meist von nachrangiger Bedeutung.*

5.1.6 Alter / Rotation

Bei der Kurzumtriebswirtschaft wird ein Bestand in einem bestimmten Alter bodennah geerntet. Durch den Neuaustrieb aus dem verbleibenden Stock können sich die Bäume schnell wieder regenerieren (Röhrich & Ruscher 2004). KUP mit ihren schnellwachsenden Bäumen werden in Schweden mit einer durchschnittlichen Umtriebszeit von bis zu zwölf Jahren bewirtschaftet (Weih 2004). In Deutschland werden Weide und Pappel häufig bereits nach drei Jahren geerntet.

Nach Ergebnissen aus Südwest-Frankreich fördern kurze Nutzungsfrequenzen in KUP eine Zunahme der Artenvielfalt, insbesondere von einjährigen Arten (Laquerbe 2000). Die besondere Bindung von einjährigen Arten an KUP mit kurzem Umtrieb beschreiben auch Cunningham et al. (2004) aus Großbritannien. Dies deutet darauf hin, dass sich das hohe Lichtangebot (nahezu Freilandbedingungen) zu Beginn der Umtriebszeit positiv auf die Artenvielfalt auswirkt (vgl. Kap. 3.2). In der Schweiz zeigte eine Studie, dass sich bereits nach zwei Jahren die Standortbedingungen in KUP den Wäldern angleichen und zunehmend an Halblicht- und Schattbedingungen angepasste Arten auftreten (Delarze & Ciardo 2002). Wolf & Böhnisch (2004) beschrieben auf sächsischen Standorten nach dem fünften Wuchsjahr einen beginnenden Rückgang der Artenzahlen infolge des sich schließenden Kronendachs.

⇒ *Kurze Umtriebszeiten (< 3 Jahre) verhindern den weitgehenden Bestandsschluss und erhalten dadurch eine lichtliebende Begleitvegetation. Längere Umtriebszeiten führen zu einer Entwicklung von lichtliebender Vegetation zu schattenertragender Vegetation (Waldarten), die sich nach jedem Umtrieb vermutlich wiederholt. Informationen aus Langzeitbeobachtungen hierzu fehlen aber bisher.*



5.2 Auswirkungen von KUP

5.2.1 Artenschutz

Die rein quantitative Betrachtung von Artenvielfalt allein reicht nicht aus, wenn die Einflüsse unterschiedlicher Habitatstrukturen auf die Biodiversität bewertet werden sollen (Betts et al. 2005). Qualitative Bewertungen zur Bedeutung bzw. Seltenheit von Pflanzenarten müssen ergänzend einbezogen werden.



Abb. 10: *Filago arvensis* (Ackerfilzkraut)

Bei vegetationskundlichen Untersuchungen in einer Pappel-KUP im Schweizer Kanton Waadt fanden sich in den ersten Jahren 18 Pflanzenarten, die auf der Roten Liste vertreten sind und damit als gefährdet gelten (Delarze & Ciardo 2002). Diese relativ hohe Zahl wurde auf das Freilegen der Bodenoberfläche zurückgeführt, in dessen Folge sich viele Arten in kürzester Zeit ansiedelten. Dabei waren vor allem konkurrenzschwache, licht- und wärmebedürftige Pflanzen wie die Pionierart Gift-Hahnenfuß (*Ranunculus sceleratus*) und die Krause Distel (*Carduus crispus*) begünstigt. Die beginnende Verminderung des Lichtangebots nach zwei Jahren verschlechterte die Existenzbedingungen dieser Arten, so dass sie von anderen Arten verdrängt wurden (vgl. Kap. 3.2).

Auf sieben nord- und ostdeutschen NOVALIS-Plantagen wurden insgesamt nur sechs schützenswerte Arten gefunden (Ludwig & Schnittler 1996). Zwei Arten, das Acker-Filzkraut (*Filago arvensis*) und das Tausendgüldenkraut (*Centaureum erythraea*), kamen ausschließlich in den KUP, aber nicht in umliegenden Landnutzungen vor (Kroiher et al. im Druck). Kurzumtriebsplantagen

scheinen somit als Lebensraum für seltene Pflanzenarten generell keine besondere Bedeutung zu haben. Allerdings können KUP in den ersten Jahren nach der Anlage einen geeigneten Lebensraum für konkurrenzschwache Pionierarten darstellen, die in anderen Landnutzungen nicht vorkommen. Einer möglichen Auszehrung der Samenbank von lichtbedürftigen Arten in älteren bzw. wüchsigeren Energieholzbeständen (Rock 2007) muss noch nachgegangen werden.

⇒ *Gefährdete Arten treten vorwiegend in den ersten Jahren einer KUP auf. Es sind insbesondere lichtliebende Pionierarten, die mit zunehmendem Alter der KUP verdrängt werden. Inwieweit die gefährdeten Arten nach einmaliger Ausdunkelung zu Beginn der nächsten Rotation wieder auftreten, ist bisher nicht bekannt.*

5.2.2 Artenvielfalt der umgebenden Landschaft

Eine entscheidende Frage bei der Bewertung von KUP ist deren Wirkung auf die Pflanzenvielfalt der umgebenden Landschaft. Eine Steigerung der Pflanzendiversität durch die Anlage von Energieholzbeständen wird in Schweden insbesondere bei stark agrarisch geprägten Gebieten und Flächen auf degradierten Böden angenommen (Gustafsson 1987, Weih et al. 2003). Untersuchungen in Deutschland zeigen, dass eine Fläche



schon nach wenigen Jahren als Kurzumtriebsplantagen eine höhere Pflanzenvielfalt gegenüber der vorherigen landwirtschaftlichen Nutzung aufweisen kann (Makeschin 1994, Heilmann et al. 1995, Jug et al. 1999b, Burger 2004). Wolf & Böhmisch (2004) fanden in den ersten Jahren eine höhere Artenanzahl im Vergleich zu intensiv genutzten Ackerflächen. Eine Verringerung der Landnutzungsintensität durch die Anlage von Kurzumtriebsplantagen führt in vielen Fällen zur Erhöhung der Biodiversität. Der Vergleich mit dem Pflanzenartenreichtum von Wäldern fällt allerdings zu Ungunsten der Energiehölzer aus (Weih et al. 2003). So fanden Halpern & Spiess (1995) im walddreichen pazifischen Nordwest-Amerika eine Verminderung der floristischen Diversität in Pappelplantagen gegenüber den umgebenden Naturwäldern. Auch Grünert & Roloff (1993) fanden in Münsterländer Pappelplantagen weniger Arten in der Bodenvegetation als in naturnahen Buchen-, Eichen- und Erlenbeständen. Britische Untersuchungen zur Artenvielfalt in KUP im Vergleich zu beweidetem bzw. unbeweidetem Grünland ergaben höhere bzw. vergleichbare Pflanzenartenzahlen in den untersuchten Weiden-KUP mit zwei- bis vierjähriger Umtriebszeit (Cunningham et al. 2006). Diese Ergebnisse können allerdings aufgrund der unterschiedlichen standörtlichen und klimatischen Verhältnisse nicht ohne weiteres auf Deutschland übertragen werden. Zudem sind ähnliche Untersuchungen zu den in Deutschland gebräuchlichen Pappelklonen erforderlich, um abschließende Bewertungen vorzunehmen.

⇒ *Kurzumtriebsplantagen können aus Sicht der Biodiversität eine Bereicherung in waldarmen, ausgeräumten Landschaften mit überwiegend ackerbaulicher Nutzung darstellen. Hier trägt die Anlage von KUP zu einer Strukturierung der Landschaft bei und schafft Lebensräume und Trittsteine für Pflanzenarten. Die Pflanzendiversität in KUP verglichen mit naturnahen Wäldern ist jedoch geringer. Für einen Vergleich zur Grünlandnutzung fehlen bisher noch belastbare Grundlagenuntersuchungen in Deutschland, insbesondere in Pappelplantagen.*

5.3 Schlussfolgerungen aus pflanzenökologisch-naturschutzfachlicher Sicht

Beim gegenwärtigen Stand des Wissens ist bei der Gestaltung von KUP aus floristischer Sicht zu achten auf

- ◆ Kurze Einwanderungstrecken von Pflanzen aus unterschiedlichen Landnutzungsarten (Wald, Acker, Brache, Grünland),
- ◆ Bevorzugung von kleinen, strukturierten KUP-Bestandsflächen (homogene Bestandsblöcken ≤ 1 ha),
- ◆ die Verwendung von unterschiedlichen Baumarten bzw. Klonen auf einer Fläche,
- ◆ unterschiedliche Altersstrukturen bzw. Umtriebszeiten in einer KUP,
- ◆ Zulassen von Bestandslücken und Schaffung von Randstrukturen zu anderen Landnutzungen,
- ◆ Vermeidung von Herbizideinsatz (chemischen Bekämpfungsmethoden),
- ◆ Bevorzugte Anlage in ausgeräumten, waldarmen Landschaften.



6. Tierartenvielfalt

6.1 Einführung

Die Tierartenvielfalt, die Zoodiversität, macht einen Großteil der Biodiversität aus. So sind allein in Deutschland geschätzte 48.000 Tierarten zu finden. Wie viele und welche Tierarten auf Agrarholzflächen vorkommen, ist noch wenig erforscht. In Deutschland wurden bisher nur einige relativ kleine Versuchsflächen hinsichtlich ihrer Besiedlung durch Tiere untersucht (z.B. Jedicke 1995, Liesebach & Mulsow 1995, Liesebach & Mecke 2003, Blick et al. 2003, Blick & Burger 2002, im Rahmen des NOVALIS-Projektes z.B. durch Gruß & Schulz 2008a, Schulz et al. 2008a,b). In Großbritannien, Dänemark und den USA gibt es bereits umfangreichere tierökologische Untersuchungen, z. T. auch auf mehreren kommerziell genutzten KUP (z.B. Christian et al. 1997, 1998, Cunningham et al. 2004, Dhondt & Sydenstricker 2000, Londo et al. 2005, Sage et al. 2006). Insgesamt beziehen sich die systematischen Untersuchungen mit standardisierten Vorgehensweisen meist nur auf einzelne Tiergruppen wie Vögel (Brutvogelfauna), Laufkäfer und Webspinnen. Außerdem wurden dabei bisher nur einzelne Altersstadien der KUP berücksichtigt.

Generell scheinen sich die Tierlebensgemeinschaften je nach Alter und Lage der KUP stark zu unterscheiden. So sind die Brutvogelgemeinschaften – wie unten erläutert - stark vom Alter bzw. jeweiligen Umtriebsstadium der betrachteten KUP abhängig (Jedicke 1995, Mulsow 1998, Gruß & Schulz 2008a). Als anderes Beispiel kann die Webspinnenart *Cheiracanthium punctorium* (Ammen-Dornfinger) dienen. Sie ist zahlreich auf einer Energieholzfläche Südbrandenburgs zu finden (Schneider 2008), auf den anderen KUP des NOVALIS-Projektes aber nicht (eigene Beobachtungen). Auch Blick & Burger (2002) haben sie unter den Webspinnenarten der oberpfälzischen KUP Wöllershof nicht aufgelistet. Dies ist aber nicht weiter verwunderlich, da die Art nur in wärmebegünstigten Gebieten Südwestdeutschlands und sonst vor allem in Sachsen und Brandenburg in letzter Zeit vermehrt auftritt (Muster et al. 2008). Ob eine KUP im Verbreitungsareal einer Tierart liegt, entscheidet neben den Lebensraumbedingungen also mit darüber, ob die Tierart dort auftritt. Allgemein hängt die Geschwindigkeit und Ausprägung der Besiedlung von KUP durch Tiere davon ab, wie weit entfernt die nächsten Besiedlungsquellen liegen, wie der regionale Artenpool ist, welche Migrationskorridore die Flächen verbinden, wie die landschaftsökologische Einbindung ist und wie die agrarische Vornutzung war.

Im Folgenden wird versucht, erste Tendenzen aufgrund von Literaturlauswertungen und aufgrund eigener Ergebnisse aus dem NOVALIS-Projekt herauszustellen.

6.2 Bisheriger Kenntnisstand zur Zoodiversität

6.2.1 Allgemeine Besiedlung von KUP durch Tiere

Bei oberflächlichen Begehungen von Energieholzflächen fallen nur einige Wildarten und einige phytophage Insekten mit Massenvermehrungen auf (Schulz et al. 2008a,b,c). Häufige Wildtiere sind Reh (*Capreolus capreolus*), Feldhase (*Lepus europaeus*) und Fuchs (*Vulpes vulpes*), die die KUP je nach Gehölzzusammensetzung, Alter und landschaftsökologischer Einbindung als Einstands- und Äsungsgebiet nutzen. Dabei können Verbisschäden (und z. T. Fegeschäden) durch Rehwild auftreten, bevorzugt an Weiden und Robinien, aber auch an Pappeln (Friedrich 1999 zit. in Helbig & Müller 2008, Schulz et al. 2008a). Phytophage Insekten, die sich besonders an Pappeln in Massen vermehren und Schadschwellen überschreiten können, sind die Blattkäferarten *Chrysomela populi* (Pappelblattkäfer) und *Chrysomela tremulae* (Helbig & Müller 2008, Schulz et al. 2008a). Dieselben Arten sind auch an Weiden zu finden (Richter 1959).



Bei systematischen Untersuchungen mit Fallenapparaten werden auch weniger auffällige Tierarten erfasst, und Vergleiche der Besiedlungsdichten verschiedener Lebensräume sind möglich. Untersuchungsergebnisse zur Zoodiversität der Arthropoden (z.B. durch Blick et al. 2003, Schulz et al. 2008b) werden in den folgenden Kapiteln erörtert. Dabei wird deutlich, dass die Ergebnisse je nach betrachteter Tiergruppe und Fläche unterschiedlich sind.

6.2.2 Zoodiversität in Abhängigkeit von betrachteter Vergleichsfläche und Tiergruppe

Kurzumtriebsplantagen scheinen stärker besiedelt zu sein als konventionell bewirtschaftete Ackerflächen, aber schwächer als Wälder. Diese Aussage ist jedoch heikel, da es sehr davon abhängt, welche Tiergruppe man betrachtet. Außerdem kann das alleinige Heranziehen absoluter Arten- und Individuenzahlen zur Bewertung von Biotopen zu völlig verfälschten Aussagen führen – vor allem beim Vergleich verschiedener Landnutzungsformen. Betrachtet man die reinen Artenzahlen, die auf KUP festgestellt wurden, dann erkennt man widersprüchliche Ergebnisse. Bezüglich der Spinnentiere fanden Blick & Burger (2002) bzw. Blick et al. (2003) mehr Individuen und Arten auf bayerischen KUP als auf den nahe gelegenen Ackerflächen. Auf der KUP Schwarzenau wiesen Blick et al. (2003) im Vergleich zum benachbarten Getreidefeld die dreifache Individuenzahl an Webspinnen, Weberknechten und Pseudoskorpionen nach, bei 85 Arten gegenüber 72 Arten auf der Ackerfläche.

Vergleichsuntersuchungen zwischen KUP und Wäldern ergaben höhere Arten- und Individuenzahlen in den Waldhabitaten (Christian et al. 1998, Jedicke 1995). Christian et al. (1997) fanden auf KUP im nördlichen mittleren Westen der USA mehr Vogelarten und -individuen als auf Ackerflächen, aber weniger als im Wald. Liesebach & Mulow (2003) wiesen auf der hessischen KUP mehr Vögel nach als auf umliegenden Äckern und weniger als im benachbarten Fichtenwald. Das Artenspektrum war dabei ähnlich wie in Feldgehölzen und Hecken. Liesebach et al. (2000) zählten auch epigäische Wirbellose auf hessischen KUP (Canstein) und angrenzenden Lebensräumen und fanden auf der KUP die höchsten Individuenzahlen. Bei der späteren Auswertung der Laufkäfer wiesen sie 20 Arten auf der KUP nach, aber nur acht in einem benachbarten Fichtenwald und 25 auf einem Gerstenacker (Liesebach & Mecke 2003). Diese Untersuchungen basierten aber nur auf kurzen Fangzeiten (10.05. bis 03.06.1993). Umfangreiche Untersuchungen zu Laufkäfern finden im Rahmen des NOVALIS-Projekts seit 2007 auf KUP in vier nördlichen Bundesländern und auf benachbarten Vergleichsflächen statt (Schulz et al. 2008a, Brauner & Schulz 2008). Die Auswertung von bisher ca. 7000 gefangenen Individuen auf Flächen in Sachsen und Brandenburg erbrachte bis zu 37 Laufkäferarten auf zwei (relativ jungen) Kurzumtriebsplantagen und zeigt die Tendenz, dass auf den KUP weniger Laufkäferarten vorkommen als auf den benachbarten, konventionell bewirtschafteten Ackerflächen (Sachs 2007, Brauner & Schulz 2008, Schulz et al. 2008a). Bezüglich der Laufkäfer sind KUP demnach also artenärmer als die umliegenden Ackerflächen.

Da sich die Fauna in Energieholzflächen mit zunehmendem Alter stark ändert (Gruß & Schulz 2008a, Brauner & Schulz 2008), muss das jeweilige Altersstadium berücksichtigt werden. Die Auswertung vogelkundlicher Daten für eine hessische KUP über den Zeitraum von 13 Jahren zeigt dies deutlich. Denn hier nahm die Anzahl der Brutvögel langfristig von 15 auf 20 Arten und die Brutpaardichte von ca. 20 auf ca. 40 Brutpaare je 10 Hektar zu. Die Zusammensetzung der Brutvogelgemeinschaften änderte sich dabei deutlich. In Abhängigkeit von vertikalen Habitatstrukturen, Singwarten und Nistmöglichkeiten verschwanden Offenlandarten und nehmen Waldarten zu.



6.2.3 Eignung als Habitate für Rote-Liste-Arten

Nach bisherigem Kenntnisstand zeichnen sich KUP nicht oder kaum durch naturschutzfachlich relevante Tierarten aus (Schulz et al. 2008c). Selbst die relativ strukturreiche und in 13 Jahren gewachsene Energieholzfläche in Georgenhof (Hessen) weist nur Vogellebensgemeinschaften auf, die sich aus unspezialisierten Arten zusammensetzen und nach den landes- und bundesweiten Roten Listen keinen oder nur geringen Gefährdungsstatus aufweisen (Gruß & Schulz 2008a). Bereits Jedicke (1995) stellte hier eine verarmte Avizönose anspruchloser Gehölbewohner und das Fehlen von Höhlenbrütern fest. Auch Liesebach & Mulsow (1995) konnten auf der KUP Canstein keine Rote-Liste-Arten innerhalb der Sommervogelbestände nachweisen.

Etwas differenzierter muss man die Arthropodengruppen betrachten. Auf einer bayerischen KUP konnten Blick & Burger (2002) 119 Web spinnerarten nachweisen, von denen acht Arten auf der Roten Liste Bayerns verzeichnet waren. Blick et al. (2003) betonen, dass die KUP anspruchsvolleren Spinnentierarten Lebensraum bieten, als dies auf einem Acker möglich ist.

Brauner & Schulz (2008) haben auf einer sächsischen KUP einige Tagfalter- und Springschreckenarten gefunden, die zumindest in der Vorwarnstufe Roter Listen stehen. Diese Arten (z.B. Kaisermantel *Argynnis paphia* und Gelbwürfliger Würfeldickkopffalter *Carterocephalus palaemon*) besiedeln aber nicht die eigentlichen Gehölzflächen, sondern die sie begleitenden Säume (Schulz et al. 2008a). Auch bei anderen Arthropodengruppen zeichnet sich ab, dass auf KUP nicht die eigentlichen Pappel- oder Weidenblöcke, sondern die Begleitstrukturen entscheidend sind.

Insgesamt lässt sich die Tendenz feststellen, dass Rote-Liste-Arten oder andere naturschutzfachlich relevante Tierarten auf KUP nur dann zu finden sind, wenn diese einen gewissen Strukturreichtum aufweisen (siehe unten). Dazu gehören vor allem gehölzartenreiche Hecken und breite, besonnte Säume. Die allgemeine Bedeutung solcher linearer Strukturen ist durch viele Untersuchungen gut belegt (z.B. Röser 1989, Wegener 1998, Kühne & Freier 2001).

6.2.4 Positive Beeinflussung durch Baumartenwahl bzw. negative durch Neophyten

Die Gehölzwahl wirkt sich aus unterschiedlichen Gründen auf die Besiedlung einer KUP mit Tieren aus (Schulz et al. 2008c). Für Brutvögel ist das Angebot an horizontalen und vertikalen Strukturen wichtig. Aufgrund ihres höheren Strukturreichtums weisen z.B. Weidenkulturen mehr Brutvögel auf als Pappelkulturen (Gruß & Schulz 2008a). Für viele Arthropodengruppen sind Mikroklima und Wirtspflanzenangebot ausschlaggebender. Die potenzielle Besiedlung der KUP durch phytophage Insekten (z.B. innerhalb der Käfer und Schmetterlinge) hängt deshalb auch von der Gehölzwahl ab. Von den derzeit hauptsächlich genutzten Gehölzgattungen *Populus*, *Salix* und *Robinia* auf deutschen Energieholzflächen sind bezüglich der Zoodiversität die Weiden am günstigsten und Robinien mit großem Abstand am ungünstigsten einzustufen. An der neophytischen Gattung *Robinia* fanden z.B. Kennedy & Southwood (1984) nur zwei Insektenarten, an *Salix* hingegen 450. Allgemein kann sich an heimischen Gehölzgattungen ein Vielfaches an Arthropodenarten ansiedeln. Brändle & Brandl (2001) kamen bei den Artenzahlen phytophager Insekten und Milben an verschiedenen Gehölzgattungen zu dem Ergebnis, dass die Gattung *Salix* allgemein mit 728 Arten die höchste potenzielle Zoodiversität aufweist, gefolgt von Eichen (*Quercus* mit 699 Arten), Birken (*Betula* mit 499 Arten) und Pappeln (*Populus* mit 470 Arten). Doch diese relativ hohen Artenzahlen sind nicht auf die Bedingungen der Energieholzflächen übertragbar. Denn an den dicht stehenden, jungen Pappeln und Weiden auf KUP mit ihrer schwachen Ausprägung von Habitatstrukturen, Altholzanteilen usw. ist mit sehr viel geringeren Artenzahlen phytophager Arthropoden zu rechnen. Darauf deuten auch die ersten, sehr viel artenärmeren Insektenfänge auf Energieholzflächen im Rahmen des NOVALIS-Projekts hin (Schulz et al. 2008a).



Die obigen Artenangaben geben also keine tatsächlichen Lebensgemeinschaften an den jeweiligen Gehölzen wieder, sondern nur fiktive Maximalartenzahlen. Denn nicht berücksichtigt sind die realen Verbreitungsareale der jeweiligen Tierarten, die lokalen Klima-, Boden- und Wasserverhältnisse, der regionale Artenpool sowie das jeweilige Alter und Strukturgepräge der Bestände. Deutlich wird dies beim Vergleich der theoretischen Werte mit den eigenen Erhebungen auf Agrarholzflächen (siehe unten), aber auch beim Vergleich mit anderen Erfassungen im Gelände. Mölleken & Topp (1997) haben beispielsweise bei ihren Untersuchungen auf *Salix alba* 32 Schmetterlingsarten erfasst. Insgesamt sind aber an Silberweiden schon 235 Schmetterlingsarten gefunden worden (Thüring 2007).

Bereits auf jungen KUP können die männlichen und weiblichen Weidenblüten eine bedeutende Nahrungsquelle für Bienen, Hummeln und andere Blütenbesucher darstellen (Reddersen 2001, Brückl 2006). Nach Hondong (1994) beträgt die Anzahl pollensammelnder Wildbienen (in Süddeutschland) an *Salix caprea* 34 Arten (von denen neun sogar oligolektisch sind, d.h. auf einzelne Pflanzengattungen spezialisiert), bei *Salix alba* sind es 16 Arten (mit fünf oligolektischen). Allgemein zeigte Thüring (2007) aufgrund von Literaturauswertungen eine höhere Zoodiversität für heimische (autochthone) Gehölzarten (z.B. *Salix caprea*) als für nichtheimische Gehölze (z.B. *Salix daphnoides*; zusammengefasst in Schulz et al. 2008a). Als Wirtspflanzen für phytophage Insekten wurden Pappelarten insgesamt seltener genannt als Weidenarten (Thüring 2007).

Noch kaum untersucht ist der Einfluss der Hybridwahl. Erste Hinweise aus dem NOVALIS-Projekt zeigen aber, dass zumindest einige Insektenarten auch die Hybridformen besiedeln. An ca. dreijährigen „Max 5“-Klonen, den Hybriden aus amerikanischer Balsampappel und Schwarzpappel (*Populus maximowiczii* x *nigra*), wurden bereits mehrere heimische Käfer- und Schmetterlingsarten nachgewiesen (Schulz et al. 2008a). Hier besteht noch Forschungsbedarf.

Forschungsbedarf besteht auch bezüglich der Hybridisierungen selbst. Laut Schmitz et al. (2008) kann für bestimmte heimische Gehölzarten die Hybridisierung mit Neophyten einen Gefährdungsfaktor darstellen. Als Beispiel einer indigenen Art mit diesbezüglich hohem Gefährdungspotenzial wird die Schwarzpappel genannt (Schmitz et al. 2008). Schumann (2008) betont bezüglich der Kurzumtriebsplantagen, dass der massenhafte Anbau von Klonen der *Salix*- und *Populus*-Arten aus fremden Regionen gebietseigene Populationen durch Einkreuzung verfälschen könnte.

⇒ Aus tierökologischer Sicht sollte man allgemein autochthone Gehölzarten und deren Hybride bevorzugen oder zumindest beimischen. Weiden sind wegen ihrer Blüten, ihrer Strukturbereicherung und ihres hohen Phytophagenpotenzials am günstigsten.

Abzuraten ist von Robinien wegen ihres geringen Besiedlungspotenzials sowie von der (stellenweise bereits erfolgten) Pflanzung des Götterbaums (*Ailanthus altissima*). Vor diesem invasiven Neophyten wird von Ließ & Luthardt (2008) wegen seines aggressiven, später unkontrollierbaren Verdrängungspotenzials gewarnt.

6.2.5 Positive Beeinflussung durch Strukturreichtum und Begleitstrukturen

Strukturreichtum ist ein Schlüsselfaktor für Artenreichtum. Strukturreiche Gehölzblöcke und insgesamt heterogen zusammengesetzte KUP erhöhen die Vogeldiversität und Brutvogeldichte (Gruß & Schulz 2008a,b, Schulz et al. 2008b).

Eine allgemein große tierökologische Bedeutung in Feldfluren haben Säume, Hecken und andere Kleinbiotope (Zwölfer et al. 1984, Röser 1989, Kretschmer et al. 1995). Solche Begleitstrukturen können auch an KUP gefördert werden, z.B. durch Säume im Inneren (entlang der Wirtschaftswege zwischen Pappelblöcken) und durch Begleithecken. Im Rahmen des NOVALIS-Projekts wurden auf einem blütenreichen Hochstaudensaum



zwischen einer sächsischen KUP und einem Acker 19 Tagfalterarten nachgewiesen, im Inneren der achtjährigen Pappelanlage jedoch nur vier Arten (Brauner & Schulz 2008). Auch auf einem relativ lichtreichen, ca. 15 m breiten Innensaum zwischen zwei Pappelblöcken waren noch 14 Tagfalterarten zu finden. Zusätzlich wurde am Ostrand der KUP eine 3 m breite Begleithecke (aus Feldahorn, Weißdorn und anderen Gehölzen) untersucht. Hier wurden die meisten Laufkäfer erfasst (Sachs 2007, Brauner & Schulz 2008) und hohe Dichten an Brutvögeln, Tagfaltern und Springschrecken (insbesondere in Bereichen mit vorgelagerten Staudensäumen) festgestellt (Gruß & Schulz 2008b, Brauner & Schulz 2008).

6.2.6 Einfluss von Alter und Umtriebsstadium (frische Rodungsfläche bis Reifephase)

Makeschin et al. (1989) zeigen, dass die Regenwurmfauna drei Jahre nach Begründung einer KUP deutlich zunahm, was sie als Indiz für die biologische Regenerierung des Bodens interpretieren. Eine Zunahme der Waldarten mit höherem Alter der KUP kann bei Webspinnen (Blick & Burger 2002), Brutvögeln (Gruß & Schulz 2008a) und Laufkäfern (Brauner & Schulz 2008, Schulz et al. 2008a) belegt werden. Dies ist naheliegend, da die eher walddtypische Fauna Zeit braucht, um die Flächen zu besiedeln und da sich walddtypische Strukturen und ein walddtypisches Innenklima erst entwickeln müssen.

Die Besiedlung von Energieholzflächen durch Vögel hängt stark vom Alter und der damit einhergehenden Vegetationsstruktur ab (Gruß & Schulz 2008b). Ältere KUP sind aber nicht zwangsläufig artenreicher als junge KUP. Bezüglich der Brutvögel erreichten die zwei- bis fünfjährigen Bestände auf der hessischen KUP (Georgenhof) die höchsten Arten- und Individuendichten (Gruß & Schulz 2008a).

In diesem Zusammenhang muss die avifaunistische Bedeutung der frisch angelegten und frisch gerodeten Flächen noch genauer untersucht werden. Hier gibt es erste Hinweise, dass diese bracheähnlichen Flächen zumindest kurzzeitig Ersatzhabitate für Vögel der Feldflur sein können (Schulz et al. 2008c, Gruß & Schulz 2008b). Bei frisch angelegten Flächen ist dies länger der Fall, da sich während der Wurzelbildungsphase noch keine dichten Strukturen entwickeln und somit Offenlandarten brüten können. Diese Flächen können (abhängig von der Vorbehandlung) von Feldvögeln wie Feldlerche und Heidelerche genutzt werden (Gruß & Schulz 2008c). Gerade Vögel der Agrarlandschaft sind in letzter Zeit in ihren Beständen stark zurückgegangen (Flade & Sudfeldt 2008) und gehören zu den bedrohten Artengruppen in Deutschland (Hötker 2004). Bei frisch gerodeten Flächen erfolgt der Stockausschlag von Pappeln und Weiden allerdings so schnell, dass eine Nutzung der Flächen durch Bodenbrüter nur kurzzeitig möglich ist.

6.2.7 Einfluss von Flächengröße und Ökotoneneffekt

Im Rahmen des NOVALIS-Projekts konnte auf der hessischen KUP Georgenhof gezeigt werden, dass die Brutvögel verstärkt die Randbereiche der jeweiligen Pappelblöcke besiedeln (Gruß & Schulz 2008b). Zur Mitte hin sind demgegenüber nur noch wenige Arten und diese in geringer Brutdichte zu finden (Gruß & Schulz 2008a). Dies gilt jedoch nicht für homogene, frisch angelegte bzw. frisch beerntete Flächen sowie für KUP, die durch Ausfall einzelner Pflanzblöcke eine sehr hohe Heterogenität aufweisen und damit flächig ein Strukturmosaik aus Gehölzen und offenen Bereichen aufweisen (Gruß & Schulz 2008a,b,c). Hier ist eine Konzentration von Brutpaaren in den Randbereichen bzw. eine Dichteabnahme in Richtung des Bestandszentrums weniger deutlich.

Insgesamt ist in großen, monotonen Kurzumtriebsplantagen mit einer Verarmung der Kerngebiete zu rechnen. Auch auf Flächen außerhalb Deutschlands kamen Christian et al. (1997), Cunningham et al. (2004) und Sage et al. (2006) zu dem Ergebnis, dass deutlich mehr Vogelarten mit höheren Individuendichten die Rand-



zonen der KUP besiedeln. Dieser Ökotoneneffekt zeichnet sich zusätzlich bei anderen Tiergruppen ab (Cunningham et al. 2004).

⇒ *Aus tierökologischer Sicht sind kleinere KUP günstiger, da sie einen relativ höheren Anteil an Randzonen aufweisen (Londo et al. 2005). Aus den gleichen Gründen wären z.B. lang gestreckte Anlagen günstiger zu bewerten als quadratische.*

Gleichzeitig ist zu beachten, dass die Raumannsprüche von typischen Offenlandarten nicht durch einen zu kleinteiligen Strukturreichtum unterschritten werden und so das Besiedlungspotenzial maßgeblich gesenkt wird. Dies gilt insbesondere für Vögel der offenen bis halboffenen Feldflur (Gruß & Schulz 2008a,b,c). Gerade diese Avizönosen sind derzeit durch starke Bestandsrückgänge betroffen. Neu angelegte oder frisch beerntete KUP sind grundsätzlich geeignet, zumindest temporär in der ersten bis zweiten Vegetationsperiode nach Anlage oder Ernte eine Funktion als Ersatzhabitate zu erfüllen.

6.2.8 Vergleich von KUP und Grünland

Vergleichende Aussagen zu Grünland sind bisher kaum möglich, da nur wenige tierökologische Untersuchungen dazu vorliegen. Zudem gibt es Grünland in so unterschiedlichen Ausprägungen und Bewirtschaftungsformen, dass eine einheitliche Bewertung nicht realisierbar ist. Je nachdem, ob man ertragreiche Fettweiden, extensive Feuchtwiesen oder trockene Magerrasen betrachtet, ist der Artenreichtum sehr unterschiedlich ausgeprägt (Nitsche & Nitsche 1994). Dies gilt erst recht, wenn man wie Klapp (1965) zu Grünland nicht nur Wiesen und Weiden zählt, sondern auch Röhrichte und Seggenriede. Grundsätzlich macht es also einen erheblichen Unterschied, ob Kurzumtriebsplantagen z.B. auf einem großräumigen, artenarmen Silagegrünland angelegt werden oder auf artenreichem, trockenem Magergrünland.

Die einzigen vergleichenden Untersuchungen zur Fauna auf KUP und Grünland stammen aus Großbritannien und beziehen sich fast nur auf die Vogelwelt. Cunningham et al. (2006) verglichen über vier Jahre die Avifauna auf zehn Weiden-KUP und zehn Grünlandflächen (vorwiegend Viehweiden). Dabei fanden sie auf KUP fast doppelt so viele Vogelarten (30 Arten) wie auf Grünland (17 Arten). Auch Sage et al. (2006) führten vergleichende Untersuchungen in Nordengland durch. Sie erfassten im Frühling und Winter auf 22 Kurzumtriebsplantagen sowie auf angrenzenden Acker- oder Grünlandflächen die Vogelbestände. Insgesamt wurden auf den KUP mehr Individuen und Arten als auf den Acker- und Grünlandflächen gefunden. Auch Anderson et al. (2004) kommen zu der Aussage, dass die Dichte und Artenvielfalt der Vogelfauna auf KUP höher ist als auf Acker- oder Grünland. Ähnlich wie bei den Ergebnissen aus deutschen KUP (Gruß & Schulz 2008a) setzt sich aber auch hier die nachgewiesene Avifauna vorwiegend aus häufigen Arten mit geringerem bis mittlerem Gefährdungsstatus zusammen (Anderson et al. 2004).

Bezüglich reiner Artenzahlen (Arten-Quantität) können KUP im Vergleich zu Grünland also besser abschneiden. Stark hinterfragt werden muss jedoch die Arten-Qualität. Denn durch die Anlage von KUP auf Grünland würde – nach bisherigem Kenntnisstand – hauptsächlich die sukzessive Ansiedlung von gehölz- und waldtypischen „Allerweltsarten“ gefördert werden (Gruß & Schulz 2008a). Gleichzeitig könnten dadurch jedoch andere, grünlandtypische Vogelarten verdrängt werden, die naturschutzfachlich gesehen viel wertvoller wären. Dies ist bisher noch nicht untersucht worden, aber es ist naheliegend, dass viele Grünlandarten durch die Pflanzung von Energiehölzern auf großer Fläche verdrängt würden. Durch die Gehölze werden Vegetationsstrukturen und damit einhergehende Faktoren wie Mikroklima oder Nahrungsgrundlage spätestens ab dem zweiten Bestandsjahr so stark verändert, dass diese Flächen als Lebensraum für Grünlandarten ausscheiden. Wiesenbrüter wie Wachtelkönig oder Großer Brachvogel könnten durch den Anbau von KUP lokal zurückgedrängt werden. Wegen der bekannten Kulissenwirkung können solche Negativeffekte von KUP



auch auf benachbarte Grünlandflächen ausstrahlen. Avifaunistisch sehr ungünstig wäre ferner der Anbau von KUP auf Grünland, das Gänsen oder Kranichen als Rast- und Äsungsfläche dient.

Je nach Vegetationsstruktur, Einbindung in die Landschaft, Nutzungsintensität oder langjährigem Vorkommen seltener Tierarten kann das betroffene Grünland also faunistisch-naturschutzfachlich sehr wertvoll oder eher uninteressant sein. In Abhängigkeit davon müsste lokal entschieden werden, ob eine Energieholzfläche positive oder negative Auswirkungen hat. Im Sinne des Vorsorgeprinzips sollten KUP allerdings möglichst nur auf großräumigen, intensiv bewirtschafteten Grünlandstandorten angelegt werden (solange sie keine schützenswerten Wiesenbrütervorkommen aufweisen oder z. B. Rastplätze für Zugvögel sind).

6.2.9 Vorrang- und Tabuflächen aus Zoodiversitätssicht

Bei der Anlage von KUP muss die landschaftsökologische Einbindung berücksichtigt werden. Aussagen über Vorrang- und Tabuflächen, die bereits in früherer Zeit, z.B. von Ammer (1997), von Preen (1996), Gruttke (1997) und GÜthler et al. (2002) zu Erstaufforstungsflächen getroffen wurden, können dabei teilweise übernommen werden. Demnach sind durch die Anlage von KUP positive tierökologische Auswirkungen in ausgeräumten Landschaften zu erwarten, jedoch negative in wertvollen Offenlandgebieten (Völkl 1997, NABU 2007). Naturschutzfachlich wertvolle Gebiete sind z.B. Magerrasen, Feuchtwiesen, Bodenbrütergebiete und Bachauen (Völkl 1997). Auch Brachflächen, die als Rückzugsräume für Vögel und Insekten der ausgeräumten Feldflur dienen, sowie die negative Kulissenwirkung bei Wiesenbrütervorkommen müssen berücksichtigt werden (Jedicke 1995, Gruß & Schulz 2008b,c). Allgemein sollten in Anlehnung an Gruttke (1997) und Jedicke (1995) möglichst rasch Vorrangflächen und Tabuflächen für Kurzumtriebsplantagen festgelegt werden. Unabhängig davon empfehlen Schmitz et al. (2008) wegen der Hybridisierungsrisiken zwischen neophytischen und heimischen Gehölzen die Schaffung bestimmter Gebiete, in denen keine Kreuzungspartner (z. B. für die heimische Schwarzpappel) angebaut werden dürfen.



Abb. 11 und 12: In ausgeräumten Ackerbauregionen profitieren Feldvögel wie Goldammer und Feldsperling besonders von KUP-Gehölzen.



6.3 Schlussfolgerungen aus tierökologisch-naturschutzfachlicher Sicht

Aufgrund der bisherigen Kenntnisse muss festgestellt werden, dass KUP die Biodiversität agrarischer Nutzflächen offensichtlich kaum bereichern. Ihre faunistische Bedeutung ist eher gering, da vor allem „Allerweltsarten“ die Pappel- oder Weidenblöcke besiedeln und der Anteil wertvoller Arten klein bis nicht vorhanden ist. Im Vergleich zu anderen, einjährigen Energiepflanzen haben sie aber tierökologische Vorteile. Gegenüber den Anbauflächen von Mais und Raps zum Beispiel profitieren die Tierarten auf KUP von der längeren Bodenruhe, dem geringeren Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln sowie den weniger ausgeprägten Störungen. Im Vergleich zu einem Wald sind die KUP deutlich arten- und individuenärmer. Die tatsächliche Besiedlung variiert jedoch stark in Abhängigkeit von den betrachteten Flächen und den jeweils untersuchten Tiergruppen.

Die tierökologische und naturschutzfachliche Wertigkeit von KUP kann durch bestimmte Maßnahmen deutlich verbessert werden. Dazu werden im Folgenden einige Vorschläge gemacht. Sie basieren auf vorläufigen Literaturlauswertungen und Ergebnisanalysen im Rahmen des NOVALIS-Projekts und werden in Anlehnung an Jedicke (1995) und Schulz et al. (2008c) formuliert:

- ◆ Agrarholzflächen können ausgeräumte, gehölzarme Landschaften tierökologisch bereichern; günstig wäre die Anlage in intensiv bewirtschafteten Ackerbauregionen.
- ◆ Energieholzflächen dürfen nicht in naturschutzfachlich wertvollen Offenlandgebieten (z.B. Magerrasen, Wiesenbrüterflächen, Bachauen, Waldwiesen) oder anderen Tabugebieten (z.B. Naturschutzgebiete) angelegt werden.

Die tierökologisch-faunistische Bedeutung von Energieholzflächen hängt (wie oben erörtert) stark von verschiedenen Faktoren wie Gehölzzusammensetzung, Alter, Rotationsstadium, Flächengröße und Strukturreichtum ab. Folgende Empfehlungen aus tierökologischer Sicht können deshalb bereits jetzt gegeben werden:

- ◆ Weide und Pappel wählen, möglichst wenig Robinie oder andere neophytische Gehölzgattungen (allenfalls in Beimischung),
- ◆ autochthone Gehölzarten bevorzugen,
- ◆ unterschiedliche Baumarten und Züchtungen anpflanzen,
- ◆ Mischung verschiedener Altersstadien bzw. verschieden alter Umtriebsstadien in räumlicher Nähe zueinander anlegen (Umtriebsstadienmosaik),
- ◆ in bereits stärker strukturiertem Gelände kleine Plantagen mit mehreren kleinen Blöcken anlegen,
- ◆ vielseitige Strukturen innerhalb der Plantagen und begleitend im Randbereich der Plantagen anlegen bzw. belassen: z.B. Hecken, Altholz, Staudensäume, Randstreifen, besonnte Innensäume, Weggraine, Lichtungen, offene Bodenstellen, Kleingewässer, Steinhäufen, Totholzansammlungen, Solitäräume und weitere Habitate.

Besonders die letztgenannten Begleitstrukturen wie Hecken und Säume können die Wertigkeit einer KUP erhöhen. Der Einfluss weiterer Faktoren und die praxistaugliche Umsetzung von Maßnahmen müssen noch untersucht werden. Angesichts der zu erwartenden großflächigeren Anlagen von Energieholz und der zunehmend kritischen Öffentlichkeit gegenüber Biomasseproduktion sollten die Maßnahmen aber schon in naher Zukunft umgesetzt werden. Damit wären Energieholzplantagen auch aus tierökologischer und naturschutzfachlicher Sicht besser vertretbar. Insgesamt bieten Kurzumtriebsplantagen die Chance, Energiepflanzen naturverträglicher anzubauen als auf Mais- und Rapsfeldern.



7. Landschaftsökologische Betrachtung

7.1 Kurzumtriebsplantagen als Landnutzungssysteme

Zur Beurteilung der Natur- und Umweltverträglichkeit von Kurzumtriebsplantagen ist neben einer differenzierten standörtlichen Betrachtung der Bezug zum Landschaftskontext nötig. Dazu müssen Erhebungen auf verschiedenen räumlichen Ebenen – von der Bestands- bzw. Biotopebene bis hin zur Landschaftsebene – durchgeführt werden. Daneben müssen verschiedene Altersstadien und unterschiedliche Referenzsysteme (Brachen, Ackernutzung, Grünland) berücksichtigt werden. Um diesen Ansatz unter verschiedenen naturräumlichen Randbedingungen durchzuführen, ist ein komplexes, interdisziplinäres Vorgehen notwendig. Bislang sind gezielte Untersuchungen zu den Auswirkungen von Kurzumtriebsplantagen auf landschaftlicher Ebene nicht erfolgt. Die Untersuchungen aus dem NOVALIS-Projekt, die sich Teilaspekten dieser Fragestellung widmen, sind noch nicht abgeschlossen.

Daher werden in diesem Kapitel Schlussfolgerungen aus der Summe potenzieller standörtlicher Auswirkungen auf die Landschaft übertragen. Als Bezugsgröße für eine Bewertung dienen (1) Wirkkomplexe, (2) naturschutzfachliche Ziele in der Landschaftsplanung und potenzielle Zielkonflikte für Landschaftsfunktionen. Aus der landschaftsökologischen Betrachtung werden zusammenfassend Managementoptionen unter naturschutzfachlichen Gesichtspunkten dargestellt, um dann auf das Kap. 8 „Offene Fragen und Perspektiven“ überzuleiten.

7.2 Wirkfaktoren und Wirkkomplexe von Kurzumtriebsplantagen

Der Anbau von Agrarholz führt zu einer Beeinflussung von biotischen und abiotischen Prozessen auf der standörtlichen und - je nach Flächenausdehnung – auf der Landschaftsebene. Das Zusammenspiel verschiedener Prozesse wird im Folgenden als Wirkkomplex bezeichnet. Diese Wirkkomplexe werden auf der standörtlichen Ebene durch Wirkfaktoren während der verschiedenen Nutzungsphasen einer KUP sowohl negativ als auch positiv beeinflusst (s. Tabelle 7). Bei einem Energieholzanbau können folgende, landschaftsökologisch wichtige Wirkkomplexe identifiziert werden:

- ◆ Grundwasserneubildung
- ◆ Retention von Niederschlägen
- ◆ Bodenerosion durch Wind und Wasser
- ◆ Veränderung des Humusgehalts
- ◆ Bodenverdichtung
- ◆ Eintrag von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln in Boden, Grundwasser und Oberflächengewässer
- ◆ Klimatischer Ausgleich und Luftreinhaltung
- ◆ Veränderung von Lebensräumen
- ◆ Veränderung des Landschaftsbilds.

In der nachfolgenden Matrix werden die Wirkfaktoren der jeweiligen KUP-Nutzungsphasen mit den zugehörigen Wirkkomplexen in Beziehung gesetzt. Die Matrix fasst die Angaben zusammen, die aus einer Literaturauswertung gewonnen und in den vorstehenden Kapiteln ausgeführt wurden. Die Bewertung macht deutlich, dass die Wirkfaktoren mit Ausnahme der Grundwasserneubildung für jeden Wirkkomplex gegensätzliche Wirkungen entfalten können. Hinzu kommt die unterschiedliche Auswirkung auf einzelne Wirkkomplexe.

Tabelle 7: Landnutzungsänderung durch Anbau von Agrarholz: Wirkfaktoren und deren Bezug zu Wirkkomplexen

Nutzungsphasen	Arbeitsschritte/ Verfahren/ Kultureigenschaften	Wirkfaktoren	Grundwasser-	Retention	Bodenerosion	Veränderung	Bodenver-	Düngemittel-	Austrag von	Klimatischer	Veränderung	Veränderung	
			neubildung	von Nieder-	schlägen	des Humus-	dichtung	austrag	Austrag von	Ausgleich	von Lebens-	des Land-	
						genalts			Pestiziden	und Luftrein-	räumen	schaftsbilds	
										haltung			
Standortvorbereitung	Mechanische Bodenbearbeitung	Zerstörung der Begleitflora		-	-	-		-				-	
		Verlust von Bodenlebewesen				-		-				-	
		Fahrspuren, Maschinenlast	-	-	-		-	-	-			-	
		Geräuschemissionen										-	
		Stoffliche Emissionen										-	
	Einsatz von Voraufbauherbiziden	Stoffliche Emissionen							-			-	
	Düngung	Stoffliche Emissionen						-			-		
Kulturbegründung	Manuelles Pflanzen	Scheuchwirkung										-	
		Geräuschemissionen										-	
	Pflanzmaschineneinsatz	Fahrspuren, Maschinenlast	-	-	-		-	-	-				
		Geräuschemissionen										-	
	Stoffliche Emissionen										-		
Kulturfläche	Flächenanlage	Flächenmaße	--	++	++			++	-	--	-+	-+	
		Pflanzdichte		+	+	+							
	Baumart	Änderung Bestandshöhe	--	++	++			+			--	-+	-+
		Änderung Vegetationsstruktur		++	++	+		+			--	-+	-+
		Änderung Wasserverbrauch	--		+			+				-+	
		Änderung Wurzelwachstum	--	++				+					
		Änderung der Streuschicht		+	+	+		+				+	
Kulturpflege	Mechanische Begleitwuchsregulierung	Zerstörung der Begleitflora			-	-		-				-	
		Auflockerung des Oberbodens			+	-		-				-	
		Zerstörung des Kapillargefüges	-		-								
		Fahrspuren, Maschinenlast	-	-	-		-	-					
		Geräuschemissionen											
	Chemische Begleitwuchsregulierung	Stoffliche Emissionen							-				
	Düngung	Stoffliche Emissionen											
Ernte		Geräuschemissionen											
		Scheuchwirkung										-	
		Fahrspuren, Maschinenlast	-	-	-		-						
		Stoffliche Emissionen											
		Verlust von Tieren										-	
		Flächenverbrauch											
Rückführung	Entfernen der Wurzelstümpfe	Lockerung des Pflughorizonts		+		-							
		Belüftung des Pflughorizonts				-							
		Zerstörung des Kapillargefüges	-	-	-								
		Zerstörung von Lebensräumen										-	

Art der erwarteten Wirkung: + positiv, - negativ, +- indifferent, Einzelfallprüfung

Intensität der Wirkung: hoch: xx gering: x



Wirkkomplexe und ihr Bezug zu Landschaftsfunktionen

Für diese Studie werden Landschaftsfunktionen und ihre potenzielle Beeinträchtigung als Bindeglied zur naturschutzfachlichen Bewertung verwendet. Landschaftsfunktionen umfassen die derzeitige und potenzielle Leistungsfähigkeit der Landschaft zur nachhaltigen Erfüllung der menschlichen Ansprüche an den Naturhaushalt und das Landschaftserleben.

Tabelle 8a veranschaulicht, dass die identifizierten Wirkkomplexe auf diverse Landschaftsfunktionen einwirken. Damit sind grundsätzlich sowohl positive als auch negative Wechselwirkungen möglich. Tabelle 8b umreißt zudem die wichtigsten Aspekte potenziell negativer und positiver Wirkungen auf die einzelnen Landschaftsfunktionen.

⇒ Die Wechselwirkungen machen deutlich, dass eine ökologische Bewertung von Kurzumtriebsplantagen (a) im jeweiligen Landschaftskontext erfolgen muss und (b) einer Abwägung bedarf, ob und welche Beeinflussung von Landschaftsfunktionen im jeweiligen Landschaftskontext anzustreben bzw. zu vertreten ist.

Tabelle 8a: Wirkkomplexe und ihr Bezug zu Landschaftsfunktionen

Wirkkomplexe/ Landschafts- funktionen	Grundwasserneubildung	Retention von Niederschlägen	Bodenerosion durch Wind und Wasser	Veränderung des Humusgehalts	Bodenverdichtung	Eintrag von Düngemitteln in Boden, Grundwasser und Oberflächengewässer	Eintrag von Pestiziden in Boden, Grundwasser und Oberflächengewässer	Klimatischer Ausgleich und Luftreinhaltung	Veränderung von Lebensräumen	Veränderung des Landschaftsbilds
Grundwasser- dargebotsfunktion	negativ	negativ			negativ					
Grundwasser- schutzfunktion	positiv	positiv	positiv	positiv		positiv	positiv			
Erosionsschutz- funktion		positiv	positiv	positiv	(negativ)					
Abflussregulations- funktion	positiv	positiv		positiv						
Lebensraumfunktion	negativ		positiv	positiv		positiv	positiv	positiv/ negativ	positiv/ negativ	positiv/ negativ
Klimatische Ausgleichsfunktion								positiv/ negativ	positiv/ negativ	positiv/ negativ
Ertragsfunktion	negativ		positiv	positiv				positiv/ negativ		
Landschaftser- lebnisfunktion									positiv/ negativ	positiv/ negativ



Tabelle 8b: Zusammenfassende Betrachtung von potenziellen Risiken und Optionen durch KUP

Landschaftsfunktion	Potenzielle Risiken	Potenzielle Optionen
Grundwasserdargebotsfunktion	Besonders in Gebieten mit geringen Jahresniederschlägen (<600mm) und Böden mit geringer Wasserspeicherkapazität kann Grundwasserzehrung durch hohe Verdunstung auftreten Grundwasserabsenkung durch dauerhafte Grundwasserzehrung Indirekte Folgewirkung auf das lokale und regionale Klima durch hohe Verdunstung und Veränderung des Grundwasserdargebots (Lokale Verdichtung durch Maschineneinsatz und Herabsetzen der Versickerung)	Dränwirkung in Gebieten mit hohem Grundwasserstand und landwirtschaftlicher Nutzung
Grundwasserschutzfunktion	Bei vorheriger Grünlandnutzung initiale Belastung mit Nitrat möglich Durch Herbizideinsatz bei der Kulturvorbereitung ist eine Belastung möglich (im Vergleich zur landwirtschaftlichen Nutzung aber deutlich reduzierte Bearbeitungsfrequenz)	Reduzierung von Düngemittel- und Pestizid-Eintrag Phytoremediation von Schadstoffen Als Retentionsstreifen bieten KUP Schutz vor Schadstoff- und Substrateintrag in Grund- und Oberflächenwasser
Erosionsschutzfunktion	Gefahr der Verdichtung durch schweren Maschineneinsatz (im Vergleich zur landwirtschaftlichen Nutzung aber deutlich reduzierte Bearbeitungsintensität und -frequenz)	Ganzjährige Flächenbedeckung Humusaufbau und Durchwurzelung reduzieren die Erosion Durch Anlage von Schutzstreifen kann die Erosion auf Ackerflächen reduziert werden
Abflussregulationsfunktion		Hohe Verdunstung und die Vegetationsstruktur verringern den Oberflächenabfluss, erhöhen die Bodenwasserspeicherkapazität in den Sommermonaten und können Abflussspitzen reduzieren. Gezielte Anlage auf Flächen mit hoher Sensitivität für die Abflussregulation kann den Effekt steigern
Lebensraumfunktion	Gefährdung von Offenlandarten Gefährdung von Feuchtbiotopen Konkurrenz zu naturschutzfachlich wertvollen, extensiven (Grünland)Nutzungen	Pufferfunktion zu geschützten Biotopen Verbindungselement zu ökologischen Ausgleichsflächen Erhöhung der Artenvielfalt in intensiv genutzten Agrarlandschaften oder bei ausgeprägtem Altersklassenmanagement mit Randstrukturen und Lichtschneisen
Klimatische Ausgleichsfunktion	Beeinträchtigung des Kaltluftaustauschs	Klimatischer Ausgleich in ausgeräumten Landschaften Windschutz, Filterfunktionen für Staub- und Stoffemissionen
Ertragsfunktion	Grundwasserabsenkung	Erhöhung des Humusspiegels Tiefenlockerung des Bodens durch Regenwürmer
Landschaftserlebnisfunktion	Sichtbehinderung, Monotonisierung und Homogenisierung	Verbesserung der Landschaftsstruktur Erhöhung der Landschaftsdiversität und der vertikalen Struktur

7.3 Einfluss auf Entwicklungsziele von Landschaftsfunktionen

Anhand von verschiedenen Regionalplänen (Uelzen, Chemnitz-Erzgebirge, Nordhessen) und in Anlehnung an Bastian & Schreiber (1999) wurden typische Entwicklungsziele für Landschaftsfunktionen ausgewiesen und hinsichtlich potenzieller Zielkonflikte mit Kurzumtriebsplantagen bewertet (s. Tabelle 9). Hierbei wurden 30 Zielfunktionen identifiziert. Da sowohl Zielübereinstimmungen als auch Zielkonflikte auftauchen, ist bei der Anlage von KUP generell eine sorgfältige Bewertung der zugrundeliegenden Wirkkomplexe und deren Effekte auf Landschaftsfunktionen durchzuführen. Ähnlich wie beim Kriterienkatalog zur „Guten fachlichen Praxis“ der Landwirtschaft (Knickel et al. 2001) sollten naturschutzrelevante Kriterien zur Etablierung von KUP entwickelt werden. Mit einem zielbezogenen Management gelingt es, Zielkonflikte zu vermeiden und sogar Synergieeffekte zu erreichen – indem z.B. eine erosionsmindernde Wirkung und eine Erhöhung der Strukturvielfalt kombiniert werden.



Grundwasserdargebotsfunktion

Pappel und Weide haben gegenüber einjährigen Kulturen einen erhöhten Wasserbedarf und somit einen potenziell negativen Einfluss auf die Grundwasserneubildung. Ob diese Effekte lokal auftreten oder einen landschaftsökologisch bedeutsamen Einfluss haben, hängt von vielen Faktoren wie z.B. der Nähe zu Feuchtgebieten, der Flächenausdehnung, dem Flächenzuschnitt, den Niederschlägen und der Niederschlagsverteilung, der Speicherkapazität der Böden und der Grundwasserneubildung ab. Entsprechend leiten sich Zielkonflikte zum Schutz des Grundwasserdargebots in Bereichen mit geringer Grundwasserneubildungsrate oder in Nachbarschaft zu sensiblen Feuchtgebieten ab.

⇒ Die Forderung nach dem Erhalt oder der Ausweitung von (Feucht-)Grünland kann einen Zielkonflikt mit der Etablierung von Kurzumtriebsplantagen bedeuten, da der standörtliche Wasserhaushalt günstig für den Anbau schnellwachsender Baumarten ist. Diese Flächen haben außerdem eine wichtige klimatische Ausgleichsfunktion als Kaltluftbahnen und bei extensiver Nutzung einen hohen ökologischen Habitatwert. Die Umwandlung von Grünland in KUP kann daher eine Reihe sich potenziell verstärkender Zielkonflikte hervorrufen.

Tabelle 9: Potenzielle Konflikte mit Entwicklungszielen von Landschaftsfunktionen durch den Anbau von Agrarholz

Landschafts-funktion	Entwicklungsziele	Zielkonflikte durch Anlage von KUP
Grundwasser-dargebotsfunktion	Extensive Nutzung in Gebieten mit hohen Sickerwasserraten und hoher Grundwasserneubildungsrate	Einzelfall
	Extensive Nutzung in Gebieten mit hohen Sickerwasserraten und geringer Grundwasserneubildungsrate	ja
Grundwasserschutzfunktion	Reduzierung von Düngemittel- und Pestizid-Austrag	nein
	Extensivierung der Nutzung auf Böden mit geringem Filter-, Puffer- und Transformationsvermögen	nein
Erosionsschutzfunktion	Reduzierung der Bodenverdichtung	nein
	Erhalt des Humusspiegels	nein
	Erosionsschutzmaßnahmen auf disponierten Standorten	nein
Abflussregulationsfunktion	Verbesserung der Retention z.B. durch Schlaggestaltung	nein
	Retentionstreifen	nein
	Erhalt/Umwandlung in Grünland	ja
	Schaffung von Retentionsräumen	indifferent
Lebensraumfunktion	Erhöhung des Natürlichkeitsgrads der Vegetation	ja
	Erhalt extensiver Nutzungen	Einzelfall
	Senkung der Nutzungsintensität	nein
	Verbesserung der Landschaftsstruktur	Einzelfall
	Schutz wichtiger Biotopverbundbeziehungen	Einzelfall
	Erhöhung des Anteils wertvoller Biotoptypen	Einzelfall
	Verminderung der Isolationswirkung	Einzelfall
	Erhalt großräumig störungsarmer Gebiete	indifferent
Erhalt/Wiederherstellung von Feuchtwiesen	ja	
Klimatische Ausgleichsfunktion	Erhalt von Kaltluftschneisen	Einzelfall
	Förderung von klimatischen Ausgleichsflächen	nein
	Verbesserung der Luftqualität	nein
	Verringerung klimarelevanter Emissionen aus der Landwirtschaft	nein
Ertragsfunktion	Erhalt landwirtschaftlich wertvoller Flächen für die Nahrungsmittelerzeugung	ja
	Erhalt leistungsfähiger Böden	nein
Landschaftserlebnisfunktion	Erhalt und Wiederherstellung der Kultur- und Erholungslandschaft durch naturverträgliche Landbewirtschaftung	nein
	Erhalt und Entwicklung eines Systems naturnaher Flächen	indifferent
	Erhalt/Förderung der landschaftlichen Kleinstrukturen	nein
	Erhalt charakteristischer Landschaftsbilder	Einzelfall



Grundwasserschutzfunktion

KUP können zum Schutz von Grund- und Oberflächenwasser beitragen, da der Eintrag von Pflanzenschutz- und Düngemitteln deutlich reduziert ist. In Kombination mit einem Erosionsschutz kann so wirkungsvoll eine Minderung des Stoff- und Sedimenteintrags in Oberflächengewässer betrieben werden. Der Grundwasserschutz ist unter zwei Gesichtspunkten relevant: (1) der verringerten Nitratauswaschung bzw. der Nitratzehrung, da während der Bestandsphase nur ein geringer Düngerbedarf besteht und die Kulturen das Sickerwasser reduzieren und (2) der Phytoremediation durch große Blattflächen beim Pappelanbau und eine verringerte Sickerwasserrate.

⇒ *KUP-Flächen können einen Beitrag zum Grundwasserschutz leisten, wenn sie in Bereichen mit a) hohem Düngemiteleintrag, b) hoher Viehbesatzdichte, c) hohen Sickerwasserraten, d) hohen Erosionsraten etabliert werden. Hierbei sind potenzielle Konflikte mit anderen Zielfunktionen abzuwägen.*

Erosionsschutzfunktion

Mit Ausnahme der Kulturvorbereitung und der Rückführung in die vorherige Landnutzung haben Kurzumtriebsplantagen einen positiven Einfluss auf die Bodenerosion. Aufgrund der Oberflächenbedeckung und der mehrjährigen Ernteintervalle dürfte die Wind- und Wassererosion deutlich vermindert werden. Eine gezielte Etablierung von Kurzumtriebsflächen auf erosionsgefährdeten Standorten bzw. in Nachbarschaft zu Fließgewässern („riparian buffer“), Hangkanten oder erosionsanfälligen Kulturen kann somit einen wertvollen Beitrag zur Erosionsminderung leisten.

⇒ *Besonders effektiv kann der Erosionsschutz durch KUP gestaltet werden, wenn Flächen etabliert werden, die außerdem eine hohe Bedeutung für den Grundwasserschutz zeigen oder für die Abflussregulation von Bedeutung sind. Um solche Flächen identifizieren zu können, ist ein landschaftsbezogener Planungsansatz nötig, der vorhandene Umweltqualitätsziele und Landschaftsqualitätsziele übergreifend bewertet.*

Abflussregulationsfunktion

Die Wirksamkeit von Kurzumtriebsplantagen zur Regulation von Oberflächenabfluss kann einerseits durch eine gezielte Flächenauswahl gesteuert werden. Darüber hinaus hängt die Retention wesentlich von der Bestandsstruktur, dem Flächenausmaß, dem Flächenzuschnitt, der Klonwahl und der Umtriebszeit ab. Aufgrund der hohen Verdunstungswerte und der Vegetationsbedeckung bieten KUP das Potenzial, Oberflächenabflüsse zu verringern, Abflussspitzen zeitlich zu verzögern bzw. zu verringern und den Boden als Zwischenspeicher zu nutzen. Allerdings ist bei der Flächenbegründung, den Erntezeitpunkten und der Flächenrückführung auf eine möglichst geringe Schadverdichtung durch Maschineneinsatz zu achten. In Auen- und Überschwemmungsbereichen ist besonders auf eine potenzielle Konkurrenz zur Grünlandnutzung zu achten und außerdem die bioklimatische Wirkung zu berücksichtigen.

⇒ *Geoökologische Raumeinheiten, die besonders auf die Wasserflüsse ausgerichtet sind, können helfen, relevante Flächen für die Abflussregulation auszuweisen.*

Lebensraumfunktion

Kurzumtriebsplantagen stellen als Monokultur mit vorwiegend gebietsfremden Arten einen potenziellen Zielkonflikt dar. Ob der Einfluss von KUP auf die pflanzliche und die faunistische Biodiversität auf der Landschaftsebene negativ oder positiv zu bewerten ist, kann nicht generell beantwortet werden.



Die Vielzahl der beeinflussenden Parameter reicht von der Sortenwahl, dem Management und dem Alter der Plantage über den Flächenzuschnitt, die Nachbarschaftsverhältnisse zu anderen Biotopen, die Landschaftsstruktur und die Flächengröße bis zur vorherigen Landnutzung (vgl. Kap. 5; WCL 2007, Sage 1998). Die Bewertung der faunistischen Diversität fällt noch schwerer, da verschiedene Indikatorgruppen, wie z.B. Singvögel, Tagfalter, Spinnen und Laufkäfer in Betracht kommen, die sich hinsichtlich ihrer Standortansprüche und ihres Aktionsraums deutlich unterscheiden (s. Kap. 6).

⇒ *Sofern nicht der Naturschutz von Einzelflächen im Vordergrund stehen soll, muss eine Bewertung der Habitatqualität von KUP im Landschaftskontext erfolgen. Tabu- und Vorrangflächen sowie Abstandsmaße zu existierenden Biotoptypen müssen aus naturschutzfachlichen Zielvorgaben abgeleitet werden. Hierzu bedarf es der intensiven Kartierung von repräsentativen Landschaftsmosaiken und eines landschaftsbezogenen Zielartenkonzepts. Zielgrößen für Flächenausdehnung, Flächenform und Nachbarschaft zu existierenden Habitaten lassen sich aus einer landschaftsökologischen Analyse ableiten.*

Kurzumtriebsplantagen können einen Puffer zwischen intensiv genutzten Agrarräumen und Schutzgebieten bieten und gleichzeitig Verbindungselemente zu Einzelbiotopen schaffen. Untersuchungen aus Großbritannien (z.B. Sage 1998, Cunningham et al. 2006, Sage et al. 2006, Reddersen & Petersen 2004, Christian et al. 1998), dass KUP besonders in strukturarmen Agrarlandschaften wertvolle Habitate für zahlreiche Vogelarten bilden können. Bei gezieltem Management kann so ein positiver Effekt für die Verbesserung der Landschaftsstruktur, den Erhalt extensiver Nutzungen und den Schutz von Biotopverbundbeziehungen erreicht werden. Gleichzeitig muss sichergestellt sein, dass KUP nicht bestehende ökologische Ausgleichsflächen ersetzen bzw. deren ökologische Funktion mindern.

Für die Vogelwelt spielen die Randstrukturen, das Alter der Flächen und das Rotationsmanagement eine bedeutende Rolle. Die Vorteile von kleinen Flächen mit möglichst großen Kantenlängen für die Vielfalt der Avifauna müssen gegenüber potenziellen Nachteilen für den Landschaftswasserhaushalt abgewogen werden. Lange Umtriebszeiten, die aus waldbaulicher Sicht bevorzugt werden, sind für die Pflanzenwelt (Lichtmangel) und die Vögel nicht von Vorteil. Kleine Einzelflächen, die aus tierökologischer Sicht zu bevorzugen sind, können zu einer Isolierungswirkung auf Landschaftsebene beitragen.

Bei der Frage, ob Strukturelemente in Form von Kurzumtriebsplantagen zur Bereicherung einer Landschaft beitragen, oder die Durchlässigkeit von Offenlandebenen beeinträchtigen, benötigt man eine landschaftsökologische Strukturanalyse. Ein bekanntes Beispiel in der naturschutzfachlichen Diskussion ist die Kulissenwirkung von Energieholzflächen für Wiesenbrütervorkommen. Als Indikator für die Bewertung kommt z.B. die Schlaggröße der vorhandenen Landwirtschaftsflächen (bzw. deren Zielgröße) und die Landschaftskomposition in Betracht.

⇒ *Landschaftsstrukturindikatoren können helfen, Flächenmaße und eine Flächenverteilung zu finden, die dem bestehenden Landschaftstyp entsprechen bzw. mit den Zielvorstellungen harmonisieren.*

Grünlandnutzung umfasst einen weiten Bereich von standörtlichen Bedingungen, Bewirtschaftungsweisen und Nutzungsintensitäten. Daher muss eine naturschutzfachliche Bewertung für die Umwandlung von Grünland in KUP im Einzelfall erfolgen und die Einbindung der Flächen in den Landschaftskontext berücksichtigen. Der Erhalt von extensiven Grünlandflächen darf durch den Anbau von KUP nicht gefährdet werden. In Bereichen intensiver, großflächiger Grünlandnutzung können ggf. aber Synergien durch KUP erreicht werden. So könnte ein „silvopastorales“ System mit streifenweiser KUP-Anlage in Bereichen mit hoher Sickerwasserrate (Nitratgefährdung), Defiziten in der Landschaftsstruktur oder Extensivierungszielen positive



Mehrfacheffekte bewirken. Inwieweit die Grünlandumwandlung in KUP eine hohe Freisetzung von klimawirksamen Gasen bewirkt, ist bislang nicht ausreichend bilanziert worden. Hierbei muss ebenfalls die große Bandbreite der Grünlandnutzung und der ökologischen Rahmenbedingungen berücksichtigt werden.

Klimatische Ausgleichsfunktion

KUP können aufgrund ihrer vertikalen Struktur einen Beitrag zur Lufthygiene in Bereichen mit hohen Staubbemission oder auch gasförmigen Emissionen (z.B. Ammoniakemissionen) leisten. Diese Wirkung ist jahreszeitenbedingt eingeschränkt. Darüber hinaus können KUP in strukturarmen Landschaften als Windschutz und für den klimatischen Ausgleich eingesetzt werden. Hier bieten sich besonders streifenförmige Anlagen in Hauptwindrichtung an. Beachtet werden müssen die potenziellen Auswirkungen auf die Grundwasserneubildung und auf eine mögliche Beeinträchtigung des Kaltluftabflusses in Senkenlagen.

Ertragsfunktion

In Regionen mit hoher natürlicher Ertragsfähigkeit dürfte eine Flächenkonkurrenz zwischen Kurzumtriebsplantagen und der Produktion von Nahrungsmitteln angesichts der höheren Deckungsbeiträge einjähriger Ackerkulturen nur bedingt auftreten (Bemmann et al. 2007, Schneider & Kaltschmitt 2002). KUP können in diesen Regionen aber als Erosionsschutz für den Erhalt leistungsfähiger Böden sowie als Beitrag zum Biotopverbund gezielt etabliert werden. Ansonsten dürften KUP schwerpunktmäßig in Bodenregionen mit mittleren Ertragsmaßzahlen etabliert werden. Auf Grenzertragsstandorten ist ein besonderes Augenmerk auf die potenzielle Beeinträchtigung der Lebensraumfunktion zu legen. Diese Standorte weisen oftmals einen extremen Wasserhaushalt auf und bilden somit wertvolle Habitate für seltene Pflanzen- und Tierarten. Eine Nutzungskonkurrenz auf diesen Standorten sollte unterbleiben, zumal die Ertragserwartungen für den KUP-Anbau gering sind.

Landschaftserlebnisfunktion

Wie alle großflächig angebauten Monokulturen tragen auch Kurzumtriebsplantagen zur Homogenisierung und Monotonisierung der Landschaft bei. Allerdings kann über die vertikale Struktur sowie die Variabilität und die Größe der Standorte (geringe Standortansprüche von Pappel und Weide im Vergleich zu Ackerkulturen) die Struktur der Plantagen sehr gezielt beeinflusst werden. In Kombination mit den bereits genannten Restriktionen kann so ein bereicherndes Landschaftselement geschaffen werden, das allerdings einer umfassenden Managementplanung bedarf. Hilfreich sind hier landschaftsbezogene Leitbilder, die Aussagen zur Strukturvielfalt und Landschaftskomposition machen.





7.4 Schlussfolgerungen aus landschaftsökologischer und naturschutzfachlicher Sicht

Landschaftsanalyse

- ◆ Die Analyse von Naturraumeinheiten, Landnutzung und Landschaftsstruktur sollte Voraussetzung für eine natur- und landschaftsverträgliche Etablierung von Kurzumtriebsplantagen sein.
- ◆ Die Erfassung von Biotoptypen und Biotopkomplexen sollte vorangetrieben und mit Zielartenkonzepten für repräsentative Landschaftsmosaik zusammengeführt werden.

Analyse der Zielkonflikte

- ◆ Auf der Basis von Landschaftseinheiten müssen Entwicklungsziele für die Landschaftsplanung formuliert und potenzielle Zielkonflikte analysiert werden. Die Analyse sollte sich auch an naturschutzfachlichen Kriterienkatalogen zur „Guten fachlichen Praxis“ der Landwirtschaft orientieren.

Schutzgebiete und Puffermaße

- ◆ Besonders in Gebieten mit Schutzstatus (z.B. Natura 2000) und in räumlicher Nähe zu sensiblen Biotopen müssen Managementpläne mit konkreten Auflagen erarbeitet und Pufferbereiche eingehalten werden.

Landschaftsstruktur und Biotopvernetzung

- ◆ Eine möglichst vielfältige vertikale und horizontale Struktur sollte angestrebt werden. Sichtachsen sind zu erhalten. Für die angepasste Flächengröße können Landschaftsstrukturmaße wie z.B. die existierende Schlaggröße von Ackerflächen herangezogen werden. Die Reliefanalyse sollte benutzt werden, um KUP-Flächen der Oberflächenform anzupassen.
- ◆ Wo möglich, sollten existierende Einzelbiotope mit Kurzumtriebsplantagen vernetzt oder Pufferzonen zwischen intensiv genutzten Agrarflächen und Schutzgebieten als KUP etabliert werden.





8. Offene Fragen und Perspektiven

8.1 Grundwasserzehrung

Angesichts des potenziell kritischen Einflusses von Kurzumtriebsplantagen auf die Grundwasserneubildung besteht ein dringender Bedarf nach einer Bewertung unter verschiedenen naturräumlichen Rahmenbedingungen sowie verschiedenen Managementoptionen. Allerdings gibt es gerade im Hinblick auf den Wasserhaushalt von KUP ein großes Defizit an belastbaren Daten. Hierzu zählt vorrangig ein Mangel an alters- und standortabhängigen Daten zur Verdunstungsleistung und Interzeption sowie zur nutzbaren Feldkapazität und zum kapillaren Aufstieg aus dem Grundwasser. Zudem mangelt es an verlässlichen Informationen bzgl. des effektiven Wurzelraums unter verschiedenen Wuchsbedingungen. Mit diesen Eingangsdaten kann die Modellierung des Wasserhaushalts sowohl auf der standörtlichen als auch auf der Landschaftsebene vorangetrieben werden. Dabei sollten insbesondere auch mögliche Klimaszenarien und Wetterextreme berücksichtigt werden.

8.2 Bodenerosion, Veränderung des Humusgehalts

Die Bodenerosion ist in Kurzumtriebsplantagen niedriger als bei ackerbaulicher Nutzung. Allerdings fehlen bisher Messungen zum Bodenabtrag in Anbausystemen mit sehr kurzen Umtriebszeiten und einer mechanischen Bodenbearbeitung zwischen den Gehölzreihen. Inwieweit die Bodenerosion bei Grünlandumbruch ansteigt, ist bislang ebenfalls nicht untersucht. Auch auf diesen Standorten kann jedoch davon ausgegangen werden, dass Bodenerosion nur während der Bestandsbegründung auftritt. Die Etablierung von KUP in erosionsanfälligen Gebieten ist daher grundsätzlich wünschenswert. In Auen- und Offenlandbereichen sowie in Nachbarschaft zu geschützten Biotopen sind aber Pufferabstände zu berücksichtigen.

Die gut belegte, zusätzliche Speicherung (Sequestrierung) von Kohlenstoff im Mineralboden durch Kurzumtrieb stellt zunächst eine temporäre Kohlenstoffsенке dar. Fraglich ist aber bislang, wie die Kohlenstoffbilanz über den kompletten Zyklus – von der Bestandsbegründung bis zur Rückführung in die Vornutzung – ausfällt und welchen Einfluss die jeweilige Vornutzung (z.B. Grünland, Brache, Acker) auf die C-Bindung hat.

Hier gilt es, praxistaugliche Bewirtschaftungspfade zu entwickeln, die verhindern, dass der durch eine KUP zusätzlich akkumulierte organische Kohlenstoff durch vor- oder nachgelagerte Bodenbearbeitungsmaßnahmen wieder freigesetzt wird.

Unsicherheiten bestehen außerdem hinsichtlich der Nachhaltigkeit der zunächst positiven Auswirkungen von Kurzumtriebsplantagen auf die Bodenmakro- und -mikrobiologie. Dabei gilt es z.B. zu klären, wie sich mehrfach wiederholte Erntemaßnahmen und die damit verbundene Freilage des Bodens mit veränderten Licht- und Klimaverhältnissen auswirken oder was passiert, wenn KUP in Ackerflächen rückgeführt werden. Hier sind vor allem grundlageorientierte Forschungsvorhaben gefragt, um eine abschließende ökologische Bewertung vornehmen zu können.

8.3 Retention von Niederschlägen

Die Wirksamkeit von Kurzumtriebsplantagen zur Regulation von Oberflächenabflüssen kann durch eine gezielte Flächenauswahl gesteuert werden. Darüber hinaus hängt die Retention wesentlich von der Bestandsstruktur, den Flächenausmaßen und den Evapotranspirations- bzw. Interzeptionsleistungen ab.



Ähnlich wie bei der Grundwasserzehrung ist für eine gezielte Flächenauswahl zur Abflussregulation eine geoökologische Raumgliederung hilfreich. Eine weitere Alternative, der Anbau in Überflutungsgebieten, ist zu überprüfen, da Untersuchungen aus Großbritannien und den USA zeigen, dass KUP-Flächen Hochwasserschutz bieten können (Hershey & Wallace 1993, WCL 2007) und gegenüber einjährigen Kulturen durch Hochwasser im Ertrag geringer betroffen sind. Hier ist erneut eine lokale Abwägung mit anderen Zielkategorien wie dem Erhalt von Kaltluftschneisen oder dem Schutz von Feuchtgrünland zu treffen.

8.4 Veränderung von Lebensräumen

Standort und Bewirtschaftung

Eine Grundvoraussetzung für die Baumartenwahl ist die ökologische Anpasstheit der Pflanzen an den Standort. Deshalb sollte jeder Pflanzung eine Standortanalyse vorausgehen, die den Boden, die Klimaverhältnisse, die Höhenlage und die Exposition erfasst. Eine standortangepasste Baumartenwahl bedeutet eine optimale Ausnutzung des Biomassepotenzials und der Dauerhaftigkeit des Standortes sowie eine erhöhte Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegenüber Krankheiten und Parasiten. Untersuchungen zum Biomassepotenzial verschiedener Baumarten auf Agrarflächen sind aus der Literatur aber nur lückenhaft zu finden. Auch zur erfolgreichen Kulturbegründung auf landwirtschaftlichen Böden ohne Betriebsmittel wie Pestizide besteht noch Informationsbedarf. Auf diesen Böden ist aufgrund großer Diasporenvorräte mit erheblicher Konkurrenzvegetation zu rechnen, so dass ohne Herbizideinsatz eine erfolgreiche Etablierung problematisch ist. Ein naturschutzgerechtes Vorgehen sollte aber auf diese Methoden weitgehend verzichten. Da der Einsatz von alternativen Techniken wie Schutzpflanzendecken in der Praxis nicht immer zu positiven Ergebnissen führt, ist dieses Verfahren kritisch zu betrachten und durch weiterführende Untersuchungen zu verbessern.

Aus waldbaulicher und bodenökologischer Sicht spricht vieles für möglichst lange Umtriebszeiten, um einerseits den Düngerbedarf gering zu halten und andererseits die positiven Wirkungen der ungestörten Bodenentwicklung länger aufrecht zu erhalten. In wieweit die festgestellten Wirkungen in Abhängigkeit von Baumart, Sorte oder Klon differenziert werden kann, ist ein Punkt, den es in langfristigen Untersuchungen noch zu untersuchen gilt. Außerdem haben lange Umtriebszeiten potenziell negative Auswirkungen auf die Grundwasserneubildung sowie die Phyto- und Zoodiversität von Beständen.

Pflanzenartenvielfalt

Die vorliegenden Erkenntnisse zur Phyto Diversität basieren meist auf eher kleinen Untersuchungsflächen, die vorwiegend aus Versuchs- und Forschungszwecken angelegt wurden. Diese repräsentieren nicht unbedingt den rationalisierten Betrieb von KUP auf größeren Flächen.

Die Untersuchungsergebnisse zur Artenvielfalt in KUP sind ferner stark lokalspezifisch. Es zeigt sich, dass das Ausmaß der Einflussfaktoren sehr heterogen ist. Um dieses Beziehungsgeflecht zu ordnen, wären bundesweit verteilte und vergleichbar aufgebaute Versuchsanlagen hilfreich. Dabei sind unterschiedliche Regionen mit unterschiedlichen klimatischen und standörtlichen Verhältnissen zu berücksichtigen. Wichtig sind auch standardisierte Referenzflächen in anderen Landnutzungsformen, um vergleichende Aussagen machen zu können.

Zudem fehlen vor allem Langzeituntersuchungen, die nicht nur die Vegetation während der ersten Umtriebszeit, sondern auch in den folgenden Umtriebszeiten betrachten. Weitgehend unerforscht ist die Bedeutung der Pflanzendiversität für die Ökosystemfunktionen in KUP (funktionelle Diversität). Dies betrifft beispielsweise den Einfluss von Artenvielfalt auf die Nährstoffaufnahme und -retention in KUP. Hier ergeben sich enge Bezüge zum Wasserhaushalt und zur Bodenökologie.



Maßnahmen zur aktiven Erhöhung der Biodiversität in KUP sind lediglich ansatzweise beschrieben (Wolf & Böhnisch 2004, Vesterdall et al. 2004). Da hier wichtige Aufwertungsmöglichkeiten für den Naturschutz zu erwarten sind, müsste die Wirkung der Maßnahmen eingehender untersucht und erprobt werden.

Generell fehlen Kenntnisse zur umfassenden Landschaftsbewertung bei einer Änderung der Nutzungssysteme (UBA 2008). Hierzu sind sektorübergreifende Forschungen unter Einbeziehung von KUP wünschenswert, die auf die regional abgestimmten Naturschutzziele abgestimmt sind. Ziel ist dabei, umfassende Grundlagen für die Entwicklung eines Kriterien- und Indikatorensets zu entwickeln, um KUP gegenüber alternativen Landnutzungen im Landschaftskontext zu bewerten.

Tierartenvielfalt

Gegenwärtig finden die faunistischen Untersuchungen zu Kurzumtriebsplantagen auf Einzelflächen statt, die sowohl hinsichtlich ihrer Altersstruktur als auch in Bezug auf die Bestockung (unterschiedliche Klone, unterschiedliche Arten) nur schwer vergleichbar sind. Darüber hinaus sind die Untersuchungsflächen in verschiedenartige Landschaftsausschnitte eingebettet, die sich hinsichtlich ihrer naturräumlichen Ausstattung (Klima, Relief, Wasser, Boden), der aktuellen Landnutzungsmuster und der Landschaftsstruktur unterscheiden.

Soll die Bedeutung von Kurzumtriebsplantagen für die Zoodiversität im Landschaftskontext erfasst und für die Landschaftsplanung zugänglich gemacht werden, so müssen die Untersuchungsansätze auch auf die Landschaftsebene ausgedehnt werden. Dabei sollte der Fokus nicht nur auf den bekannten Vorranggebieten des Artenschutzes wie z.B. Magerrasen, Feuchtwiesen, Bodenbrütergebieten, Bachauen oder Brachflächen liegen, sondern auch auf einer systematischen Gliederung von geoökologischen Raumeinheiten, die gleichzeitig Informationen von Biotopkomplexen mit der Landnutzung und der Landschaftsstruktur verbindet. Welche Differenzierung dieser Ansatz erfährt, hängt wesentlich von den Schutz- und Entwicklungszielen und der Maßstabebene für deren Umsetzung ab. Für eine tierökologische Bewertung besteht Informationsbedarf auf folgenden Ebenen:

1) Biotoptypen und Biotopkomplexe

- ◆ Erfassung von Biotoptypen und Biotopkomplexen, Zusammenführung mit geoökologischen Raumeinheiten,
- ◆ Durchführung einer landschaftsökologischen Strukturanalyse und Ableitung von Strukturmaßen,
- ◆ Bewertung hinsichtlich ziel- bzw. wertgebender Arten,
- ◆ Bewertung potenzieller Konflikte durch Nutzungsänderung,
- ◆ Bewertung der Sensitivität gegenüber Nachbarbiotopen,
- ◆ Ableitung von Pufferdistanzen,
- ◆ Identifikation von Korridoren und Barrieren.

2) Artengruppen bzw. Anspruchstypen

- ◆ Vorgabe von Zielarten,
- ◆ Vorgabe von weiteren wertgebenden Arten,
- ◆ Definition von räumlich-funktionalen Ansprüchen und Ansprüchen an Lebensraumgröße der Ziel- bzw. wertgebenden Arten.



8.5 Klimatischer Ausgleich, Luftreinhaltung

Forschungsbedarf besteht für Gebiete oder Standorte mit einer erhöhten Grundbelastung an flüchtigen Stickstoffverbindungen. Lokal kommt es z.B. in der Nähe von Viehställen immer wieder zu hohen N-Emissionen und hohen Einträgen an Ammonium. Hier könnten Kurzumtriebsplantagen über ihre Filterfunktion einen positiven Beitrag leisten und gleichzeitig von den zusätzlich aufgenommenen Nährstoffen profitieren. Signifikant negative Auswirkungen, d.h. deutliche Erhöhungen der vorhandenen Grundbelastung mit Stickstoff aus der Atmosphäre, sind insgesamt jedoch eher unwahrscheinlich. Sollte eine derartige Situation eintreten, so reicht das bisherige Wissen aus, dass bestimmte Baumarten (z.B. Weide) bzw. Klone besonders effizient Stickstoff akkumulieren. Diese Gehölze sollten dann an solchen Standorten bevorzugt angebaut und andere, wie z.B. die Robinie, die zusätzlich Luftstickstoff bindet, nicht verwendet werden. Forschungs- bzw. Handlungsbedarf besteht also hier mehr auf Seiten der Planung, Entwicklung und Umsetzung derartiger Anbaustrategien, und zwar unter Ausnutzung aller gegebenen Optionen.



In die vorhandene Landschaftsstruktur eingebundene Kurzumtriebsplantagen. **Abb. 13 (oben):** Neuanlage mit Pappel, **Abb. 14 (unten):** Stufige Rand- und Schneisengestaltung durch zeitversetzte Ernteintervalle



9. Literatur

- A** Allen, S.J., Hall, R.L., Rosier, P.W. (1999): Transpiration by two poplar varieties grown for biomass production. *Tree Physiology* 19: 493-501.
- Ammer, U. (1997): Erstaufforstung und Landschaftsplanung. *Schr.-R. f. Landschaftspfl. u. Natursch.* (49): 39 – 45.
- Anderson, G.Q.A., Haskins, L.R., Nelson, S.H. (2004): The Effects of Bioenergy Crops on Farmland Birds in the United Kingdom: A Review of Current Knowledge and Future Predictions. In: Parris, K. & Poincet T., (Hg.): *Biomass and Agriculture: Sustainability, Markets and Policies*. Paris, OEDC, 199-218.
- Aronson, P.G. & Bergstrom, L.F. (2000): Long-term influence of intensively cultured short-rotation willow coppice on nitrogen concentrations in groundwater. *Journal of Envir. Manag.*: 135-146.
- Aronsson, P.G. & Bergström, L.F. (2001): Nitrate leaching from lysimeter-grown short-rotation willow coppice in relation to N-application, irrigation and soil type. *Biomass and Bioenergy* 21: 155-164.
- B** Bastian, O., Schreiber, K-F. (1999): *Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft*. 2. Aufl. Berlin.
- Bauer, H.G., Berthold, P., Boye, P., Knief, W, Südbeck, P., Witt, K. (2002): Rote Liste der Brutvögel Deutschlands. *Ber. Vogelschutz*, 39: 13-60.
- Bell, S., McIntosh, E. (2001): Short rotation coppice in the landscape. *Forestry commission guidance note 2*. Edinburgh.
- Bemmann, A., Feger, K.H., Gerold, D., Große, W., Hartmann, K-U., Petzold, R. Röhle, H., Schweinle, J., Steinke, C. (2007): Kurzumtriebsplantagen auf landwirtschaftlichen Flächen in der Region Großenhain. *Forstarchiv* 78: 95-101.
- Bergström, L., Johansson, R. (1992): Influence of fertilized short-rotation forest plantations on nitrogen concentrations in groundwater. *Soil Use and Manag.*, 8: 36-39.
- Berthelot, A., Ranger, J., Gelhaye, D. (2000): Nutrient uptake and immobilization in a short-rotation coppice stand of hybrid poplars in north-west France. *For. Ecol. Manag.*, 128: 167-179.
- Betts, M.G., Diamond, A.W., Forbes, G.J., Frego, K., Loo, J.A., Matson, B., Roberts, M.R., Villard, M.A., Wissink, R., Wuest, L. (2005): Plantations and biodiversity: a comment on the debate in New Brunswick. *Forest Chronicle* 81: 265-269.
- Blick, T. Weiss, I., Burger, F. (2003): Spinnentiere einer neu angelegten Pappel- Kurzumtriebsfläche (Energiewald) und eines Ackers bei Schwarzenau (Lkr. Kitzingen, Unterfranken, Bayern). *Arachnol. Mitt.* 25: 1-16.
- Blick, T., Burger, F. (2002): Wirbellose in Energiewäldern. Am Beispiel der Spinnentiere der Kurzumtriebsfläche Wöllershof (Oberpfalz, Bayern). *Naturschutz und Landsch.planung* 34 (9): 276-284.
- Boelcke, B. (2006): Schnellwachsende Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen. Leitfaden zur Erzeugung von Energieholz. Hrsg. Min. f. Ernährung, Landw., Forsten u. Fischerei Mecklenburg-Vorp. Schwerin.
- Borjesson, P., Berndes, G. (2006): The prospects for willow plantations for wastewater treatment in Sweden. *Biomass and Bioenergy*, 30: 428-438.
- Brändle, M., Brandl, R. (2001): Species richness of insects and mites on trees: expanding Southwood. *Journal of Animal Ecol.* (70): 491-504.
- Brauner, O., Schulz, U. (2008): Laufkäfer, Heuschrecken und Tagfalter auf Energieholzflächen und angrenzenden Vornutzungsflächen in Brandenburg, Hessen, Niedersachsen und Sachsen. in prep.
- Brooks, R. R. (1998): *Plants that hyperaccumulate heavy metals their role in phytoremediation, microbiology, archaeology, mineral exploration and phytomining*. Cambridge.
- Brückl, C. (2006): Wildbienen in Kurzumtriebsplantagen – Allgemeine Habitatsansprüche, Potenzialanalyse einer Beispielfläche, Maßnahmen zur Förderung des Artbestandes. Unveröff. Praktikumsbericht am FB 2 der FH Eberswalde.
- Bungart, R., Hüttl R.F. (2004): Growth dynamics and biomass accumulation of 8-year-old hybrid poplar clones in a short-rotation plantation on a clayey-sandy mining substrate with respect to plant nutrition and water budget. *Europ. Journal of Forest Res.* 123 (2): 105-115.
- Burger F., Sommer W., Ohrner G. (2005): Anbau von Energiewäldern; LWF Merkblatt 19.
- Burger, F. (2004): Energiewälder und Ökologie. Positive Auswirkungen auf Flora, Fauna und Boden. *LWF aktuell* 48/2004, Freising: 26-27.
- Burger, F. (2004): Technologie und Ökonomie des Anbaus und der Ernte von Feldholz. In: *Energieholzproduktion in der Landwirtschaft, Bornimer Agrartechn. Ber.*, 35: 61–73.
- Burger, F. (2006): Experiences with short rotation forests in Bavaria. *Bayerische Erfahrungen bei der Bewirtschaftung von Kurzumtriebswäldern*. In: *Forst und Holz*, Jg. 61(11): 484–486.
- C** Christian, D.P., Collins, P.T., Hanowski, J.M., Niemi, G.J. (1997): Bird and small mammal use of short-rotation hybrid poplar plantations. *Journ. Wildlife Management* 61 (1): 171-182.
- Christian, D.P., Hoffman, W., Hanowski, J-M., Niemi, G-J., Beyea, J. (1998): Bird and mammal diversity on woody biomass plantations in North America. *Biomass and Bioenergy*, 14 (4): 395-402.
- Coates, A. & Say. A. (1999): *Ecological Assessment of Energy Coppice*. Report B/W5/00216/00/REPORT, ETSU, Oxford.
- Cunningham, M., Bishop, J.D., McKay, H.V. & Sage, R.B. (2004): *The Ecology of Short Rotation Coppice Crops – ARBRE Monitoring*. B/U1/00727/00/REPORT, ETSU, Oxford.
- Cunningham, M.D., Bishop, J.D, Watola, G., Mc Kay, H.V, Sage, R.B. (2006): The effects on flora and fauna of converting grassland to short rotation coppice, DTI, Oxford.



- D** Danfors, B., Ledin, S., Rosenqvist, H. (1998): Short-rotation willow coppice. SIAE (Swedish Institute of Agricultural Engineering), Uppsala.
- Delarze, R., Ciardo, F. (2002): Rote-Liste-Arten in Pappelplantagen. Informationsblatt Forschungsber. Wald 9, WSL Birmensdorf: 3-4
- Denecke, F. (1988): Tending young growth and cleaning up the site using ground covers of useful plants. Jungwuchspflege und Standortsanierung durch Nutzpflanzendecken. In: Allg. Forstzeitschrift, 9-10: 221-222.
- Dhondt, A.A., Sydenstricker, K.A. (2000): Birds breeding in short-rotation woody crops in upstate New York: 1998 – 2000. Proc. of the Short-Rotation Woody Crops Operations Working Group. 3. Conf., Syracuse, NY: 137-141.
- Diederichs, W. (1990): Zur Anbautechnik von Schnellwuchsplantagen. Hamburg: Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (Arbeitsbericht des Instituts für Ökonomie, 1990,2).
- Dimitri, L. (1988): Bewirtschaftung schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb zur Energiegewinnung. Schriften des Forschungsinstituts für schnellwachs. Baumarten Hann.-Münden, Band 4.
- E** Eisenreich, H. (1956): Schnellwachsende Holzarten. Ein Leitfaden. Berlin.
- Ellenberg, H., Weber, H. E., Düll, R., Wirth, V., Werner, W., Paulissen, D. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa; Scripta Geobot. 18, 2. Auflage.
- Ellowson, S. (1999): Willow as a vegetation filter for cleaning of polluted drainage water from agricultural land. Biomass and Bioenergy, 16, 281-290.
- F** Fang, S., Xie, B., Liu, J. (2008): Soil nutrient availability, poplar growth and biomass production on degraded agricultural soil under fresh grass mulch. In: Forest Ecology and Management, Jg. 255 (5/6): 1802-1809.
- FBVA-Berichte (1997): Forstliche Biomasseproduktion im Kurzumtrieb. Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, H.-D. Raschka, 97/1997, BMLF.
- Flade, M., Sudfeld, C. (2008): Vögel und Schutz der biologischen Vielfalt in Deutschland – Abschied von hochgesteckten Zielen? Bilanz zur 9. Vertragsstaatenkonferenz der Konvention über die Biol. Vielfalt. Der Falke (55): 170-178.
- Flemming, G. (1994): Wald, Wetter, Klima. Berlin.
- Flessa, H., Wild, U., Klemisch, M., Pfadenhauer, J. (1998): Nitrous oxide and methane fluxes from organic soils under agriculture. Europ. J. Soil Science, 49: 327-335.
- Führer, E. (2005): Robinienwirtschaft in Ungarn: I. Die Robinie im praktischen Waldbau. In: Forst und Holz, 60: 464-466.
- G** Grigal, D.F., Berguson, W.E. (1998): Soil carbon changes associated with short-rotation systems. Biomass and Bioenergy, 14: 371-377.
- Grünert, S., Roloff, A. (1993): Auswirkungen von Pappelbeständen auf die Begleitflora im Vergleich zu Erlen-, Eichen- und Buchenbeständen. In: Hüttermann, A. (Hrsg.): Anbau von Pappel bei mittlerer Umtriebszeit – Produktionsbiologie, Nutzungstechnologien und Ökonomie. Schriften aus der Forstl. Fakultät der Univ. Göttingen und der Niedersächs. Forstl. Versuchsanstalt 110, Frankfurt a. M.: 77-91.
- Gruß, H., Schulz, U. (2008a): Entwicklung der Brutvogelfauna auf einer Energieholzfläche über den Zeitraum von 13 Jahren. Archiv f. Forstwesen u. Landschaftsökol. 40 (2): 75-82.
- Gruß, H., Schulz, U. (2008b): Avifauna auf Energieholzflächen in Sachsen, Hessen und Brandenburg – Bindung an nutzungsbedingte Strukturtypen. in prep.
- Gruß, H., Schulz, U. (2008c): Besiedlungspotentiale der Avifauna auf Kurzumtriebsplantagen in Sachsen, Hessen und Brandenburg – Bindung an nutzungsbedingte Strukturtypen. in prep.
- Gruttke, H. (1997): Berücksichtigung tierökologischer Erfordernisse bei der Standortwahl für Aufforstungen in der Agrarlandschaft. Schr.-R. f. Landschaftspfl. u. Natursch. (49): 123-138.
- Guericke, M. (2006): Anlage von Schnellwuchsplantagen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen zur Erzeugung von Energieholz. Erste Erfahrungen mit dem Anbau von Weiden im Kurzumtrieb. In: Forst und Holz, Jg. 61(11): 478-483.
- Guidi, W., Bonari, E., Bertolacci, M. (2005): Water consumption and willow short rotation forestry used as vegetation filter: Preliminary results. ICID 21st Europ. Reg. Conf. Frankfurt (Oder) and Slubice – Germany Poland.
- Gustafsson, L. (1987): Plant conservation aspects of energy forestry – a new type of land use in Sweden. For. Ecol. Manage. 21: 141-161.
- Güthler, W., Geyer, A., Herhaus, F., Prantl, T., Reeb, G., Wosnitza, C. (2002): Zwischen Blumenwiese und Fichtendickung: Naturschutz und Erstaufforstung. Angew. Landschaftsökol., Heft 45. Bundesamt für Naturschutz, Bonn.
- H** Haber, E. (2002): Pflanzenbau und Viehhaltung. In: Abfallwirtschaft und Bodenschutz, K. Görner, K. Hübner (Hrsg.), Berlin.
- Halpern, C.B., Spiess, T.A. (1995): Plant species diversity in natural and managed forests of the Pacific Northwest. Ecol. Appl. 5: 913-934.
- Hansen, K., Vesterdal, L., (eds.) (2004): AFFOREST – Guidelines for planning afforestation on previously managed arable land; Forest and Landscape, Hörsholm.
- Hartmann, H. (2000): Verbrennungsversuche mit naturbelassenen biogenen Festbrennstoffen in einer Kleinfeuerungsanlage – Emissionen und Aschequalität. Bayer. Landesanstalt f. Landtechnik.
- Heilmann, B., Makeschin, F., Rehfuess, K. (1995): Vegetationskundliche Untersuchungen auf einer Schnellwuchsplantage mit Pappel und Weiden nach Ackernutzung. In: Europ. Journal of Forest Res., Jg. 114 (1): 16-29.
- Helbig, C., Müller, M. (2008): Potenzielle biotische Schadfaktoren in Kurzumtriebsplantagen. In: DENDROM (Hrsg.): Holzerzeugung in der Landwirtschaft. Cottbuser Schriften zur Ökosystemgenese u. Landsch.entwicklg. (6): 101-116.
- Hellebrand, H. J., Kern J., Scholz, V. (2003): Long-term studies on greenhouse gas fluxes during cultivation of energy crops on sandy soils. Atmospheric Environment, 37(12): 1635-1644.



- Hershey F.A., Wallace, D. (1993): Tree planting on flood damaged farmland. Unpublished paper. U.S. Department of Agric., Soil Cons. Service, Columbia, 19 p. In: Hershey, F.A. and Wallace, D. (1994): Flooding and its effect on trees - Forestry strategies to protect floodplain agricultural systems. Pres. at the Restoration of Aquatic Ecosystems symposium, The Ass. of State Wetland Managers, June 20-23, 1994
- Hoffmann, D., Weih, M. (2005): Limitations and improvement of the potential utilisation of woody biomass for energy derived from short rotation woody crops in Sweden and Germany. *Biomass and Bioenergy* 28: 276-279.
- Hofmann, M. (1998): Bewirtschaftung schnellwachsender Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen im Kurzumtrieb. Merkblatt des Forschungsinstituts für schnellwachs. Baumarten, 11. Hann. Münden.
- Hofmann, M. (2004): Ergebnisse und Erfahrungen mit schnellwachsenden Baumarten. In: *Energieholzproduktion in der Landwirtschaft, Bornimer Agrartechn. Berichte*, 35: 33-40.
- Hofmann, M. (2007): *Energieholzproduktion in der Landwirtschaft*. Hrsg. Fachagentur Nachwachs. Rohstoffe e.V. (FNR). Gülzow.
- Hofmann-Schielle, C., Jug, A., Makeschin, F., Rehfuess, K.E. (1999): Short-rotation plantations of balsam poplars, aspen and willows on former arable land in the Federal Republic of Germany. I. Site-growth relationships. In: *Forest Ecol. and Management*, 121(1-2): 41-55.
- Hondong, H. (1994): Gattung Populus (Pappeln): Sektionen, Arten, Standorte, Gesellschaftsanschluss, Gefährdung, Fauna, Epiphyten. Unveröffentl. Gutachten im Auftrag d. Wasserwirtschaftsverwaltung Baden-Württ., Institut für Landespflege Univ. Freiburg.
- Hötker, H. (2004): *Vögel der Agrarlandschaft – Bestand, Gefährdung, Schutz*. NABU - Naturschutzbund Deutschland e.V., Bonn
- I** IPCC (2007): Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY USA.
- J** Jedicke, E. (1995): Naturschutzfachliche Bewertung von Holzfeldern - Schnellwachsende Weichhölzer im Kurzumtrieb, untersucht am Beispiel der Avifauna. *Mitt. aus der NNA* (1): 109-119.
- Jug, A., Hofmann-Schielle, C., Makeschin, F., Rehfuess, K.E. (1999a): Short-rotation plantations of balsam poplars, aspen and willows on former arable land in the Federal Republic of Germany. II. Nutritional status and bioelement export by harvested shoot axes. In: *Forest Ecol. and Management*, 121: 67-83.
- Jug, A., Makeschin, F., Rehfuess, K.E., Hofmann-Schielle, C. (1999b): Short-rotation plantations of balsam poplars, aspen and willows on former arable land in the Federal Republic of Germany. III. Soil ecological effects. In: *For. Ecol. and Management*, 121: 85-99.
- Jylhä, P., Hytönen, J., Comeau, P. (2006): Effect of vegetation control on the survival and growth of Scots pine and Norway spruce planted on former agricultural land: Useable science, practical outcomes, and future needs. *Proc. Fifth Int. Conf. Forest Veget. Management*. In: *Canadian Journ. of Forest Res.*, 36 (10): 2400-2411.
- K** Kahle, P., Boelcke, B. (2004): Auswirkungen des Anbaus schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb auf ausgewählte Bodeneigenschaften: Energieholzproduktion in der Landwirtschaft. *Inst. für Agrartechnik Bornim (Bornimer agrartechn. Berichte)*, 35.
- Kahle, P. & Hildebrandt, E. (2006): Schnellwachsende Baumarten auf landwirtschaftlicher Fläche: Bodeneigenschaften nach mehrjähriger Nutzung. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* 18: 236-23.
- Kennedy, C.E.J., Southwood, T.R.E. (1984): The number of species of insects associated with British trees: a reanalysis. *Journal of Animal Ecology* (53): 455-478.
- Klang-Westin, E., Perttu, K. (2002): Effects of nutrient supply and soil cadmium concentration on cadmium removal by willow. *Biomass and Bioenergy*, 23: 415-426.
- Klapp, E. (1965): *Grünlandvegetation und Standort, nach Beispielen aus West-, Mittel- und Süddeutschland*. Berlin.
- Knickel, K., Janßen, B., Schramek, J. Käppel, K. (2001): *Naturschutz und Landwirtschaft: Kriterienkatalog zur „Guten fachlichen Praxis“*. *Angew. Landschaftsökologie*, 41. BfN, Bonn
- Knur, L. & Murach, D. (2008): Agrarholzproduktion in der Landwirtschaft: Der rechtliche Weg ebnet sich. *Forst u. Holz* 63: 30-33..
- Knur, L., Murach, D., Murn, Y., Bilke, G., Muchin, A., Grundmann, P., Eberts, J., Schneider, U., Grünewald, H., Schultze, B., Quinkenstein, A., Jochheim, H. (2007): Potentials, economy and ecology of a sustainable supply with wooden biomass. In: *15th Europ. Biomass Conf. Proceedings*, Berlin, May 2007.
- Koss, H. (1982): Verbreitung, ökologische Ansprüche und waldbauliche Verwendung der Winterlinde (*Tilia cordata* Mill.). In: *Der Forst- und Holzwirt*, 37 (15): 381-385.
- Kretschmer, H., Pfeffer, H., Hoffmann, J., Schrödl, G., Fux, I. (1995): Strukturelemente in Agrarlandschaften Ostdeutschlands. *Zentrum f. Agrarlandschafts- und Landnutz.forsch. (ZALF) Bericht* 19, Müncheberg.
- Kroiher, F., Bielefeldt, J., Bolte, A., Schuler, M. (2008): Die Phytodiversität in Energieholzbeständen – erste Ergebnisse im Rahmen des Projektes NOVALIS. *Archiv für Forstwesen u. Landsch. ökol.*, im Druck .
- Kühne, S., Freier, B. (2001): Saumbiotope in Deutschland – ihre historische Entwicklung, Beschaffenheit und Typisierung. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtsch. Berlin-Dahlem*, 387, 24-29.
- L** Lamersdorf, N., Bielefeldt, J., Bolte, A., Busch, G., Dohrenbusch, A., Kroiher, F., Schulz, U., Stoll, B. (2008a): Das Projekt Novalis – zur naturverträglichen Produktion von Energieholz in der Landwirtschaft; *Archiv f. Forstwesen u. Landsch.ökol.*, Bd. 43.
- Lamersdorf, N., Bielefeldt, J., Bolte, A., Busch, G., Dohrenbusch, A., Knust, C., Kroiher, F., Schulz, U., Stoll, B. (2008b): Naturverträglichkeit von Agrarholzanzpflanzungen - erste Ergebnisse aus dem Projekt NOVALIS. In *DENDROM* (Hrsg.): *Holzerzeugung in der Landwirtschaft, Cottbuser Schriften zur Ökosystemgenese u. Landsch.entwicklg.*, Bd. 6: 19-32.
- Landberg, T., Greger, M. (1994): Can heavy metal tolerant clones of *Salix* be used as vegetation filters on heavy metal contaminated land? In: *Willow vegetation filters for municipal wastewaters and sludges. Proceedings of a study tour, conference and workshop in Uppsala, Sweden*. ISBN 0282-6267.



- Laquerbe, M. (2000): Richesse spécifique et phytomasse des sous-bois de peupleraies cultivées en bordure de Garonne (Sud-Ouest de la France). *Ann. For. Sci.* 57: 767-776
- Leibundgut, H. (1953): Beobachtungen über den Streuabbau einiger Baumarten im Lehrwald ETH. In: Schweiz. Zeitschr. für Forstwesen, 179.
- Leuschner, Ch, Rode, M.W. (1999): The role of plant resources in forest succession: changes in radiation, water and nutrient fluxes, and plant productivity over a 300-yr-long chronosequence in NW Germany. *Perspectives in Plant Ecol., Evolution and Systematics* 2: 103-147.
- Liebhart, P. (2007): Energieholz im Kurzumtrieb. Rohstoff der Zukunft. 1. Aufl. Graz.
- Lieseback, M., Mulsow, H. (1995): Zur Bedeutung des Biotops Kurzumtriebsplantage für den Sommervogelbestand. *Beiträge für Forstwirtschaft. und Landsch.ökol.* 29 (1): 32-35.
- Lieseback, M., Mulsow, H. (2003): Der Sommervogelbestand einer Kurzumtriebsplantage, der umgebenen Feldflur und des angrenzenden Fichtenwaldes im Vergleich. *Die Holzzucht* 54: 27-30.
- Lieseback, M., Mulsow, H., Rose, A., Mecke, R. (2000): Epigäische Wirbellosenfauna einer Kurzumtriebsplantage im Vergleich zu der eines angrenzenden Gerstenackers und der eines Fichtenwaldes. *Die Holzzucht* 53: 21-25.
- Lieseback, M., Wuehlisch, G. von, Muhs, H.-J. (1999): Aspen for short-rotation coppice plantations on agricultural sites in Germany: Effects of spacing and rotation time on growth and biomass production of aspen progenies. In: *Forest Ecol. and Managem.*, Jg. 121 (1-2): 25-39.
- Lieseback, M., Mecke, R. (2003): Die Laufkäfer einer Kurzumtriebsplantage, eines Gerstenackers und eines Fichtenwaldes im Vergleich. *Die Holzzucht* 54: 11-15.
- Ließ, N., Luthardt, V. (2007): Zum Anbau des Chinesischen Götterbaums im Rahmen der Energieholzgewinnung. Unveröff. Stellungnahme am FB 2 der FH Eberswalde.
- Lindroth, A., Bath, A. (1999): Assessment of regional willow coppice yield in Sweden on basis of water availability. *Forest Ecol. and Managem.*, 121: 57-65.
- Londo, M., Dekker, J., Terkeurs, W. (2005): Willow short-rotation coppice for energy and breeding birds: an exploration of potentials in relation to management. *Biomass and Bioenergy* 28: 281-293.
- Ludwig, G., Schnittler, M. (1996): Rote Liste-Arten Deutschlands. *Schr.reihe f. Vegetationskunde*, Heft 28; Bundesamt für Naturschutz.

M

- Makeschin, F., (1994a): Effects of energy forestry on soils. *Biomass Bioenergy*, 6: 63-79.
- Makeschin, F., Rehfuess, K.E., Rüschi, I., Schörry, R. (1989): Anbau von Pappeln und Weiden im Kurzumtrieb auf ehemaligem Acker: Standortliche Voraussetzungen, Nährstoffversorgung, Wuchsleistungen und bodenökol. Auswirkungen. *Forstwiss. Centralblatt* 108 (3): 125-143.
- Maré, de, L. (1995): Leaching effects of cultivation of energy forest on farmland in southern Sweden. *Swedish Board of Agriculture, Report 27, 2971/91.*
- Meiresonne, L., Schrijver, A.D., Vos, B. De (2006): Nutrient cycling in a poplar plantation (*Populus trichocarpa* × *Populus deltoides*, 'Beaupré') on former agricultural land in northern Belgium. *Canad. Journal Forest Res.*, 37: 141-155.
- Meyer-Marquart, D., Feldwisch, N., Lendvaczky, T. (2006): Vorstudie – Rahmenbedingungen und Potenziale für eine natur- und umweltverträgliche energetische Nutzung von Biomasse im Freistaat Sachsen. *Sächs. Landesamt f. Umwelt u. Geol., Dresden.*
- Mirck, J., Isebrands, J.G., Verwijst, T. Ledin, S. (2005): Development of short-rotation willow coppice systems for environmental purposes in Sweden. *Biomass and Bioenergy*, 28: 219-228.
- Mölleken, H., Topp, W. (1997): Die Insektenfauna auf Silberweiden (*Salix alba* L.): Einfluss des Geschlechts und der Pflegemaßnahmen. *Z. Ökologie u. Naturschutz* (6): 193-206.
- Mortensen, J., Nielsen, K.H., & Jörgensen, U. (1998): Nitrate leaching during establishment of Willo (*Salix viminalis*) on two soil types and at fertilization levels. *Biomass Bioenergy*, 15: 457-466.
- Mulsow, H. (1998): Landschaftsplanerische Betrachtung von Kurzumtriebsplantagen auf der Grundlage von ornithologischen Erhebungen. Unveröff. Diplomarbeit FB Landschaftsplanung und Naturschutz der Techn. Univ. Berlin.
- Murach, D., Murn, Y. & Hartmann, H. (2008): Ertragsermittlung und Potenziale von Agrarholz. *Forst und Holz*, 6: 18-23.
- Muster, C., Herrmann, A., Otto, S., Bernhard, D. (2008): Zur Ausbreitung humanmedizinisch bedeutsamer Dornfinger-Arten *Cheiracanthium mildei* und *C. punctorium* in Sachsen und Brandenburg (Araneae: Miturgidae). *Arachnol. Mitt.* (35): 13-20.

N

NABU – Naturschutzbund Deutschland (2007): Biomassennutzung aus der Sicht des Natur- und Umweltschutzes; Positionspapier. Berlin.

Nitsche, S. & Nitsche, L. (1994): Extensive Grünlandnutzung. Radebeul.

P

Pallast, G., Breuer, T., Holm-Müller, K. (2006): Schnellwachsende Baumarten. Chance für zusätzliches Einkommen im ländlichen Raum? In: *Berichte über Landwirtschaft*, Jg. 84 (1).

Perttu, K.L. (1999): Environmental and hygienic aspects of willow coppice in Sweden. *Biomass and Bioenergy*, 16: 291-297.

Perttu, K.L. & Kowalik P.J. (1997): *Salix* vegetation filters for purification of waters and soils. *Biomass and Bioenergy*: 12, 9-19.

R

Raskin, I., & Ensley, B.D. (Hrsg.) (1999): *Phytoremediation of Toxic Metals, Using Plants to Clean Up the Environment*. John Wiley and Sons.

Reddersen, J. (2001): SRC-willow (*Salix viminalis*) as a resource for flower-visiting insects. *Biomass and Bioenergy* 20 (3): 171-179.



- Reddersen, J. & Petersen, I.K. (2004): Short rotation-coppiced biomass willow as a habitat for breeding birds in a Danish farmland landscape. *Dansk Ornit. Forenings Tidsskrift*, 98 (1): 21-32
- Reinecke, H. (1990): Afforestation of windthrow areas is possible under crop plants. Aufforstung von Windwurfflächen unter Nutzpflanzen möglich. In: *Allg. Forstzeitschrift*, 37/38: 950-955.
- Richter, D. (1959): Insektenschäden in Weidenkulturen und Maßnahmen zu ihrer Verhütung. Dt. Akademie der Landwirtschaftswiss. zu Berlin; Inst. für Forstwiss. Eberswalde; Abt. Waldschutz; Merkblatt Nr. 30.
- Robinson, B.H., Mills, T.M., Petit, D., Fung, L.E., Green, S.R. & Clothier, B.E. (2000): Natural and induced cadmium-accumulation in poplar and willow: Implications for phytoremediation. *Plant and Soil*, 227: 301-306.
- Rock, J. (2007): Ökologische Aufwertung von Energieholzplantagen – Möglichkeiten und Kosten. *Archiv f. Forstwesen u. Landsch. Ökol.* 41 (2): 60-66.
- Röhricht, C. (2005): Erfahrungen und Ergebnisse im Anbau schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb im Freistaat Sachsen. Online unter http://www.umwelt.sachsen.de/de/wu/Landwirtschaft/lfl/inhalt/download/Vortrag__SH_18_01_05_roehricht.pdf, geprüft am 09.10.2008.
- Röhricht, C., Kiesewalter, S., Groß-Ophoff, A. (2002): Acker- und pflanzenbauliche Untersuchungen zum Anbau ein- und mehrjähriger Energiepflanzen. *Schriftenreihe der Sächs. Landesanstalt für Landwirtschaft*, Heft 4-7.
- Röhricht, C., Ruscher, K. (2004): Anbauempfehlungen für schnellwachsende Baumarten. Hrsg. Sächs. Landesanstalt für Landwirtschaft. Leipzig.
- Röser, B. (1989): Saum- und Kleinbiotope – ökologische Funktion, wirtschaftliche Bedeutung und Schutzwürdigkeit in Agrarlandschaften. *Landsberg/Lech*
- Sachs, D. (2007): Erfassung der Laufkäfer (Carabidae) auf der Kurzumtriebsplantage Thammenhain in Nordsachsen und auf der Kurzumtriebsplantage Cahnisdorf in Südbrandenburg. Unveröff. BSc-Arbeit am FB Landschaftsnutzung und Naturschutz der FH Eberswalde.
- Sage (1998): Short rotation coppice for energy: towards ecological guidelines. *Biomass and Bioenergy*, 15 (1): 39-47.
- Sage, R., Cunningham, M. & Boatman, N. (2006): Birds in willow short-rotation coppice compared to other arable crops in central England and a review of bird census data from energy crops in the UK. *Ibis* (148): 184-197.
- Salt, D.E., Blaylock, M., Kumar, N.P.B.A., Dushenkov, V., Ensley, B.D., Cheti, I., Raskin, I. (1995): Phytoremediation: a novel strategy for the removal of toxic metals from the environment using plants. *Bio. Technology*, 13: 468-474.
- Schlüter, U. (1990): Laubgehölze: ingenieurbioökologische Einsatzmöglichkeiten; Eigenschaften, Verwendungsmöglichkeiten, standörtliche und bautechnische Eignung; Laubgehölzarten für häufig vorkommende Standorte und die gebräuchlichsten ingenieurbioökologischen Bauweisen. Berlin.
- Schmidt, M., Ewald, J., Fischer, A., von Oheim, B., Kriebitzsch, W-U., Ellenberg, H., Schmidt, W. (2003): Liste der Waldgefäßpflanzen Deutschlands; *Mitt. der Bundesforsch.anstalt f. Forst- u. Holzwirtschaft* Nr. 212. Hamburg
- Schmitz, U., Ristow, M., May, R., Bleeker, W. (2008): Hybridisierung zwischen Neophyten und heimischen Pflanzenarten in Deutschland. *Natur u. Landschaft* (83): 444-451.
- Schneider, I. (2008): Die Webspinnenfauna auf einer Energieholzfläche Südbrandenburgs. Unveröff. BSc-Arbeit am FB Landschaftsnutzung u. Naturschutz der FH Eberswalde, in prep.
- Schneider, S., Kaltschmitt, M. (2002): Ökonomische Analyse. Kurzumtriebsplantagenholz (Pappeln). Biomasse als erneuerbarer Energieträger. *Schriftenreihe Nachwachs. Rohstoffe der FNR* (3). Gülzow
- Scholz, V., Hellebrand, H. J., Höhn, A. (2004): Energetische und ökologische Aspekte der Feldholzproduktion. Institut für Agrartechnik Bornim e.V., Bornimer Agrartech. Berichte, Heft 35: 15-32.
- Scholz, V., Hellebrand, H.J., Grundmann, P., Höhn, A. (2006): Energiepflanzen: Feldgehölze – Sieger nach Punkten. Ein Hektar heizt vier Häuser. *Neue Landwirtschaft* (1): 54-58.
- Schüler, S., Weißenbacher, L., Sieberer, K. (2006): Robinien für Energie- oder Wertholz - die Sorte macht's! In: *Forstzeitung*, 117(8): 8-9.
- Schultzke, R., Lange, O., Weisgerber, H. (1990): Pappelanbau. *Auswertungs- und Informationsdienst für Ernähr., Landw. und Forsten* (Hg.). Bonn: AID.
- Schulz, U., Brauner, O., Gruß, H. & Neuenfeldt, N. (2008c): Vorläufige Aussagen zu Energieholzflächen aus tierökologischer Sicht. *Archiv für Forstwesen u. Landsch.ökologie* 40 (2): 83-87.
- Schulz, U., Brauner, O., Sachs, D., Thüning, M. (2008a): Insekten an Pappeln und Weiden – erste Ergebnisse aus dem Projekt NOVALIS und Auswertung von Wirtspflanzenangaben. In: *DENDROM* (Hrsg.): *Holzerzeugung in der Landwirtschaft*. Cottbuser Schriften zur Ökosystemgenese u. *Landsch.entwicklg.* (6): 171-173.
- Schulz, U., Gruß, H., Hoffmann, V. (2008b): Wirbeltiere auf Agrarholzflächen (Säugetiere und Brutvögel) – erste Ergebnisse aus dem Projekt NOVALIS. In: *DENDROM* (Hrsg.): *Holzerzeugung in der Landwirtschaft*. Cottbuser Schriften zur Ökosystemgenese u. *Landsch.entwicklg.* (6): 167-169.
- Schumann, K. (2008): Nachwachsende Rohstoffe als nachwachsendes Problem mit invasiven Arten? *Natur u. Landschaft* (83): 438-440.
- Schuster, K. (2007): Energieholzproduktion auf landwirtschaftlichen Flächen (Kurzumtrieb, Short-Rotation Farming). Erfahrungen aus Niederösterreich. *Landw.kammer Niederösterreich*. Online unter http://bfw.ac.at/rz/document_api.download?content=Schuster_Energieholzproduktion.pdf, geprüft am 09.10.2008.
- Schwarze, H., Röhricht, C. (2006): Untersuchungen zum Pappel- und Weidenanbau im Kurzumtrieb auf landwirtschaftlichen Flächen. Sächs. Landesanstalt f. Landwirtschaft, Dresden-Pillnitz. Online unter http://www.umwelt.sachsen.de/de/wu/Landwirtschaft/download/2006_11_07_Fachtagung_Anbau_u_Nutzung_vBaeumen_auf_lw_Flaechen_Vortrag.pdf, geprüft am 09.10.2008.



- Smith, P., Powlson, D.S., Glendining, M.J., Smith, J.O.U. (1998): Preliminary estimates of the potential for carbon mitigation in European soils through no-till farming. *Global Change Biology*, 4: 679-685.
- Stetter, U., Makeschin F. (1997): Kohlenstoff- und Stickstoffdynamik vormals landwirtschaftlich genutzter Böden nach Erstaufforstung mit schnellwachsenden Baumarten. *Mitt. Dt. Bodenkundl. Ges.*, 85: 1047-1050.
- Stoll, B., Dohrenbusch, A. (2008): Der Einfluss der Flächenvornutzung (Acker/Grünland) auf den Anwuchserfolg von Energieholzplantagen - waldbauliche Ergebnisse aus dem Projekt NOVALIS. In: DENDROM (Hrsg.): *Holzerzeugung in der Landwirtschaft. Cottbuser Schriften zur Ökosystemgenese u. Landsch.entwicklg.* (6): 163-166.

T

- Teepe, R. (1999): Quantifizierung der klimarelevanten Spurengasflüsse Lachgas (N₂O) und Methan (CH₄) beim Anbau der nachwachsenden Rohstoffe Pappelholz und Rapsöl. *Ber. Forschungsz. Waldökosys. Univ. Göttingen, Reihe A*, 158, 0-126.
- Thüring, M. (2007): Zoodiversität auf Weiden (*Salix ssp.*) und Pappeln (*Populus ssp.*). Unveröff. BSc-Arbeit am FB Landsch.nutzung und Naturschutz der FH Eberswalde.
- Traupmann, P. (2004): Anleitung zur Anlage von Kurzumtriebsflächen. Unter Mitarbeit von Renate Kleinhappl, Europ. Zentrum f. Erneuerb. Energie, H.J. Wippermann, Univ. Hamburg u. Walter Holzer, Bioenergie Burgenland. Erstellt im Auftrag von FFP - Forst-Platte-Papier.

U

- Umweltbundesamt -UBA (2008): Bodenschutz beim Anbau nachwachsender Rohstoffe; In: Empfehlungen der „Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt“. Dessau-Roßlau.

V

- Vande Walle, I., van Camp, N., van Castele, L. de, Verheyen, K., Lemeur, R. (2007): Short-rotation forestry of birch, maple, poplar and willow in Flanders (Belgium) I - Biomass production after 4 years of tree growth. In: *Biomass and Bioenergy*, 31(5): 267-275.
- Vesterdall, L., Van der Salm, C., Rosenqvist, L., Hansen, K. (2004): Thema 4: Carbon sequestration, In: Hansen K., Vesterdal L., (eds.) (2004): *AFFOREST – Guidelines for planning afforestation on previously managed arable land; Forest und Landscape, Hørsholm.*
- Völkl, W. (1997): Die Bewertung von Erstaufforstungen für den Biotop- und Artenschutz aus tierökologischer Sicht. *Schr.-R. f. Landschaftspf. u. Natursch.* (49): 47-59.
- Von Preen, A. (1996): Strategien für eine landschaftsgerechte Aufforstung für aus der landwirtschaftlichen Nutzung ausscheidende Flächen. *Diss. Forstwissensch. Fakultät Univ. München.*

W

- WCL - Wildlife and countryside link (2007): *Bioenergy: Environmental impact and best practice. Final report.* London.
- Wegener, U. (1998): *Naturschutz in der Kulturlandschaft: Schutz und Pflege von Lebensräumen.* Jena.
- Weih, M. (2001): Evidence for increased sensitivity to nutrient and water stress in a fast-growing hybrid willow compared with a natural willow clone. *Tree Physiology*, 21: 1141-1148.
- Weih, M. (2004): *Canadian Journal for Research: Intensive short rotation forestry in boreal climates: present and future perspectives:* 1369-1378.
- Weih, M., Karacic, A., Münkert, H., Verwüst, T., Diekmann, M. (2003): Influence of young poplar stands on floristic diversity in agricultural landscapes (Sweden). *Basic Appl. Ecol.* 4: 149-156.
- Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik beim Bundesministerium f. Ernährg., Landw. u. Verbraucherschutz (WBA) 2007: *Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung – Empfehlungen an die Politik.* Berlin.
- Wolf, H., Böhnisch, B. (2004): Abschlussbericht – Modellvorhaben StoraEnso/ Verbundvorhaben – Pappelanbau für die Papierherstellung, FKZ 95 NR 142/00 NR 094; Sachsenforst, OT Graupa, Pirna.
- Wolf, H. (2004): Modellvorhaben StoraEnso/ Verbundvorhaben – Pappelanbau für die Papierindustrie, Phase I und II, Abschlussbericht. Landesforstpräsidium Sachsen/ Graupa.
- Wühlich, G. v. (2006): Erhaltung der genetischen Vielfalt der Schwarzpappel. In: *LWF Wissen*, 52: 46-50.

Z

- Zerbe, S., Vater, G. (2000): Vegetationskundliche und standortsökologische Untersuchungen in Pappelforsten auf Niedermoorstandorten des Oberspreewaldes (Brandenburg). *Tuexenia* 20: 55-76.
- Zwölfer, H., Bauer, G., Heusinger, G., Stechmann, D. (1984): Die tierökologische Bedeutung und Bewertung von Hecken. *Ber. Akad. Naturschutz u. Landschaftspf. (ANL) Beiheft 3 (2), Laufen/Salzach.*

10. Glossar

Anspruchstypen	(Ziel)artenkollektive, die nach ihren Habitatansprüchen zusammengefasst werden
anthropogen	durch den Menschen beeinflusst
Arthropoden	Stamm des Tierreichs (u.a. Insekten und Spinnen)
atro	absolut trocken, Berechnungsgrundlage für Gewichtsholz
Avifauna	Gesamtheit aller in einer Region vorkommenden Vogelarten
Bio-(Phyto-)remediation	Einsatz von Organismen (Phyto = Pflanzen) zur Beseitigung von Verunreinigungen und Schadstoffen
BtL-Kraftstoff	Kraftstoff aus Biomasse (<i>Biomass to Liquid</i>)
C_{org}	Gehalt an organischem Kohlenstoff (C)
Diasporen	Botanischer Sammelbegriff für Verbreitungsorgane wie u.a. Samen und Früchte
Evaporation	Verdunstung von Wasser auf unbewachsenem, freiem Land
Evapotranspiration	Evaporation + aktive Verdunstung durch Pflanzen
Habitat	charakteristischer Standort einer Art
Hybrid	Lebewesen, das durch Kreuzung von Eltern verschiedener Zuchtlinien, Rassen oder Arten hervorgegangen ist (auch Bastard)
Interzeption	Zurückhalten/Auskämmen von Niederschlägen auf der Oberfläche der Vegetation
Klimapotenzial	auf die Klimawirkung von CO ₂ bezogene Wirkung anderer klimawirksamer Gase
Klon	durch ungeschlechtliche Vermehrung entstandene Nachkommenschaft
Meliorationskalkung	Maßnahme zur Erhöhung des pH-Wertes eines Bodens mittels Kalksteinmehl oder Branntkalk
mulchen	Bedecken des Bodens mit frischem organischen Materialien (Mulch)
Nutzbare Wasserspeicherkapazität (nWK)	Die im Boden gespeicherte und pflanzenverfügbare Menge an Wasser
Ökoton	Übergangsbereich zwischen zwei verschiedenen Ökosystemen
Phytophagen	Tiere, die sich von lebenden Pflanzen ernähren
Steckling	Sprossteil zur Anpflanzung mit vegetativer Vermehrung
Stockausschlag	Fähigkeit mancher Baumarten zur vegetativen Vermehrung aus dem Wurzelstock
Umtriebszeit	Zeitraum von der Bestandsbegründung bis zur Ernte
Zönose	Gemeinschaft von Organismen verschiedener Arten in einem abgrenzbaren Lebensraum

NABU Baden-Württemberg

Tübinger Straße 15, 70178 Stuttgart
Tel. 07 11.9 66 72-0
Fax 07 11.9 66 72-33
NABU@NABU-BW.de
www.NABU-BW.de

NABU-Partner Bayern - Landesbund für Vogelschutz (LBV)

Eisvogelweg 1, 91161 Hilpoltstein
Tel. 0 91 74.47 75-0
Fax 0 91 74.47 75-75
Info@LBV.de
www.LBV.de

NABU Berlin

Wollankstraße 4, 13187 Berlin
Tel. 0 30.9 86 41 07 oder 9 86 08 37-0
Fax 0 30.9 86 70 51
LvBerlin@NABU-Berlin.de
www.NABU-Berlin.de

NABU Brandenburg

Lindenstraße 34, 14467 Potsdam
Tel. 03 31.2 01 55-70
Fax 03 31.2 01 55-77
Info@NABU-Brandenburg.de
www.NABU-Brandenburg.de

NABU Bremen

Contrescarpe 8, 28203 Bremen
Tel. 04 21.3 39 87 72
Fax 04 21.33 65 99 12
Info@NABU-Bremen.de
www.NABU-Bremen.de

NABU Hamburg

Osterstraße 58, 20259 Hamburg
Tel. 0 40.69 70 89-0
Fax 0 40.69 70 89-19
NABU@NABU-Hamburg.de
www.NABU-Hamburg.de

NABU Hessen

Friedenstraße 26, 35578 Wetzlar
Tel. 0 64 41.6 79 04-0
Fax 0 64 41.6 79 04-29
Info@NABU-Hessen.de
www.NABU-Hessen.de

NABU Mecklenburg-Vorpommern

Arsenalstr. 2, 19053 Schwerin
Tel. 03 85.7 58 94 81
Fax 03 85.7 58 94 98
LGS@NABU-MV.de
www.NABU-MV.de

NABU Niedersachsen

Alleestr. 36, 30167 Hannover
Tel. 05 11.91 10 5-0
Fax 05 11.9 11 05-40
Info@NABU-Niedersachsen.de
www.NABU-Niedersachsen.de

NABU Nordrhein-Westfalen

Merowingerstraße 88, 40225 Düsseldorf
Tel. 02 11.15 92 51-0
Fax 02 11.15 92 51-15
Info@NABU-NRW.de
www.NABU-NRW.de

NABU Rheinland-Pfalz

Frauenlobstraße 15-19, 55118 Mainz
Tel. 0 61 31.1 40 39-0
Fax 0 61 31.1 40 39-28
Kontakt@NABU-RLP.de
www.NABU-RLP.de

NABU Saarland

Antoniusstraße 18, 66822 Lebach
Tel. 0 68 81.93 61 9-0
Fax 0 68 81.93 61 9-11
LGS@NABU-Saar.de
www.NABU-Saar.de

NABU Sachsen

Löbauer Straße 68, 04347 Leipzig
Tel. 03 41.23 33 13-0
Fax 03 41.23 33 13-3
Landesverband@NABU-Sachsen.de
www.NABU-Sachsen.de

NABU Sachsen-Anhalt


Schleinufer 18a , 39104 Magdeburg
Tel. 03 91.5 61 93-50
Fax 03 91.5 61 93-49
Mail@NABU-LSA.de
www.NABU-LSA.de

NABU Schleswig-Holstein

Färberstraße 51, 24534 Neumünster
Tel. 0 43 21.5 37 34
Fax 0 43 21.59 81
Info@NABU-SH.de
www.NABU-SH.de

NABU Thüringen

Leutra 15, 07751 Jena
Tel. 0 36 41.60 57 04
Fax 0 36 41.21 54 11
LGS@NABU-Thueringen.de
www.NABU-Thueringen.de



Angesichts deutlich steigender Preise für fossile Energieträger hat die Nachfrage nach Holz zur energetischen Verwertung in den letzten Jahren stark zugenommen. Um den Bedarf vor allem für die Wärmeerzeugung zu decken, wird zunehmend die Anlage von Plantagen mit schnellwachsenden Hölzern auf landwirtschaftlichen Flächen diskutiert. Diese Kulturen erbringen hohe Trockenmasseerträge und hohe Treibhausgas-Einsparungen bei geringen Kosten. Aus Klima- und Umweltsicht sind sie damit gegenüber herkömmlichen Bioenergieverfahren wie Rapsdiesel oder Biogas aus Silomais im Vorteil. Auch aus Sicht des Naturschutzes bieten Kurzumtriebsplantagen einige Chancen, da sie hochwertiger einzuschätzen sind als intensiv genutzte Ackerkulturen.

Ziel der vorliegenden Studie ist es, den bisherigen Stand des Wissens hinsichtlich wichtiger ökologischer Einflussgrößen und damit bezüglich möglicher Chancen und Risiken von Kurzumtriebsplantagen für Natur und Umwelt zu erfassen und zu bewerten. Dazu werden wichtige Aspekte aus den Bereichen Waldbau, Bodenökologie, Pflanzen- und Tierartenvielfalt sowie Landschaftsökologie betrachtet. Ferner wird auf der Basis des vorhandenen Wissens eine fachübergreifende Bewertung vorgenommen. Abschließend werden offene Fragen und Perspektiven hinsichtlich einer möglichst naturschutzgerechten Anlage und Bewirtschaftung von Kurzumtriebsplantagen erörtert.