



Umweltgerechter Anbau von Energiepflanzen

Schriftenreihe, Heft 43/2011



Rahmenbedingungen und Strategien für einen an Umweltaspekten ausgerichteten Anbau der für Sachsen relevanten Energiepflanzen

Dr. Norbert Feldwisch

1	Einführung	9
2	Schnellwachsende Baumarten und andere Dauerkulturen	11
2.1	Grundlegende Informationen	11
2.1.1	Anbauentwicklung von Dauerkulturen zur energetischen Verwertung	11
2.1.2	Chancen und Risiken	12
2.1.3	Hemmnisse des KUP-Anbaus	13
2.1.4	Logistikstrategien	13
2.1.5	Düngung/Bodenhilfsstoffe	14
2.1.6	Krankheiten und Schädlinge	14
2.1.7	Überschussgrünland – Nutzungsalternativen	15
2.2	Natur- und Bodenschutz	17
2.2.1	Anbaustrategien	17
2.2.2	Wassererosion	21
2.2.3	Winderosion	23
2.2.4	Nutzung schadstoffbelasteter Böden	25
2.2.5	Biodiversität	26
2.2.6	Gebietskulissen und Standortpotenziale für einen natur- und bodenschutzgerechten KUP-Anbau in Sachsen	29
2.3	Gewässerschutz	38
2.3.1	Wasserhaushalt	39
2.3.2	Diffuse Stoffeinträge	40
2.3.3	Modellgestützt ermittelte Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus in Sachsen auf den Wasserhaushalt und diffuse Stoffeinträge in Gewässer	41
2.4	Klimaschutz und Treibhausgasemissionen	46
2.4.1	Lachgasemissionen unterschiedlicher Kulturen	46
2.4.2	N ₂ O-Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden im Bundesland Sachsen 1996-2005	48
3	Weitere Biomassematerialien	49
3.1	Anbauflächen nachwachsender Rohstoffe in Sachsen und Biomassepotenziale	49
3.2	Landschaftspflegematerial	50
3.3	Einjährige Kulturen	52
4	Umsetzungsempfehlungen für einen umweltgerechten Anbau von Energiepflanzen	60
4.1	Natur- und umweltverträglicher Anbau von Biomasse-Dauerkulturen	60
4.2	Natur- und umweltverträglicher Anbau von einjährigen Biomasse-Kulturen	62
5	Fachliche Gesamteinschätzung	63
6	Literaturverzeichnis	66

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Aufbau des Verbundvorhabens „Untersuchung der Umweltaspekte der für Sachsen relevanten Produktlinien für die energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe“	10
Abbildung 2:	N-Gesamtdeposition in Deutschland im Jahr 2004 (GAUGER 2008).....	14
Abbildung 3:	Grünlandanteile und Grünlandüberschüsse in Sachsen (gegliedert nach Landkreisen; schriftliche Mitteilung DR. STEINHÖFEL, LfULG vom 07.09.2011)	15
Abbildung 4:	Verschiedene KUP-Anbaustrategien (nach GRUNERT 2010, verändert).....	18
Abbildung 5:	Kurzumtriebshecke (KUH) – Versuchs- und Demonstrationspflanzung nach der zweiten Mahd der Zwischeneinsaat, aufgenommen am 21.09.2010 (Pflanzung: Anfang April 2009) (Foto: S. Sieber, FH Erfurt. Aus: SCHUMACHER et al. 2010)	19
Abbildung 6:	Anbau von Energiehölzern in Agroforstsystemen in der Versuchsphase des Projektes AgroForstEnergie des Thüringer Ministeriums für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz (Oben: Anbauschema von M. SCHWABE, TLL; Unten: Fotos von M. Bärwolff, TLL).....	20
Abbildung 7:	Gehölzstrukturen in der Agrarlandschaft als Vorbild für KUP in vorgeprägten Abflussbahnen (Foto: M. Grunert, LfULG).....	22
Abbildung 8:	Begrünte vorgeprägte Abflussbahn (Foto: J. Voß).....	23
Abbildung 9:	Schematischer Anbauplan für KUP-Streifen zur Reduzierung der Winderosionsgefährdung (SCHWARZE & RÖHRICHT 2006)	24
Abbildung 10:	KUP-Streifen zur Reduzierung der Winderosionsgefährdung auf der Versuchsstation Köllitsch, halbseitig geerntet im Februar 2010, Aufnahmen im Sommer- und Winterzustand (Fotos: M. Grunert, LfULG)	24
Abbildung 11:	Ertragswirkung einer Windschutzanlage in Dumersheim, Baden-Württemberg (MÖNDEL o.J. und CHALMIN et al. 2009).....	25
Abbildung 12:	Positive Auswirkungen einer KUP-begleitenden Hecke – Besiedlung einer Pappel-KUP bei Thammenhain (Sachsen) durch Brutvögel; die höchsten Brutvogel-Dichten sind in den randlich begleitenden Hecken sowie dem angrenzenden Kiefernaltholz (Mitte links) zu finden, während die Zentren der KUP nur schwach besiedelt sind (SCHULZ et al. 2010) (Orthophoto © 2007, Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen).	27
Abbildung 13:	Bereits kleinere Lücken in der KUP können wichtige Funktionen für wildlebende Tier- und Pflanzenarten übernehmen. Abgebildet ist eine ca. 100 m ² große Ausfallfläche in einer dreijährigen Weidenplantage bei Cahnsdorf (Brandenburg) mit ausgeprägtem Blühaspekt der Wiesenmargerite, die von Schmetterlingsarten wie z. B. dem vielerorts gefährdeten Wegerich-Scheckenfalter (<i>Melitaea cinxia</i>) aufgesucht wird (SCHULZ et al. 2010).	28
Abbildung 14:	Besiedlung von Rand- und Saumstrukturen einer KUP durch Tagfalter; Anzahl der Tagfalterarten gesamt und Arten der Roten Liste Brandenburgs (RL) (SCHULZ et al. 2010)	28
Abbildung 15:	Pflanzensoziologische Artenspektren von unterschiedlichen Demonstrationsflächen mit schnellwachsenden Baumarten auf großen Ackerschlägen als Feldstreifen im Vergleich zum Acker, Standort Köllitsch (ZÖPHEL 2010).....	29
Abbildung 16:	Räumliche Verteilung der Synergieklassen für den Anbau von Dauerkulturen auf Ackerflächen nach natur- und bodenschutzfachlichen Kriterien in Sachsen (FEGER et al. 2010)	36
Abbildung 17:	Kartenausschnitte zu den bodenschutzfachlich verwendeten Indikatoren zur Bewertung der Erosionsgefährdung (FEGER et al. 2010; nähere Erläuterungen siehe Quelle; Grundlage: Fachinformation Boden LfULG).....	37
Abbildung 18:	Räumliche Verteilung der Ertragspotenziale von Kurzumtriebsplantagen auf Ackerflächen mit starken und sehr starken Synergien für den Boden- und Naturschutz in Sachsen (FEGER et al. 2010).....	38
Abbildung 19:	Wasserbilanz des KUP-Standortes Georgenhof in Nordhessen (LAMERSDORF & SCHULTE-BISPING 2010; Foto: © Lamersdorf).....	39
Abbildung 20:	Zeitlicher Verlauf der Änderungen des Bodenwasservorrates unter Weizen und Pappel und Niederschlagsverteilung am Standort Methau; Referenztiefe des Bodenprofils 1,2 m, 1. April jeden Jahres mit Führungslinien (Beginn des Laubaustriebes) (LAMERSDORF et al. 2010).....	40

Abbildung 21: Durchschnittliche modellierte Gesamtsickerrate auf vier sächsischen Modellstandorten unter Winterweizen und Pappel-Kurzumtriebsplantagen (jeweils standorttypische Klima- und Bodenbedingungen) (LAMERSDORF et al. 2010).....	40
Abbildung 22: Entwicklung der Nitratkonzentrationen im Sickerwasser nach der mechanischen Bodenbearbeitung von Acker und Grünland zur Anlage von Energieholzplantagen im Vergleich zu unbearbeitetem Grünland (NOVALIS-Versuchsfläche Gütersloh, Nordrhein-Westfalen) (STOLL & DOHRENBUSCH 2010)	41
Abbildung 23: Differenzkarte für den Gesamtabfluss (Ackerflächen, Szenario 1 – 2020 zu Ist-Zustand 2005) (GEBEL et al. 2010).....	43
Abbildung 24: Differenzkarte für den Gesamtabfluss (Ackerflächen, Szenario 2 – 2020 zu Ist-Zustand 2005) (GEBEL et al. 2010).....	44
Abbildung 25: Differenzkarte für den Sedimenteintrag (Ackerflächen, Szenario 2 – 2020 zu Ist-Zustand 2005) (GEBEL et al. 2010).....	45
Abbildung 26: Differenzkarte für die gesamten N-Einträge in Gewässer aus diffusen Quellen (Ackerflächen, Szenario 2 – 2020 zu Ist-Zustand 2005) (GEBEL et al. 2010)	45
Abbildung 27: Anbauflächen nachwachsender Rohstoffe in Sachsen (nach Berechnungen des LfULG auf Basis von	50
Abbildung 28: Artenzahlen in den untersuchten Organismengruppen in Abhängigkeit von der Zusammensetzung der Fruchtfolge im EVA-Projekt (Basis: Daten aus Bayern, Mecklenburg-Vorpommern und Thüringen; 2005-2007; Fruchtfolgen mit 1, 2 oder 3 unterschiedlichen Kulturartengruppen; die Werte für Brutvögel basieren auf einer Expertenbefragung und sind um den Faktor 10 überhöht) (VETTER et al. 2009a)	54
Abbildung 29: Zeitliche Entwicklung der Biogasanlagen und deren räumliche Verteilung in Sachsen (aus GRUNERT 2010).....	56
Abbildung 30: Gärsubstrate – Produktionskosten und Gaserträge unterschiedlicher Energiepflanzen (Quelle: http://www.fnr.de)	57
Abbildung 31: Beispiele kräuterreicher Ansaaten zur energetischen Nutzung auf Versuchsflächen der LWG (Foto: A. Werner, LWG).....	57
Abbildung 32: Biomasse- (oben) und Methanerträge (unten) der ertragreichsten ökologisch (nur heimische Wildpflanzen; linke Seite) bzw. ökonomisch (auch ertragsreiche fremde Wildpflanzen; rechte Seite) ausgerichteten Mischungsvarianten der Versuchsstandorte im Jahr 2009 (Einzelwerte aus zwei Wiederholungen). Zum Vergleich sind Silomaiserträge von Praxisbetrieben der Region dargestellt (VOLLRATH et al. 2010).....	58
Abbildung 33: Theoretische Biogas- und Methangasausbeute ausgewählter Fruchtarten (NEHRING & VETTER 2008)	59
Abbildung 34: Biogasausbeute und Methanhektarerträge verschiedener Energiepflanzen (Daten: LLFG Bernburg, Sachsen-Anhalt; schriftliche Mitteilung DR. RUMPLER vom 13.12.2010)	59
Abbildung 35: KUP nach der Pflanzung (Foto: © Ian Shield, Rothamsted Centre for Bioenergy and Climate Change, United Kingdom)	62

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Anbauflächen in ha von KUP und Miscanthus in Deutschland in den Jahren 2008 und 2009 nach Angaben der Mitglieder der Bund-Länder-Arbeitsgruppe Nachwachsende Rohstoffe (Quelle: FNR)	12
Tabelle 2:	Auswirkungen unterschiedlicher Grünland-Flächennutzungen auf die Biodiversität (RÖSCH & SKARKA 2008, verändert).....	16
Tabelle 3:	Übersicht über Synergieklassen „Vorzugs- und Vorsorgeflächen Natur- und Bodenschutz“	31
Tabelle 4:	Indikatoren des Natur- und Bodenschutzes zur Bewertung der Standorteignung der Flächen für die KUP-Anlage	32
Tabelle 5:	Verteilung der Synergieklassen auf die Ackerfläche des Freistaates Sachsen nach Zusammenführung der Module ‚Vorzugs- und Vorsorgeflächen Naturschutz‘ und ‚Vorzugs- und Vorsorgeflächen Bodenschutz‘	36
Tabelle 6:	Rahmenbedingungen der modellgestützten Ermittlung der Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus in Sachsen (GEBEL et al. 2010)	42
Tabelle 7:	Ausgewählte Ergebnisse der modellgestützten Ermittlung der Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus in Sachsen (GEBEL et al. 2010)	46
Tabelle 8:	Lachgasemissionen verschiedener Anbaukulturen [kg N ₂ O-N/(ha-a)]	47
Tabelle 9:	Energieverbrauch und ausgewählte Umweltwirkungen des KUP-Anbaus im Vergleich zum Raps- und Weizenanbau [Angaben je Hektar und Jahr] (RÖDL & SCHWEINLE 2010; zur Ökobilanz von KUP und den Modellannahmen vgl. auch RÖDL 2008).....	47
Tabelle 10:	Entwicklung der Maisanbaufläche in Sachsen	53

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
ABAG	Allgemeine Bodenabtragungsgleichung nach SCHWERTMANN et al. (1990)
AN-Extrakt	Ammoniumnitratextrakt; Extraktionsverfahren zur Analyse leicht verfügbarer anorganischer Schadstoffe im Boden
As	Arsen
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BHKW	Blockheizkraftwerk
BR	Biosphärenreservat
BtL	Biomass-to-Liquid. Nach FNR bezeichnet „Biomass-to-Liquid“ eine Prozesskette, die Biomasse über die thermochemische Vergasung in Synthesegas (Gemisch aus CO und H ₂) und anschließende Synthese in flüssige Kohlenwasserstoffe umwandelt. Die so erzeugten biogenen Kohlenwasserstoffe können mit bekannten Prozessen der Erdölraffination zu marktfähigen Kraftstoffen wie Diesel nach EN 590 oder Benzin nach EN 228 aufgearbeitet werden (Quelle: http://www.btl-plattform.de/).
BTLNK	Biotoptypen- und Landnutzungskartierung
BUEK-200	Bodenübersichtskarte im Maßstab 1:200.000
BUEK-400	Bodenübersichtskarte im Maßstab 1:400.000
C	Kohlenstoff
Cd	Cadmium
CO _{2äq}	Kohlendioxid-Äquivalent
DNDC	Forstmodell ‚DeNitrification-DeComposition‘ zur Modellierung der N- und C-Kreisläufe (http://www.dndc.sr.unh.edu/)
DüMV	Düngemittelverordnung
EEG	Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien, kurz ‚Erneuerbare-Energien-Gesetz‘
FFH	Fauna-Flora-Habitat (in Verbindung mit Gebiet oder Richtlinie)
FFH-RL	FFH-Richtlinie
FNR	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe
k. A.	keine Angabe
KRLS	Abkürzungen entsprechend der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung nach SCHWERTMANN et al. (1990) zur Beschreibung der standörtlichen Erosionsgefährdung durch Wasser. Dabei stehen die Buchstaben für folgende Einflussfaktoren: K = Erodierbarkeit der Böden; R = Regenerosität; L = Hanglängenfaktor; S = Hangneigungsfaktor
KS	vergleiche KRLS, hier beschränkt auf den K- und S-Faktor
KUP	Kurzumtriebsplantagen
KW-Extrakt	Königswasserextrakt; Extraktionsverfahren zur Analyse anorganischer Schadstoffe im Boden
LfL	Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, nun LfULG
LfUG	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, nun LfULG
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
LLFG	Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt
LSG	Landschaftsschutzgebiet
LWG	Bayerische Landesanstalt für Wein- und Gartenbau
N	Stickstoff
N ₂ O	Distickstoffoxid (Lachgas)
NaWaRo	Nachwachsende Rohstoffe
NI	Normliter
NLP	Nationalpark
NSG	Naturschutzgebiet
o. J.	ohne Jahresangabe
oTM	organische Trockenmasse
Pb	Blei

PSM	Pflanzenschutzmittel
SBKL	Selektive Biotopkartierung
SPA	„Special Protected Area“ der europäischen Vogelschutz-Richtlinie
tatro	Tonnen, absolut trocken
TLL	Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
TM	Trockenmasse
VO	Verordnung
WBA	Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
WEREX	WEREX = Wetterlagenbedingte Regression für Extremwerte. Weiterentwicklung des regionalen Klimamodells REKLISA (Regionale Klimaprognose Sachsen). Siehe auch: http://www.smul.sachsen.de/umwelt/download/klima/werex_zusammenfassung_2003.pdf

1 Einführung

Energiegewinnung aus erneuerbaren Energien

Der Energiesektor steht vor einem bedeutsamen Wandel. Anstelle der fossilen Energieträger sollen in den nächsten Jahrzehnten vermehrt erneuerbare Energieträger zum Einsatz kommen. Der Wandel wird aus zwei wesentlichen Gründen für notwendig gehalten. Zum einen werden bei weiterhin hohem Verbrauch fossiler Energieträger deren Lagerstätten schneller erschöpft sein, sodass nachfolgenden Generationen geringere Nutzungsoptionen verbleiben. Zum anderen sind die negativen Auswirkungen der mit der Verbrennung fossiler Energieträger einhergehenden Treibhausgasemissionen offensichtlich. Um den erwarteten Klimawandel zu begrenzen, wird der Einsatz erneuerbarer Energieträger politisch vorangetrieben.

In Sachsen hat die Energiegewinnung aus erneuerbaren Energien in den letzten Jahren beträchtliche Fortschritte erzielt. Mit einer Reihe von energiepolitischen Maßnahmen für erneuerbare Energien auf EU-, Bundes- und Landesebene wurden neue Chancen auch für die sächsische Landwirtschaft und den ländlichen Raum eröffnet. Damit wurden entsprechende Anreize geschaffen, den Anbau und die energetische Verwertung nachwachsender Rohstoffe als neuen Betriebszweig zu nutzen.

Zu den erneuerbaren Energieträgern zählen die Solarthermie, Fotovoltaik, Geothermie, Wind- und Wasserenergie sowie land- und forstwirtschaftliche Biomasse. Diese Studie beschränkt sich auf die energetische Nutzung der für Sachsen relevanten Energiepflanzen. Dabei geht es um die Anforderungen an einen umweltgerechten Anbau von Energiepflanzen.

In der im November 2007 vom Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft veröffentlichten Studie „Energie für die Zukunft – Sachsens Potenzial an nachwachsenden Rohstoffen/Biomasse“ wird bei gleichzeitig konstantem bzw. steigendem Nahrungsmittelbedarf angestrebt, den Anteil Biomasse am Endenergieverbrauch bei Strom und Wärme bis 2020 von 3,48 % auf bis zu 10 % zu erhöhen. Den Anforderungen des Umwelt- und Ressourcenschutzes soll dabei ausreichend Rechnung getragen werden.

Unterschiede bei den CO₂-Vermeidungskosten und CO₂-Vermeidungsleistungen

Die energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe ist unterschiedlich effizient. Der WBA (2007) resümiert in seinem Gutachten, dass die im Fokus der Bioenergie-Politik stehenden Bioenergie-Linien (Biokraftstoffe, Biogas auf Maisbasis) im Hinblick auf die CO_{2aq}-Vermeidungskosten vergleichsweise ungünstig sind. Deutlich günstiger zu bewerten sind die Biogaserzeugung auf Güllebasis, möglichst mit Kraftwärmekopplung (KWK), die kombinierte Strom- und Wärmeerzeugung auf Basis Hackschnitzeln (aus Waldrestholz oder Kurzumtriebsplantagen) und die Co-Verbrennung von Hackschnitzeln bzw. (in gewissem Umfang) Stroh in bestehenden Großkraftwerken.

Neben den CO₂-Vermeidungskosten sind auch die CO₂-Vermeidungsleistungen in die Bewertung einzubeziehen¹. Die Erzeugung von Biodiesel und Bioethanol in Deutschland ermöglicht nach Angaben des WBA (2007) nur eine sehr geringe CO_{2aq}-Vermeidungsleistung in einer Größenordnung von weniger als 3 t CO_{2aq}/ha, während sich mit anderen Bioenergie-Linien (z. B. Hackschnitzel-BHKW auf der Basis von Kurzumtriebsplantagen) mehr als 12 t CO_{2aq}/ha erreichen ließen.

Damit wird die Bedeutung von Dauerkulturen zur energetischen Verwertung, die vergleichsweise niedrige CO_{2aq}-Vermeidungskosten und gleichzeitig hohe CO_{2aq}-Vermeidungspotenziale aufweisen, unterstrichen.

¹ Das WBA-Gutachten basiert – wie jede andere Studie zum Thema Nachhaltigkeit der Bioenergieerzeugung – auf Annahmen und Vereinfachungen. Unter anderem wird kritisch angemerkt, dass die Bereitstellung von Eiweißfuttermitteln bei der Biodiesel- und Bioethanol-Produktion in der CO₂-Vermeidungsbilanz nicht berücksichtigt worden ist. Trotz dieser methodischen Kritik wird die generelle Aussage der WBA-Studie aber nicht ungültig.

Zielsetzungen

Um den Anbau nachwachsender Rohstoffe zur energetischen Verwertung an den Belangen des Natur- und Umweltschutzes bestmöglich ausrichten zu können, hat das Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) das Verbundvorhaben „Untersuchung der Umweltaspekte der für Sachsen relevanten Produktlinien für die energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe“ initiiert.

Ziel war es hierbei, die Chancen und Risiken des Anbaus von Energiepflanzen in Sachsen zu erfassen und zu bewerten. Dabei wurde sowohl den möglichen spezifischen Auswirkungen von Energiepflanzen – beispielsweise durch den Anbau „neuer“ Arten – als auch den Auswirkungen in Folge des Anbauflächenumfangs nachgegangen. Als Schwerpunkt der Untersuchungen wurde der Anbau von Biomasse-Dauerkulturen wie Holz aus Kurzumtriebsplantagen, Miscanthus gewählt.

Zu betrachten waren folgende Auswirkungsbereiche:

- Natur- und Bodenschutz
- Gewässerschutz
- Klimaschutz und Treibhausgasemissionen

Struktur des Verbundvorhabens

Um die Spannweite der Auswirkungsbereiche fachlich fundiert bearbeiten zu können, wurden im Rahmen des Verbundvorhabens mehrere aufeinander aufbauende Teilprojekte vergeben (Abbildung 1). Mit Hilfe einer Vorstudie wurde der Kenntnisstand zum Energiepflanzenanbau zusammengetragen. Betrachtet wurden sowohl der Anbau von Dauerkulturen als auch von einjährigen Kulturen zur energetischen Verwertung. In der weiteren Vorbereitung der vertiefenden Teilprojekte des Verbundvorhabens wurde der Anbau von Kurzumtriebsplantagen und anderen Biomasse-Dauerkulturen als die unter ökologischen Gesichtspunkten wahrscheinlich günstigste Option für den Anbau von Energiepflanzen in den Mittelpunkt gerückt.

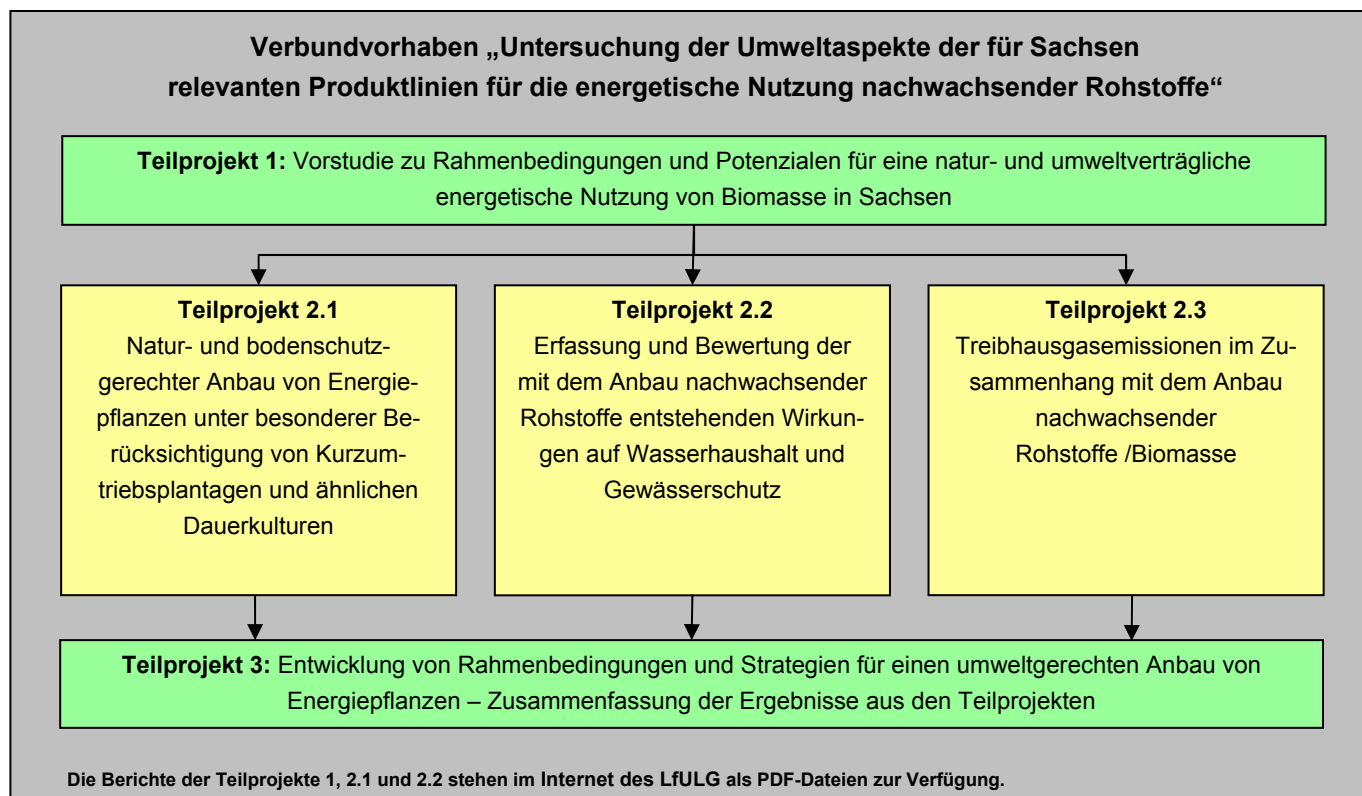


Abbildung 1: Aufbau des Verbundvorhabens „Untersuchung der Umweltaspekte der für Sachsen relevanten Produktlinien für die energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe“

Im Teilprojekt 2.1 sind die spezifischen Potenziale für den umweltgerechten Anbau von Dauerkulturen – wie Holz aus Kurzumtriebsplantagen oder Miscanthus – aufgezeigt worden. Des Weiteren wurden auch Potenziale, die aus der Verwertung von Landschaftspflegematerialien bereitgestellt werden könnten, betrachtet. Anhand von Kriterien des Natur- und Bodenschutzes sind Gebietskulissen entwickelt worden, um mögliche Risiken für den Natur- und Bodenschutz zu vermeiden und Synergien von Schutz- und Nutzungszielen konsequent zu nutzen.

Im Teilprojekt 2.2 wurden mit Hilfe des webbasierten Modells STOFFBILANZ die Auswirkungen einer Erweiterung des Anbaus von Dauerkulturen auf den Wasserhaushalt, auf den Eintrag der Pflanzennährstoffe Stickstoff und Phosphor bzw. von Pflanzenschutzmitteln in die Grund- und Oberflächenwasserkörper näher untersucht und deren Auswirkungen und Konfliktpotenziale im Bereich Wasserhaushalt und Gewässerschutz quantifiziert.

Im Teilprojekt 2.3 wurde dann eine modellgestützte Verifizierung und Aktualisierung von Lachgasemissionsfaktoren ausgewählter Energiepflanzen (bspw. Raps, Mais, Grünland) eines im LfULG vorhandenen landwirtschaftlichen Lachgasemissionskatasters vorgenommen. Damit sollte ein Beitrag zur Entwicklung eines Instrumentariums zur Erstellung einer Treibhausgasemissionsbilanz des Anbaus nachwachsender Rohstoffe geleistet werden.

Die Ergebnisse der vorgenannten Teilprojekte sind anschließend im Teilprojekt 3 in den fachlichen Kontext zu weiteren Projekten und Fachveröffentlichungen gestellt worden. Ergänzend zu den Umweltwirkungen des mehrjährigen Anbaus von Energiepflanzen, die insbesondere anhand der Ergebnisse der Teilprojekte 2.1 und 2.2 thematisiert werden, beschäftigt sich der vorliegende Bericht auch mit den Umweltwirkungen des Anbaus einjähriger Energiepflanzen, ohne dass dazu eigenständige Untersuchungen vorgenommen wurden. Insofern haben die Ausführungen zu den einjährigen Energiepflanzen eher kursorischen Charakter. Der vorliegende Bericht fasst die wesentlichen Ergebnisse zusammen, formuliert Empfehlungen für einen umweltgerechten Anbau von Energiepflanzen, zeigt Forschungsbedarf auf und gibt Hinweise für eine Fortentwicklung der Energiepolitik Sachsens.

Die im Bericht ausgeführten Anbauhinweise für Energiepflanzen sind Empfehlungen, die sich aus der Sicht des Boden-, Gewässer- und Naturschutzes ergeben. Sie sind nicht als verbindliche Vorgaben für eine standortgerechte Flächenbewirtschaftung zu interpretieren, weil diese in den bestehenden Fachgesetzen und nachgeordneten Regelungen enthalten sind.

Zielgruppe des Berichtes sind Politiker und Fachbehörden aus den Agrar- und Umweltressorts gleichermaßen wie landwirtschaftliche Berater und Landwirte.

2 Schnellwachsende Baumarten und andere Dauerkulturen

2.1 Grundlegende Informationen

In den nachfolgenden Unterkapiteln werden grundlegende Informationen zum Anbau von Dauerkulturen bereitgestellt. Diese Informationen sind gleichermaßen für die Fragestellungen des Natur-, Boden-, Gewässer- und Klimaschutz relevant, sodass sie den Themenschwerpunkten vorangestellt werden.

2.1.1 Anbauentwicklung von Dauerkulturen zur energetischen Verwertung

Die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe hat die Entwicklung der Anbauflächen von KUP und Miscanthus für die Jahre 2008 und 2009 zusammengestellt (Tabelle 1). Bundesweit wurden im Jahr 2008 rund 2.400 ha KUP und Miscanthus angebaut. Im Jahr 2009 stieg der Flächenumfang auf rund 3.800 ha an. Nach einer Erhebung des LfULG betrug die Anbaufläche in Sachsen im Jahr 2010 bei KUP 200 ha und bei Miscanthus 23,2 ha. Somit ist die Anbaufläche von KUP und Miscanthus zwischen 2009 und 2010 um gut 50 ha angewachsen. An der bundesweiten landwirtschaftlichen Nutzfläche nimmt der Anbau der beiden Kulturen nur einen Anteil von ca. 0,02 % ein. Damit sind diese beiden Kulturen derzeit noch als Nischenprodukt einzustufen.

Tabelle 1: Anbauflächen in ha von KUP und Miscanthus in Deutschland in den Jahren 2008 und 2009 nach Angaben der Mitglieder der Bund-Länder-Arbeitsgruppe Nachwachsende Rohstoffe (Quelle: FNR)

Bundesland	KUP 2008	Miscanthus 2008	Gesamtanbaufläche 2008	KUP 2009	Miscanthus 2009	Gesamtanbaufläche 2009
Baden-Württemberg	86,9	191,0	277,9	125,1	239,0	364,1
Bayern	136,0	706,0	842,0	189,0	813,0	1.002,0
Berlin	k.A.	k.A.	0,0	k.A.	k.A.	0,0
Brandenburg	250,0	3,0	253,0	700,0	7,0	707,0
Bremen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hamburg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hessen	59,0	88,0	147,0	199,0	136,5	335,5
Mecklenburg-Vorpommern	30,0	k.A.	30,0	30,0 ?	k.A.	30,0
Niedersachsen	250,0	k.A.	250,0	485,0	k.A.	485,0
Nordrhein-Westfalen	43,0	172,0	215,0	98,0	311,0	409,0
Rheinland-Pfalz	?	?	0,0	?	?	0,0
Saarland	2,0	0,0	2,0	4,8	1,6	6,4
Sachsen	160,1	31,1	191,3	155,0	17,0	172,0
Sachsen-Anhalt	62,2	0,0	62,2	151,3	0,0	151,3
Thüringen	30,0	12,2	42,2	37,5	9,5	47,0
Gesamt	1.216,2	1.205,3	2.421,5	2.273,7	1.559,6	3.833,3

2.1.2 Chancen und Risiken

Zu den Chancen und Risiken des verstärkten KUP-Anbaus sind in den vergangenen Jahren zahlreiche Publikationen und Empfehlungen erschienen (u. a. REINHARDT & SCHEURLEN 2004, MEYER-MARQUART et al. 2006, RÖHRICHT & RUSCHER 2009, NABU 2008, BEMMANN & KNUST 2010, BFN 2010a+b, BUND 2010, BURGER 2010, DBU 2010, DIMITRIOU et al. 2011).

Mit dem Anbau von Dauerkulturen zur energetischen Verwertung werden vor allem folgende ökologischen Vorteile verbunden:

- Intensivierung des Bodenlebens
- Verbesserung des Bodengefüges
- Reduzierung von Erosionsgefährdungen
- Steigerung der C-Sequestrierung
- Reduzierung von Nährstoffauswaschungen und damit Verbesserung der Sickerwasserqualität
- Reduzierung von Spurengasemissionen
- Steigerung der Biodiversität durch zusätzliche Habitatangebote in der Feldflur

Im beschränkten Umfang werden auch Risiken mit dem Anbau von Dauerkulturen verbunden:

- zeitlich begrenzte mögliche Erhöhung der Stoffausträge in der Phase der Bestandsbegründung

- Beeinträchtigungen des Bodengefüges durch winterliche Beerntung und bei der Rückumwandlung
- Reduzierung der Grundwasserneubildung durch höhere Evapotranspirationsleistungen
- Beeinträchtigungen der Sichtbeziehungen und der Lebensraumansprüche von Offenlandarten

2.1.3 Hemmnisse des KUP-Anbaus

KRÖBER et al. (2008) differenzieren verschiedene Hemmnisse, die zu einer zögerlichen Anlage von KUP in der Landwirtschaft beitragen:

- „stetige Probleme“ des Produktionsverfahrens
 - lange Flächenbindung (20 bis 30 Jahre)
 - geringe Anpassungsflexibilität an Marktentwicklung
 - unregelmäßige Zahlungsströme während des Produktionsprozesses
 - Anfangsjahre (bis zur ersten Holzernte) ohne Produktionserlöse
- Kosten
 - Anlagekosten hoch (ca. 2.500 bis 3.000 €/ha)
 - kostenintensive Ernte (10 bis 18 € je t atro) und Plantagenrückwandlung (1.400 bis 2.500 €/ha)
- Pachtverhältnisse
 - Die Eigentums- und Pachtverhältnisse erschweren die Anlage von KUP, weil sich die Pächter mit dem Eigentümer abstimmen müssen.
- Dränagen
 - Dränagen können durch tief wurzelnde Bäume beeinträchtigt werden. Aus diesem Grund wird für gedränzte Flächen vom KUP-Anbau abgeraten.
- ertragsschwache, stark geneigte Flächen
 - Die von der Landwirtschaft bevorzugt aus der Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln genommenen Flächen sind für ertragsreiche KUP wenig bis nicht geeignet.
- mangelnde Erfahrungen
 - In der landwirtschaftlichen Praxis bestehen noch Unsicherheiten auf Grund geringer Erfahrungen.

Diesen Hemmnissen ist Rechnung zu tragen, wenn der Anbauumfang von KUP aus energie- und umweltpolitischen Gründen ausgeweitet werden soll.

2.1.4 Logistikstrategien

Der Anbauumfang und die Bereitstellungsketten für Dauerkulturen zur energetischen Verwertung sollten an die unterschiedlichen Vermarktungsmöglichkeiten angepasst werden. SCHULTZE et al. (2008) führen unterschiedliche Vermarktungsmöglichkeiten auf. Als wesentliche Kriterien für Vermarktungsmöglichkeiten sind der Abnehmertyp und der damit verbundene Bedarf an Biomasse in die Anbauplanung einzubeziehen. Zum Beispiel haben Mehrfamilienhäuser, Gewerbebetriebe, Nahwärmenetze, kommunale Heizkraftwerke und Pyrolyse- sowie BtL-Anlagen ganz unterschiedliche Bedarfe an Biomasse.

Weiterhin ist die Saisonalität des Biomassebedarfs bedeutsam. Während ausschließliche Wärmenutzer wie Mehrfamilienhäuser oder Nahwärmenetze nur in der Heizperiode einen Bedarf an Biomasse aufweisen, benötigen Abnehmer mit gleichzeitiger Stromerzeugung ganzjährig Biomasse. Auch Pyrolyse- und BtL-Anlagen sind ganzjährig ohne saisonale Schwankungen zu beliefern.

Zu berücksichtigen sind auch die Entfernungen zwischen Anbauflächen und Abnehmern. Für die Vermarktung im Nahbereich ist der Einsatz landwirtschaftlicher Transporttechnik konkurrenzfähig. Bei langen Distanzen wirken sich hohe Ladevolumen positiv aus, sodass der Einsatz von Transportunternehmen sinnvoll sein kann.

Neben der direkten energetischen Nutzung der KUP-Biomasse bestehen auch stoffliche Nutzungsoptionen, die bei steigenden Holzpreisen attraktiv sein können (ZIEGLER et al. 2010). Der stofflichen Nutzung kann anschließend noch eine energetische Nut-

zung der Holzbiomasse folgen, was im Sinne einer Nutzungskaskade aus ökologischer Sicht als besonders vorteilhaft beurteilt wird (FRITSCHÉ et al. 2010, UBA 2010). Dabei empfiehlt es sich unter anderem, die spezifischen Anforderungen der Holzwerkstoffhersteller an die Holzbiomasse in die Planung, Flächenanlage und -bewirtschaftung mit einzubeziehen, um die Vermarktung sicherzustellen.

2.1.5 Düngung/Bodenhilfsstoffe

Kurzumtriebsplantagen und andere Dauerkulturen haben im Vergleich zu einjährigen Ackerfrüchten einen geringeren Nährstoffbedarf. Ob eine Düngung aus pflanzenbaulicher Sicht notwendig ist, kann anhand des Nährstoffversorgungszustandes der Böden und der erwarteten Entzüge durch den Holzzuwachs ermittelt werden. Neben dem Bedarf an Stickstoff sind auch die anderen Haupt- und Spurenelemente zu berücksichtigen. Anhaltswerte für die Nährstoffentzüge können der Veröffentlichung von RÖHRICHT & RUSCHER (2009) entnommen werden. Häufig kann auf eine N-Düngung vollständig verzichtet werden, weil die mittleren N-Entzüge zumeist bereits durch N-Einträge aus der Atmosphäre abgedeckt werden (LAMERSDORF & SCHULTE-BISPING 2010; zur N-Deposition vgl. auch Abbildung 2).

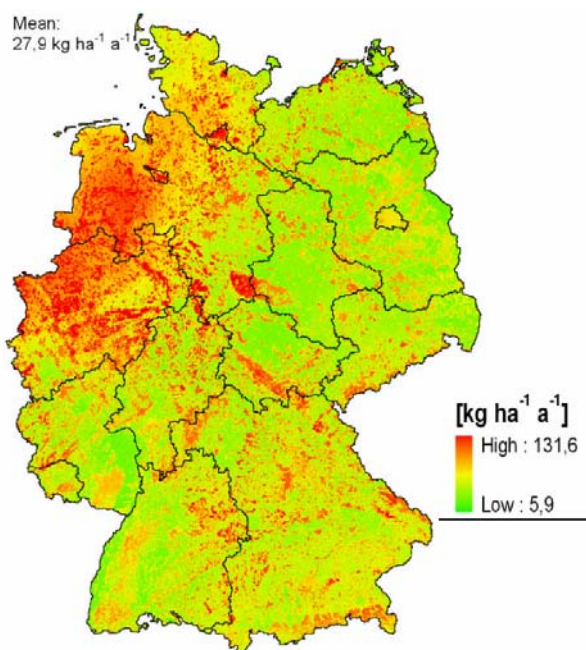


Abbildung 2: N-Gesamtdeposition in Deutschland im Jahr 2004 (GAUGER 2008)

Um möglichst geschlossene Nährstoffkreisläufe zu realisieren, sind die vergleichsweise schadstoffarmen Rostaschen in eine Düngestrategie einzubinden. Lediglich die Feinstäube sind aufgrund der Schadstoffakkumulation nicht zur Düngung zu verwenden, sondern einer geordneten Deponierung zuzuführen.

Im von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten NOVALIS-Vorhaben wurden bei der Anlage von KUP auch Bodenhilfsstoffe getestet (STOLL & DOHRENBUSCH 2010). Positive Auswirkungen hatte die Impfung der landwirtschaftlichen Böden mit Mykorrhiza-Pilzen. Langjährig landwirtschaftlich genutzte Böden sind im Regelfall arm an Mykorrhiza-Pilzen als Symbiosepartner für Gehölze. Durch die Symbiose mit Mykorrhiza-Pilzen können Baumarten ihre Nährelementversorgung steigern. Die Mykorrhizierung der NOVALIS-Versuchsflächen erbrachte einen um 10 bis 35 % gesteigerten Höhenzuwachs der Pappel-KUP und eine bessere Phosphor-Versorgung der Blätter.

2.1.6 Krankheiten und Schädlinge

Das Habitatangebot von KUP ist für die naturschutzfachliche Zielsetzung, zusätzliche Habitatstrukturen im Vergleich zu einjährigen Ackerkulturen in der Agrarlandschaft bereitzustellen, grundsätzlich positiv zu bewerten. Gleichwohl können einzelne Arten oder Krankheiten sich so stark vermehren bzw. ausbreiten, dass sie Schäden verursachen. Nach HELBIG & MÜLLER (2008) sind die wichtigsten potenziellen biotischen Schadfaktoren in Kurzumtriebsplantagen:

- Begleitvegetation
- Pilzliche Schaderreger
- Insekten
- Säugetiere

Die pflanzenbaulich notwendige Regulierung dieser Schadfaktoren begründet sich in der möglichen Massenvermehrung einzelner Arten, der möglichen Entwicklung harmloser Arten zu Schaderregern und der Gefahr der Besiedlung durch exotische Arten. Die potenziellen Schäden steigen dabei an, je uniformer der Pflanzenbestand zur energetischen Nutzung ist. Beispielhaft sind hier Weidenblattkäfer und Pappelbock als Vertreter der Insekten oder Rostpilze als Vertreter der pilzlichen Schaderreger zu nennen, die zu Schäden in KUP-Anlagen beitragen können.

Die pflanzenbaulich als notwendig erachteten Maßnahmen zur Schadensregulierung können zum Teil den Zielsetzungen des Natur- und Umweltschutzes entgegenstehen. Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zur Regulierung der Begleitvegetation und Schädlinge oder zur Behandlung von Krankheiten wird aus naturschutzfachlicher Sicht kritisch bewertet. Im Vergleich zur Praxis des konventionellen Ackerbaus ist jedoch von einer deutlichen Reduzierung der Behandlungsintensität auszugehen. Mechanische Regulierungsmaßnahmen der Begleitvegetation und des Mäusebesatzes stehen im Widerstreit zu den Zielsetzungen des Erosionsschutzes. Auch hier ist im Vergleich zur konventionellen Praxis insgesamt von einer geringeren Bearbeitungsintensität auszugehen.

2.1.7 Überschussgrünland – Nutzungsalternativen

Grünland fällt auf Grund struktureller Entwicklungen der Landwirtschaft mehr und mehr aus der Nutzung oder wird teilweise zu Ackerland umgebrochen. In diesem Zusammenhang wird von Überschussgrünland gesprochen, welches nicht mehr zur Produktion von Futtermitteln benötigt wird. Beispielsweise prognostizieren RÖSCH et al. (2007) für Baden-Württemberg einen starken Rückgang der Milchviehhaltung. Der dadurch sinkende Raufutterbedarf resultiert in überschüssigen Grünlandflächen. Auch die Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft hat bereits im Jahr 2003 in einer Studie die Entwicklung der Grünlandnutzung abgeschätzt (LFL 2003). Nach einer auf das Jahr 2010 bezogenen Aktualisierung der Datengrundlagen durch das LfULG kann von einem landesweiten Grünlandüberschuss von 23 % ausgegangen werden (Abbildung 3, schriftliche Mitteilung DR. STEINHÖFEL, LfULG vom 07.09.2011).

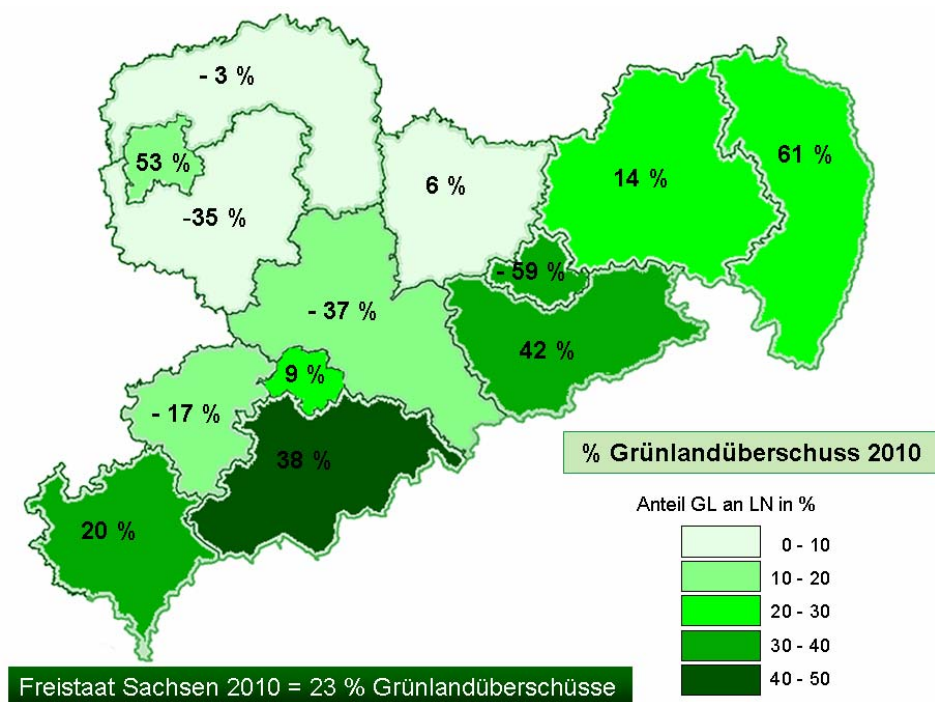


Abbildung 3: Grünlandanteile und Grünlandüberschüsse in Sachsen (gegliedert nach Landkreisen; schriftliche Mitteilung DR. STEINHÖFEL, LfULG vom 07.09.2011)

Als Nutzungsalternativen diskutieren LFL (2003), RÖSCH et al. (2007) und RÖSCH & SKARKA (2008) verschiedene Formen der energetischen Verwertung des Biomasseaufwuchses. Die möglichen Auswirkungen der Nutzungsoptionen für den Naturschutz und die Biodiversität fasst Tabelle 2 zusammen.

Tabelle 2: Auswirkungen unterschiedlicher Grünland-Flächennutzungen auf die Biodiversität (RÖSCH & SKARKA 2008, verändert)

Nutzung	Auswirkungen auf die Biodiversität
Mulchen	Ruhe- und Deckungsraum für Vögel und Säugetiere; Lebensraum teilweise für seltene Insekten
Heu – Verbrennung	Ausbildung kräuterreicher Wiesen; Lebensraum für zahlreiche Insekten
Grassilage – Biogas	relativ kräuter- und insektenarmes Grünland; Verlust an Biodiversität bei Nutzungsintensivierung zuvor extensiv genutzter, artenreicher Wiesen
Umbruch – Kurzumtriebsplantagen	Lebensraum für andere, zumeist euryöke, teilweise auch bedrohte Pflanzen- und Tierarten; Ruhe- und Deckungsraum für Vögel und Säugetiere (abhängig von den KUP-Eigenschaften, vgl. Kap. 2.2.5) Verlust an Biodiversität bei Nutzung zuvor extensiv genutzter, artenreicher Wiesen
Umbruch – Ackerbau	erhöhte Erosionsgefährdung, weil zeitweise ohne Vegetation; wenig Begleitvegetation; geringe Wertigkeit für wildlebende Pflanzen und Tiere Verlust an Biodiversität

Die energetische Nutzung von Grünlandaufwuchs ist mit der Futternutzung vergleichbar. Aus diesem Grund sind keine negativen Effekte zu erwarten, wenn mit der energetischen Nutzung keine Intensivierung (Düngung, Schnittfrequenz) verbunden ist. Ein Grünlandumbruch zum ackerbaulichen Anbau von Energiepflanzen ist abzulehnen, weil damit höhere Stoffausträge in Grund- und Oberflächenwasserkörper verbunden sind. Gleichzeitig wird die CO₂-Bilanz negativ beeinträchtigt, weil mit dem Grünlandumbruch ein Humusabbau einhergeht. Wird für die Neuanlage von Energiepflanzenbeständen mesotrophes und extensives Grünland umgewandelt, entstehen – unabhängig vom Verwendungszweck und der Kultur – erhebliche Konflikte mit dem Naturschutz. RÖSCH & SKARKA (2008) sehen in der Verwendung der Grassilage als Gärsubstrate eine ökologische Alternative insbesondere in Regionen, die aus standortspezifischen Gründen nur begrenzte Anbauflächen für Energiemais (z. B. Mittelgebirgslagen) aufweisen und in denen weite Transportentfernungen für Maissilage eine Alternative erforderlich machen, oder in Regionen, in denen der Grünlandaufwuchs anderweitig nicht wirtschaftlich genutzt werden kann.

Im aktuell laufenden Vorhaben GREENERGY (gefördert von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe) wird der Anbau schnellwachsender Baumarten auf Grünlandstandorten zur Erhöhung des Rohstoffpotenzials für die energetische Holzverwendung evaluiert. In der abgeschlossenen ersten Phase des Projektes wurde geprüft, ob es in der Bundesrepublik Deutschland auf Grund der juristischen, naturschutzfachlichen, standortkundlichen, ökologischen und ökonomischen Rahmenbedingungen sowie aus Sicht der Versorgungssicherheit der Tierproduktion möglich und sinnvoll ist, auf ausgewählten Grünlandflächen Kurzumtriebsplantagen für die energetische Holzverwertung anzulegen. Dabei wurden auch rechtliche Mindeststandards für den Anbau von KUP auf Grünland sowie der Wert der Umweltdienstleistungen von KUP auf Grünland thematisiert. Die Veröffentlichung der Ergebnisse steht noch aus (<http://www.energieholz-portal.de/95-0-Links.html>; Stand: 13.4.2011).

2.2 Natur- und Bodenschutz

2.2.1 Anbaustrategien

Landwirtschaftliche Empfehlungen zum Anbau von Dauerkulturen zur energetischen Verwertung konzentrieren sich auf dessen Wirtschaftlichkeit. Damit stehen Biomasseerträge und Verfahrenskosten im Vordergrund. Für den KUP-Anbau resultiert daraus die Empfehlung, ertragsreiche Baumarten auf vergleichsweise wüchsigen Standorten anzubauen. Sollen jedoch neben dem Ertragsziel auch Zielsetzungen des Natur- und Bodenschutzes realisiert werden, dann sind andere Anbaustrategien zu wählen.

Um den unterschiedlichen Zielsetzungen des Anbaus von Dauerkulturen zur energetischen Verwertung gerecht zu werden, können folgende Auswahlkriterien in Anlehnung an GEROLD et al. (2008) herangezogen werden:

- Standorte mit geringer Bodenfruchtbarkeit und daher geringem Ertragspotenzial;
Standorte, die vom prognostizierten Klimawandel negativ betroffen sein werden;
Standorte mit weiteren Bewirtschaftungsnachteilen wie zum Beispiel zu weite Hof-Feld-Entfernung, zu geringe Größe oder ungünstigen Flächengeometrien
 - Kleinflächiger Anbau auf diesen Marginalstandorten.
Die Anlage von Dauerkulturen zur energetischen Verwertung auf Marginalstandorten ist als Alternative zur vollständigen Nutzungsaufgabe einzustufen. Die Standortungunst ermöglicht keine hohen Erträge. Angesichts dieser Ausgangslage können ggf. Zielsetzungen des Natur- und Bodenschutzes auf diesen Standorten erfüllt werden, ohne dass es zu Zielkonflikten mit der Landwirtschaft kommen muss.
- Standorte mit potenziellen Biotopentwicklungspotenzialen/Biotopvernetzung
 - Anbau unter Berücksichtigung spezifischer naturschutzfachlicher Zielsetzungen (vgl. u. a. FEGER et al. 2010)
 - Speziell bei KUP handelt es sich um künstlich begründete, strukturarme und gleichaltrige Gehölzbestände, die meist aus Monokulturen gebietsfremder Arten, Hybriden oder Herkünften bestehen. Ohne Begleitbiotope haben sie bezüglich Naturnähe, Vielfalt oder Vorkommen seltener und gefährdeter Arten zumeist nur einen geringen naturschutzfachlichen Wert (vgl. SCHMIDT & GLASER 2010). Deshalb sind sie innerhalb eines Biotopverbundsystems nach §§ 20 und 21 BNatSchG nicht als Kern- oder Verbindungsflächen geeignet. Auf Grund der gegenüber Ackerflächen extensiveren Bewirtschaftungsweise der KUP (u. a. SCHMIDT & GEROLD 2010) können sie ggf. als Puffer um Kern- und Verbindungsflächen sowie entlang von Äckern angelegt werden.
 - Zur Vernetzung von Gehölzbiotopen im Sinne § 21 Abs. 6 BNatSchG können KUP beitragen. Dazu sollten strukturreiche Randgestaltungen der KUP mit abschnittswisen Mänteln aus heimischen Straucharten vorgesehen werden. Weiterhin sollten Krautsäume und Begleitbiotope angelegt werden (u. a. SCHMIDT & GLASER 2010).
 - Für die Vernetzung anderer, nicht von Gehölzen geprägter Lebensraumtypen eignen sich KUP nur bedingt (z. B. Grünlandverbund bei entsprechenden Saumstrukturen) oder überhaupt nicht.
 - Generell ist ein Beitrag von KUP oder anderer Dauerkulturen zur Biotopvernetzung begrenzt, weil diese Kulturen nicht dauerhaft angelegt werden und eine Rückumwandlung in konventionellen Acker regelhaft ab einer Nutzungszeit von ca. 20 Jahren erfolgt. Bei einer zeitlichen Staffelung der Anlage und damit auch der Rückumwandlung von Dauerkulturen zur energetischen Nutzung kann dem Anspruch des Naturschutzes auf dauerhafte Vernetzungsstrukturen entgegengekommen werden.
- Standorte mit spezifischen Empfindlichkeiten (zum Beispiel hohe potenzielle Erosionsgefährdung)
 - Anbau unter Berücksichtigung spezifischer Schutzanforderungen (Wind- und Wassererosion, empfindliche Schutzgüter mit Puffersäumen etc.)
- Standorte mit günstigen Produktionsbedingungen
 - großflächiger Anbau als Leit- und Demonstrationsbeispiele

Derartig differenzierte Anbaustrategien eröffnen der Landwirtschaft und dem Natur- und Bodenschutz Handlungsspielräume, die bei der praktischen Umsetzung vor Ort genutzt werden können. Abbildung 4 verdeutlicht beispielhaft die Gestaltungsspielräume bei der Anlage einer KUP, die neben betriebswirtschaftlichen Aspekten auch Anforderungen des Boden- und Gewässerschutzes mit berücksichtigen.

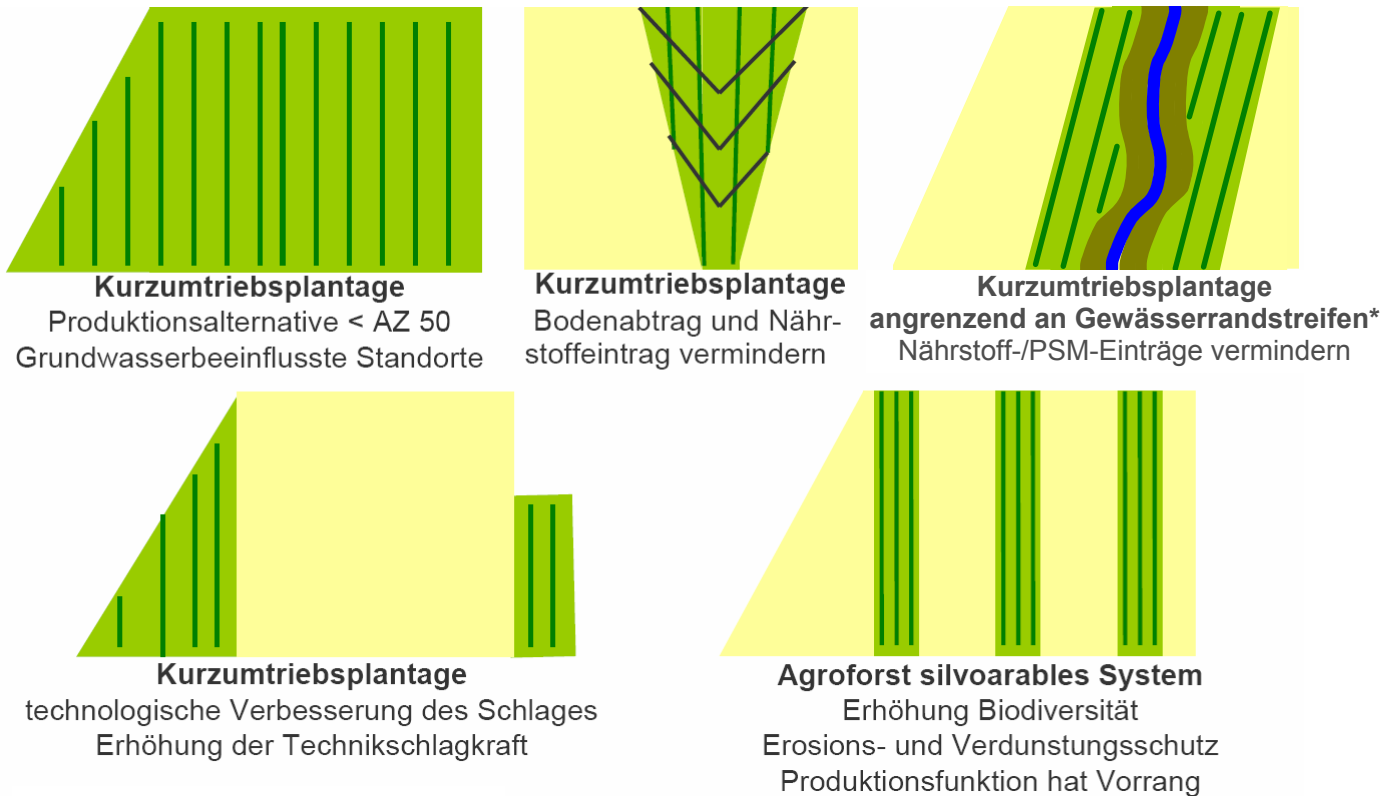


Abbildung 4: Verschiedene KUP-Anbaustrategien (nach GRUNERT 2010, verändert)

* Hinweis: Ein KUP-Anbau bis an die Gewässerböschung ist naturschutzfachlich nicht erwünscht. Stattdessen wird eine extensive, an den Zielen des Naturschutzes ausgerichtete Nutzung der Gewässerrandstreifen mit einer Mindestbreite von 10 m angestrebt. Daran anschließend kann die Anlage von KUP zu einer zusätzlichen Abstands- und Pufferwirkung beitragen.

Die Vereinbarkeit von ökonomischen und ökologischen Zielen wird in Thüringen mit dem Anbau von Energiehölzern in Agroforstsystemen untersucht (TLL o. J.). Im Projekt „AgroForstEnergie“² wird in Dornburg ein 50 ha großer Schlag mit Pappeln im vier- und achtjährigen Umtrieb und dreigliedriger Ackerfruchtfolge bewirtschaftet (Abbildung 6).

In ähnlicher Weise ist auch die Versuchs- und Demonstrationspflanzung „Biomassehecken“ der Fachhochschule Erfurt konzipiert (SCHUMACHER et al. 2010). Sie zielt auf die Vernetzung von Heckenstrukturen und landwirtschaftlichen Nutzflächen ab. Neben Arten- und Biotopschutzaspekten sollen die Hecken auch zur energetischen Nutzung herangezogen werden. Dafür wird der Begriff der Kurzumtriebshecke (KUH) kreiert (Abbildung 5).

² <http://www.tu-cottbus.de/multiland/de/pages/projekte-agroforstenergie.html>; vgl. ähnlichen Ansatz im Oderbruch: <http://oderbruchpavillon.de/bausteine/beitraege/kurzumtriebshecken.htm>



Abbildung 5: Kurzumtriebshecke (KUH) – Versuchs- und Demonstrationspflanzung nach der zweiten Mahd der Zwischeneinsaat, aufgenommen am 21.09.2010 (Pflanzung: Anfang April 2009)

(Foto: S. Sieber, FH Erfurt. Aus: SCHUMACHER et al. 2010)

GEROLD et al. (2008) geben auch Hinweise zur KUP-Anlage in Abhängigkeit von den Standortbedingungen. Auf guten Standorten mit ausreichender Wasserversorgung kann im zeitigen Frühjahr die Anlage mit unbewurzelten Stecklingen erfolgen. Bewurzelte Stecklinge sollten auf sandigen und schlecht mit Wasser versorgten Standorten verwendet werden. Auf solchen Standorten kann auch eine Pflanzung im Herbst erfolgen. Damit wird nicht nur der Anwuchserfolg verbessert. Gleichzeitig können damit Arbeitsspitzen im Frühjahr gekappt werden, sodass damit arbeitswirtschaftliche Vorteile verbunden sein können.

Eine verbesserte Beratung unter Berücksichtigung der betrieblichen und lokalen Bedingungen versprechen sich PRETZSCH & SKODAWESSELY (2008) und SKODAWESSELY et al. (2010) durch die Veröffentlichung des Beratungshandbuches „Beratungsinstrumentarium für Fachberater – Entscheidungsgrundlagen für die Etablierung von Kurzumtriebsplantagen in Sachsen und Brandenburg“. Das Beratungshandbuch geht auf rechtliche und betriebliche Rahmenbedingungen ein, thematisiert die Standorteignung, gibt verfahrenstechnische Hilfestellungen zur Anlage, Pflege, Ernte und zum Transport und führt auch Vermarktungsmöglichkeiten auf. Dabei wird der Leser mit Hilfe von Entscheidungsbäumen etc. sehr praxisfreundlich durch die Beratungsthemen geführt.

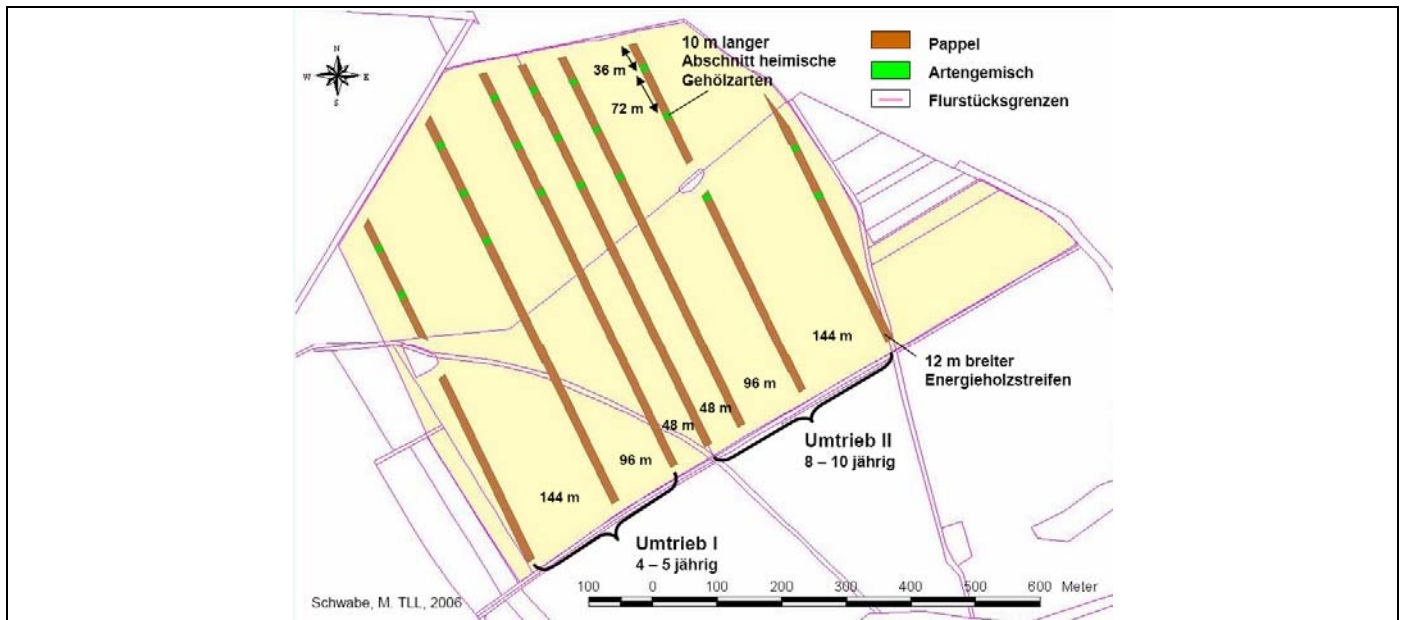
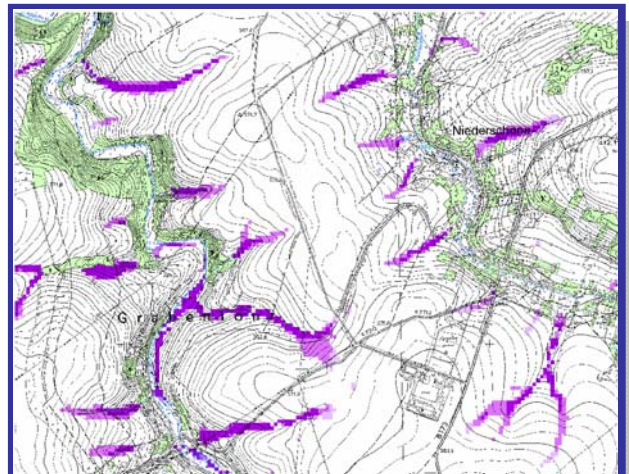


Abbildung 6: Anbau von Energiehölzern in Agroforstsystemen in der Versuchsphase des Projektes AgroForstEnergie des Thüringer Ministeriums für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz
(Oben: Anbauschema von M. Schwabe, TLL; Unten: Fotos von M. Bärwolff, TLL)

2.2.2 Wassererosion

MEYER-MARQUART et al. (2006) und FEGER et al. (2010) heben die Möglichkeit hervor, dass durch eine räumliche Lenkung von Dauerkulturen zur energetischen Verwertung standörtlichen Erosionsgefahren entgegengewirkt werden kann.

VOß et al. (2010) haben für die Begrünung von besonders erosionswirksamen Abflussbahnen Umsetzungsstrategien entwickelt, die den natur- und bodenschutzfachlichen Zielsetzungen gerecht werden. In diesem Zusammenhang haben die Autoren auch die Etablierung von KUP in den vorgeprägten Abflussbahnen geprüft. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass auf Grund der häufig vernässten Böden und der damit einhergehenden Produktions- und Bewirtschaftungerschwernisse die Anlage von KUP mit Pappelklonen in erosionswirksamen Abflussbahnen nicht empfohlen werden kann, wenn betriebswirtschaftliche Maßstäbe angelegt werden. Die vernäsungsbedingten Produktions- und Bewirtschaftungerschwernisse gelten jedoch auch für einjährige Ackerkulturen und dort noch vielmehr, weil deutlich mehr Befahrungen bei den einjährigen Kulturen notwendig sind als bei KUP. Insofern sind die Erschwernisse kein generelles Argument gegen die Anlage von KUP in vorgeprägten Abflussbahnen. Statt der vernäsungsempfindlichen Pappeln können Weiden oder Erlen verwendet werden, die mit den Vernässungen in Abflussbahnen besser zurechtkommen. Im Falle starker Vernässungen sollte der Charakter weniger einer KUP-Anlage, sondern eher dem eines extensiv genutzten Gehölzbestandes oder Auenwaldes entsprechen. Vergleichbare Gehölzstrukturen sind auch heute schon in der Agrarlandschaft vorhanden (Abbildung 7).



Kartenausschnitt zu vorgeprägten Abflussbahnen (violett), die aus dem Digitalen Geländemodell ermittelt wurden (vgl. FEGER et al. 2010, nach Fachinformation Boden des LfULG)

Die Anlage von KUP oder anderer Dauerkulturen kann auf gedrähten Flächen Schwierigkeiten verursachen, wenn durch Wurzeleinwuchs in die Drainageleitungen deren Funktionssicherheit beeinträchtigt wird. Im Gegensatz zu einjährigen Kulturen ist die Wahrscheinlichkeit des Wurzeleinwuchses bei Dauerkulturen erhöht, weil diese Kulturen den Boden zumeist tiefer durchwurzeln und gleichzeitig diese Wurzeln auch überjährig erhalten bleiben.

Neben der Anlage von KUP oder anderer Dauerkulturen kann der Erosionsgefahr in vorgeprägten Abflussbahnen auch mit anderen Anbaustrategien entgegengewirkt werden. Beispielsweise sind Begrünungen mit einjährigen Kulturen möglich, die zu Zeiten hoher Erosionsgefährdung durch Starkniederschläge im Mai bis Juli einen dichten Pflanzenbestand aufweisen und für die anschließende erosive Phase bis September ausreichend Mulchmaterial bereitstellen können wie z. B. im Frühjahr gedrillter Winterroggen. Auch überjährige Graseinsaaten können vorgenommen werden. Beide Möglichkeiten gewährleisten einen effektiven Schutz der Tiefenlinie vor linearen Erosionsprozessen und können zudem auch einer energetischen Verwertung zugeführt werden (Abbildung 8).

Neben den vorgeprägten Abflussbahnen waren noch weitere erosionsgefährdete Standorte – wie z. B. Standorte mit hoher bzw. sehr hoher flächenhafter Erosionsgefährdung, abgeleitet mit Hilfe der ABAG-Faktoren KRLS – Gegenstand der Ableitung einer bodenschutzfachlichen Gebietskulisse, die Flächen ausweist, auf denen durch den Anbau mehrjähriger Energiepflanzen Synergien für den Bodenschutz erzielt werden können (vgl. Kap. 2.2.6).



Abbildung 7: Gehölzstrukturen in der Agrarlandschaft als Vorbild für KUP in vorgeprägten Abflussbahnen

(Foto: M. Grunert, LfULG)

Der im Zeitraum der Anlage von Dauerkulturen erhöhten Erosionsgefährdung wurde im Projekt NOVALIS nachgegangen (STOLL & DOHRENBUSCH 2008, LAMERSDORF et al. 2008). Anstelle der verbreitet eingesetzten Herbstfurche wurde der Boden nur in der Pflanzreihe bearbeitet. Damit war das Einbringen der Stekhölzer problemlos möglich. Das Verfahren wurde zudem mit einer Begrünung zwischen den Pflanzreihen kombiniert, um der anfänglichen Erosions- und Auswaschungsgefährdung entgegenzuwirken und gleichzeitig dem Unkrautdruck vorzubeugen. Die streifenförmige Bodenbearbeitung in den Pflanzreihen hat sich im NOVALIS-Projekt nicht bewährt, weil dadurch der Vermehrung der Wühlmäuse nur unzureichend entgegengewirkt wurde.



Abbildung 8: Begrünte vorgeprägte Abflussbahn (Foto: J. Voß)

2.2.3 Winderosion

RÖHRICHT & RUSCHER (2004), SCHWARZE & RÖHRICHT (2006) und RÖHRICHT et al. (2010) sind der Frage nachgegangen, ob der streifenförmige Anbau von KUP zum Schutz vor Winderosion beitragen kann. Neben dem Schutz vor Winderosion können KUP auf großen, offenen Ackerschlägen auch zu einer Strukturanreicherung ausgeräumter Agrarlandschaften beitragen. Unter Beachtung der angestrebten Schutzfunktionen kann der KUP-Streifenanbau auch einer wirtschaftlichen Nutzung durch Holzgewinnung zugeführt werden.

Ein derartiger KUP-Streifenanbau (8 x 200 m) wurde auf einem 40 Hektar großen Schlag des Lehr- und Versuchsgutes Köllitsch im Jahr 2002 angelegt. Der Versuchsschlag ist ein mit Nährstoffen gut versorgter sandiger Lehmboden der Ackerzahl 59. Die langjährige Niederschlagssumme ist mit 500 mm für den Anbau schnellwachsender Baumarten eher suboptimal. Der Streifen ist in fünf Abschnitte untergliedert, in denen natürliche Herkünfte der Pappel, Weide und Espe gepflanzt wurden.

Im langjährigen Versuch konnte nachgewiesen werden, dass auf einem Boden mittlerer Qualität im dreijährigen Umtrieb mit Sorten der Balsampappel und Weide Erträge von 10 t TM/(ha-a) zuverlässig realisiert werden können. Die geprüften Espensorten wiesen geringere Erträge auf. Neben dem erzielten Biomasseertrag stellte der KUP-Streifenanbau ab dem dritten Standjahr auch eine windbremsende Wirkung bereit, sodass der Winderosionsgefährdung entgegengewirkt wird. Ein schematischer Anbauplan sowie ein optischer Eindruck im Winter- und Sommerzustand können der Abbildung 9 und Abbildung 10 entnommen werden.

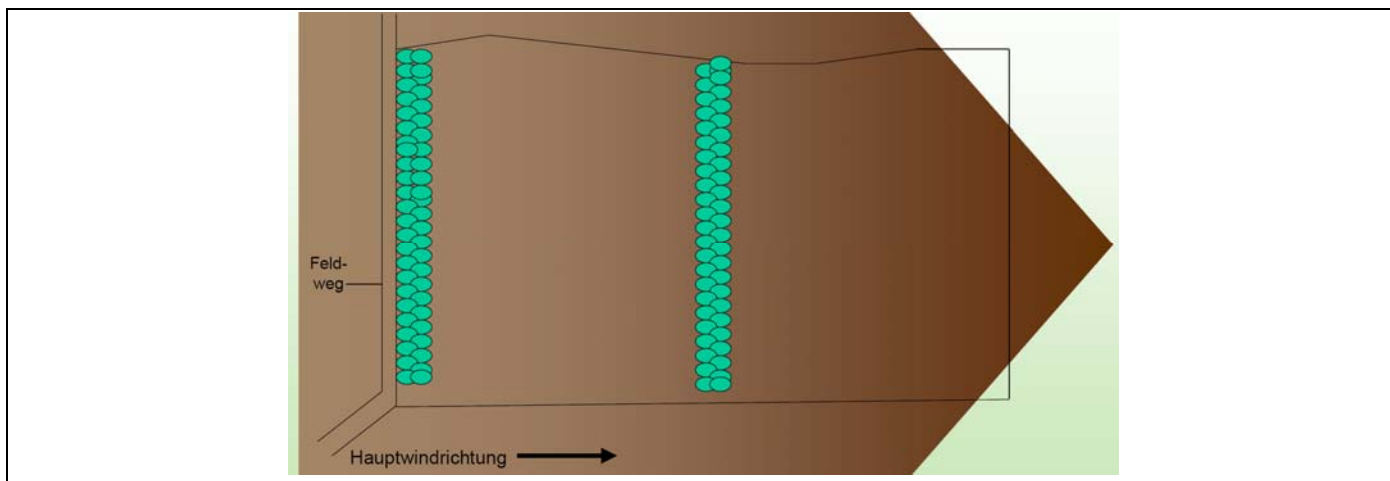


Abbildung 9: Schematischer Anbauplan für KUP-Streifen zur Reduzierung der Winderosionsgefährdung (SCHWARZE & RÖHRICHT 2006)



Abbildung 10: KUP-Streifen zur Reduzierung der Winderosionsgefährdung auf der Versuchsstation Köllitsch, halbseitig geerntet im Februar 2010, Aufnahmen im Sommer- und Winterzustand (Fotos: M. Grunert, LfULG)

Die windbremsende Wirkung von linearen Hecken- oder KUP-Strukturen kann auch mit positiven Ertragswirkungen auf den angrenzenden Ackerflächen einhergehen. MÖNDEL (o.J.), BENDER et al. (2009) und CHALMIN et al. (2009) berichten von Ertragszuwächsen im Umfeld linearer Gehölzstrukturen³ (vgl. Abbildung 11). Die grüne Fläche zeigt den Mehrertrag und die orangefarbene Fläche den potenziellen Ertragsverlust, welcher der Windschutzanlage zuzuschreiben ist. Die rote Linie markiert den potenziellen durchschnittlichen Kornertrag ohne Windschutzanlage von 33,3 dt/ha. Der durchschnittliche Kornertrag mit Windschutzanlage liegt bei 35,3 dt/ha. Damit bestätigen die Autoren ältere Untersuchungen. Auf ertragsschwachen Standorten (Sandböden, flachgründige Böden, Wassermangel und Hitzestress) können geeignete Windschutzanlagen einen ertragssteigernden Effekt haben. Zwischen 5 bis 10 % der Fläche können mit Windschutzanlagen oder Hecken bestockt werden, ohne dass der Gesamtertrag zurückgeht. Die Rentabilität der ackerbaulichen Nutzung wird befördert, weil der Faktoreinsatz (vor allem Betriebsmittel) auf die verbleibende Ackerfläche beschränkt wird.

³ Nach MÖNDEL ist die Windschutzanlage zum Zeitpunkt der Untersuchungen ca. 35 Jahre alt und besteht aus Pyramidenpappeln (ca. 15-20 m hoch) und Traubenkirschen (ca. 2,5 m hoch) im Unterbau. Einige Pappeln sind ausgefallen, sodass die Windschutzanlage an der Nordseite einige Lücken aufweist. Der Unterbau der Windschutzanlage ist jedoch auf einer Höhe von 2-2,5 m durchgehend geschlossen.

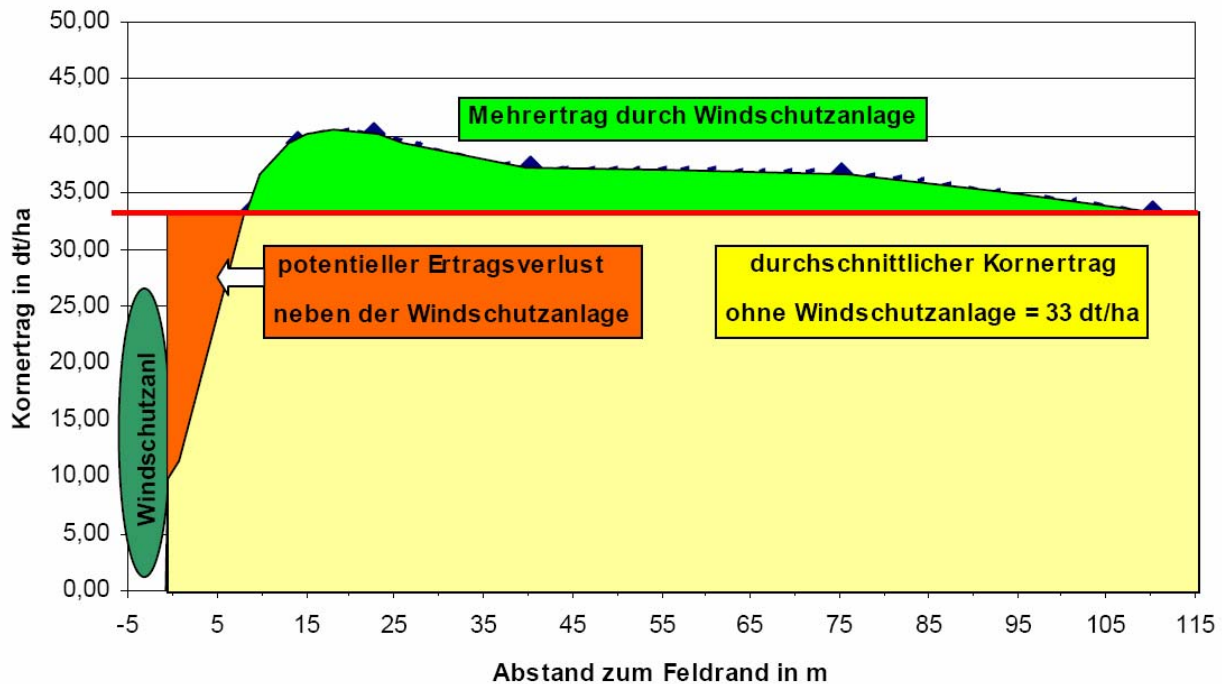


Abbildung 11: Ertragswirkung einer Windschutzanlage in Dumersheim, Baden-Württemberg (MÖNDEL o.J. und CHALMIN et al. 2009)

2.2.4 Nutzung schadstoffbelasteter Böden

Bei flächenhaften Schadstoffbelastungen von Böden ist die Nutzungseignung für die Landwirtschaft eingeschränkt. Der Schadstofftransfer aus dem anstehenden Gestein und aus den Böden in die Ernteprodukte kann die Qualität der Lebens- und Futtermittel so stark beeinträchtigen, dass sie nicht mehr in Verkehr gebracht werden dürfen. In Sachsen sind Böden verbreitet mit Arsen und Schwermetallen aus dem anstehenden Gestein und dem historischen Erzbergbau belastet. Davon betroffen sind Gebiete im Erzgebirge sowie die Auenböden der Fließgewässer, die diese Gebiete entwässern. Bei den Fließgewässern sind insbesondere das Muldesystem mit seinen Nebengewässern sowie die Elbe zu benennen.

In diesen Gebieten stehen die Landwirtschaft und der Bodenschutz vor der Herausforderung, der Praxis geeignete Maßnahmen zur Begrenzung des Schadstofftransfers vom Boden in die Pflanze zu empfehlen. Als Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen werden dabei „neue“ Maßnahmen, wie die Immobilisierung von anorganischen Schadstoffen durch Einarbeitung von Materialien mit hohem Bindungsvermögen oder die Phytoremediation verstärkt diskutiert (FELDWISCH et al. 2004 und PUSCHENREITER et al. 2008). Die Phytoremediation setzt Pflanzen zur Sanierung kontaminierter Böden ein, um entweder die Schadstoffe aus dem Boden zu entfernen oder sie im Boden zu immobilisieren. Als alternative Nutzung der Biomasseaufwüchse schadstoffbelasteter Böden bietet sich deren energetische Nutzung an.

Die konkrete Erprobung derartiger Methoden in Sachsen wird u. a. in dem Projekt „Anbau von Energiepflanzen für die nachhaltige Rohstoffabsicherung“ vorgenommen (LfULG). Das Projekt hatte folgende Ziele (Abschluss 05/2011):

- Nutzung von Grünlandaufwüchsen von mit unterschiedlichen Kalkgaben behandelten Belastungsflächen für die Festbrennstoffgewinnung und als Biogasrohstoff
- Anbau von Getreide in unterschiedlichen Intensitätsstufen (Düngung, Kalk, Pflanzenschutz) und Verwertung der Aufwüchse als Festbrennstoff mit Einsatz verschiedener Ernteverfahren
- Untersuchung zum Anbau verschiedener schnellwachsender Baumarten und -sorten auf kontaminierten Flächen im Hinblick auf Schwermetallaufnahme, Ertragszuwachs und Verwertung für BtL-Kraftstoffe sowie Strom/Wärme

Auch in anderen Bundesländern werden energetische Nutzungskonzepte für schadstoffbelastete Böden erprobt. Beispielsweise beleuchtet das Projekt „ALTE FLÄCHEN – NEUE ENERGIEN“ die Möglichkeiten einer energetischen Nachnutzung brachliegender, ökologisch beeinträchtigter Flächen im ländlichen Raum Thüringens (ROSELT et al. 2010). In diesem Zusammenhang

kann auch auf innerstädtische Brachflächen (mit und ohne Schadstoffbelastungen) hingewiesen werden, die sich grundsätzlich für eine – ggf. zeitlich befristete – Produktion von Energiepflanzen eignen; auf diese Anbaupotenziale wird hier nicht näher eingegangen.

Die Rückstände der energetischen Nutzung von Biomasse, die auf schadstoffbelasteten Flächen gewachsen ist, können spezifische Schadstoffgehalte aufweisen. Grundsätzlich sind die Anforderungen des Düngemittel- und Bodenschutzrechtes einzuhalten. Beim Inverkehrbringen von Verbrennungsrückständen oder Gärsubstrat sind die Grenzwerte der DüMV einzuhalten (DüMV, Anlage 2; Tabelle 1). Werden die Grenzwerte überschritten, dann ist eine Ausbringung nicht möglich. Unter diesen Umständen ist dann auch keine Ausbringung auf eigenen Flächen möglich, weil die Schadstoffbelastung durch die Analyseergebnisse offenkundig geworden ist. Wenn jedoch von vorneherein eine Ausbringung auf betriebseigenen Flächen vorgesehen ist, dann besteht nach DüMV keine Untersuchungspflicht und somit auch keine düngemittelrechtliche Ausbringungsbeschränkung im Hinblick auf etwaige Schadstoffbelastungen. Aus bodenschutzfachlicher Sicht ist eine Ausbringung auf den Produktionsflächen tolerierbar, solange keine Verschlechterung der Schadstoffsituation (Gesamtgehalte und Verfügbarkeiten der Schadstoffe) durch die Ausbringung der Rückstände ausgelöst wird. Beispielsweise können Verbrennungsrückstände in Fraktionen unterschiedlicher Belastungshöhe aufgegliedert werden. Die Ausbringung der vergleichsweise schadstoffarmen Rostaschen auf den Produktionsflächen ist im Regelfall unproblematisch, weil die Schadstoffsituation der Böden nicht verschlechtert wird. Lediglich die Feinstäube sind auf Grund der Schadstoffakkumulation generell nicht zu verwerten, sondern einer geordneten Deponierung zuzuführen.

2.2.5 Biodiversität

In den letzten Jahren sind vielfältige naturschutzfachliche Untersuchungen zur Besiedlung von KUP mit Tieren und Pflanzen durchgeführt worden (vgl. u. a. auch BAUM et al. 2009, SCHULZ et al. 2009, SCHULZ et al. 2010, GLASER & SCHMIDT 2010, HELBIG & MÜLLER 2008+2010, KRÖHER et al. 2010, SCHMIDT & GLASER 2010).

Unabhängig von den Einzelergebnissen lässt sich festhalten, dass KUP – verglichen mit intensiv genutzten, ertragsreichen Acker- und Grünlandnutzungsformen – regelmäßig artenreicher sind. Dabei werden KUP vor allem von euryöken Arten⁴ und nur selten von naturschutzfachlich besonders schutzwürdigen Arten besiedelt. In großflächig einheitlich genutzten Gebieten erhöhen KUP oft die regionale Diversität. Umgekehrt vermögen KUP in strukturreichen Gebieten mit hoher Artenvielfalt keine zusätzlichen naturschutzfachlichen Effekte auszulösen.

Die Besiedlung von KUP ist dabei sehr stark von der Anlagen-Diversität und der umgebenden Landnutzung abhängig. Die Auswirkungen von KUP auf die Pflanzen- und Tierartenvielfalt (Phyto- und Zoodiversität) werden vor allem durch folgende Einflussfaktoren bestimmt (vgl. u. a. auch NABU 2008, BfN 2010A, BfN 2010b, BUND 2010, DBU 2010, ZÖPHEL 2010):

- Umgebende Nutzung: In struktur- und artenarmen Gebieten können KUP naturschutzfachlich vorteilhaft sein, weil sie (Teil-)Lebensräume für wildlebende Pflanzen- und Tierarten bereitstellen können. Gleichzeitig profitiert die Biodiversität in KUP auch durch die Anbindung an naturnahe und artenreiche Lebensräume. Beispielsweise sind die Artenzahlen in KUP in der Nähe von Wäldern oder Hecken höher als bei isolierter Lage in großen Ackerflächen.
- KUP-Flächengröße: Kleinere und mit langen Grenzlinien ausgestaltete KUP bergen einen vielfältigeren Lebensraum für wildlebende Pflanzen- und Tierarten als großflächige und einheitlich strukturierte KUP.
- Vornutzung: KUP auf zuvor intensiv genutzten Ackerflächen generieren mehr Chancen für den Umwelt- und Naturschutz als KUP auf zuvor extensiv genutzten Ackerflächen oder Grünland. Auf umwelt- und naturschutzfachlich bedeutsamen Nutzungsformen wie Magerrasen, extensivem Grünland etc. würde die KUP-Anlage zu einer Beeinträchtigung der Phyto- und Zoodiversität führen.
- Flächenvorbereitung: Extensive Vorbereitungsverfahren steigern prinzipiell die mögliche Phyto- und Zoodiversität. Aus natur- und bodenschutzfachlicher Sicht zeichnen sich extensive Verfahren durch einen möglichst geringen Einsatz von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln und durch möglichst geringe mechanische Eingriffe in den Boden aus. Hier besteht ein gewisser Zielkonflikt, weil bei einer extensiven Bodenvorbereitung – zum Beispiel kein tiefgreifender Bodenbruch – die

⁴ Euryöke Arten weisen eine große Toleranz gegen Umweltfaktoren auf und können insofern bei sehr unterschiedlichen Standortfaktoren auftreten.

mechanische Regulierung von Unkräutern oder Ungräsern nicht wirksam wird. Deshalb können in Abhängigkeit vom vorhandenen Samenvorrat des Bodens bei einer extensiven Flächenvorbereitung auch Dominanzbestände einzelner, zumeist nitrophiler Pflanzenarten auftreten, die eine artenreichere Begleitflora unterdrücken. Statt einer mechanischen Regulierung dominanter Pflanzenarten kommt dann der Einsatz von Herbiziden in Frage. Anhand der Standortbedingungen ist zu entscheiden, wie weit die Bodenvorbereitung extensiviert werden kann.

- **Auswahl der Baumarten und -sorten:** Eine Mischung aus verschiedenen Baumarten und -sorten ist aus Sicht des Naturschutzes prinzipiell günstiger einzustufen, weil dadurch zum einen unterschiedliche Besiedlungsmöglichkeiten durch wildlebende Pflanzen und Tiere eröffnet werden. Zum anderen sind Arten- und Sortenmischungen dem Grundsatz nach auch stabiler gegen Krankheiten und Schädlinge, so dass auf Pflanzenschutzmaßnahmen verzichtet werden kann. Neben den aus Ertragsicht im Fokus stehenden Pappel- und Weidenarten sind naturschutzfachlich auch weitere Arten wünschenswert (zum Beispiel Birken, Erlen, Aspen und weitere Laubbäume), wenngleich derzeit zum Erhalt der Förderfähigkeit der Fläche nur der Anbau von Pappel, Weide, Birke, Erle, Esche, Stiel-/Trauben-/Roteiche und Robinie zugelassen ist.
- **Pflanzweiten/Reihenabstände/Wuchstypen:** Bei sehr dicht gepflanzten KUP wird der Boden ab dem 2. oder 3. Jahr nahezu vollständig beschattet, so dass wildlebende Begleitpflanzen weitgehend unterdrückt werden können. Aus diesem Grund sind weitere Pflanzabstände oder stellenweise lückige KUP-Bestände naturschutzfachlich vorteilhafter zu bewerten. Die Artenvielfalt in KUP ist auch abhängig von Wuchstyp und der Blattgrößen der KUP-Bäume. So bevorzugen zum Beispiel einzelne Vogelarten bestimmte Wuchstypen. Großblättrige KUP-Gehölze wie einzelne Pappelsorten bzw. -klone führen zu einer stärkeren Beschattung als kleinblättrige KUP-Gehölze.
- **Begleitstrukturen/-säume, Strukturvielfalt:** Je vielfältiger Begleitstrukturen einer KUP-Anlage – wie Innen- und Außensäume, begleitende Hecken, nicht geerntete Einzelbäume etc. – ausgeprägt sind, umso stärker ist deren Phyto- und Zoodiversität. Die Artendiversität wird durch eine abschnittsweise Ernte der KUP-Anlage gesteigert, sodass unterschiedlich alte KUP-Bestände im räumlichen Verbund vorkommen (Abbildung 12 bis Abbildung 15). Die abschnittsweise Beerntung ist auch Voraussetzung dafür, dass KUP zur Biotopvernetzung beitragen können, weil dafür eine zumindest abschnittsweise Dauerhaftigkeit der Gehölzbestockung gegeben sein muss.
- **Umtriebszeiten:** Mit zunehmender Dauer der Umtriebszeiten verändert sich das Artenspektrum. Anfänglich herrschen Offenland-, Hecken- oder Waldrandarten vor. Je länger die Umtriebszeit gewählt wird, umso eher stellen sich Waldarten ein.



Abbildung 12: Positive Auswirkungen einer KUP-begleitenden Hecke – Besiedlung einer Pappel-KUP bei Thammenhain (Sachsen) durch Brutvögel; die höchsten Brutvogel-Dichten sind in den randlich begleitenden Hecken sowie dem angrenzenden Kiefernaltholz (Mitte links) zu finden, während die Zentren der KUP nur schwach besiedelt sind (SCHULZ et al. 2010) (Orthophoto © 2007, Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen)



Abbildung 13: Bereits kleinere Lücken in der KUP können wichtige Funktionen für wildlebende Tier- und Pflanzenarten übernehmen. Abgebildet ist eine ca. 100 m² große Ausfallfläche in einer dreijährigen Weidenplantation bei Cahnisdorf (Brandenburg) mit ausgeprägtem Blühaspekt der Wiesenmargerite, die von Schmetterlingsarten wie z. B. dem vielerorts gefährdeten Wegerich-Scheckenfalter (*Melitaea cinxia*) aufgesucht wird (SCHULZ et al. 2010).

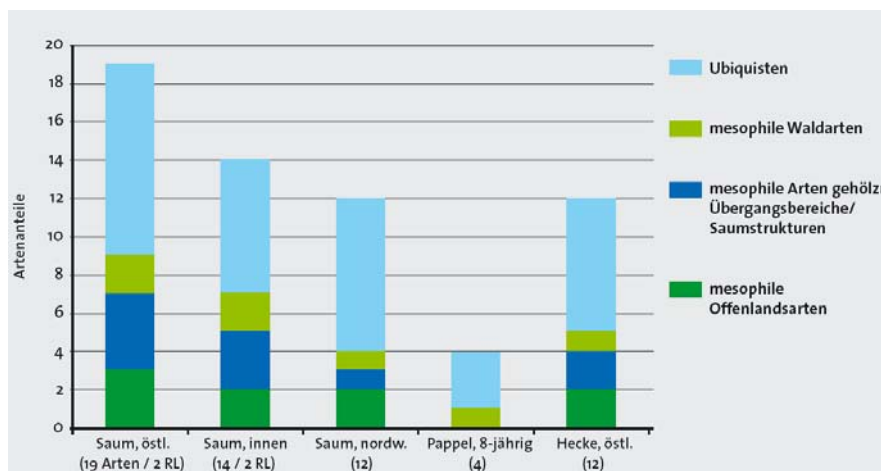


Abbildung 14: Besiedlung von Rand- und Saumstrukturen einer KUP durch Tagfalter; Anzahl der Tagfalterarten gesamt und Arten der Roten Liste Brandenburgs (RL) (SCHULZ et al. 2010)

Die von ZÖPHEL (2010) durchgeführten floristisch-vegetationskundlichen Erfassungen auf unterschiedlichen Demonstrationsflächen mit schnellwachsenden Baumarten auf großen Ackerschlägen als Feldstreifen auf der Versuchsstation Köllitsch im Vergleich zum Acker und anderen Saumstrukturen machen deutlich, dass auf den KUP-/Gehölzflächen eine größere Anzahl von pflanzensoziologischen Einheiten vertreten sind als auf Ackerflächen (Abbildung 15). So nehmen insbesondere die Anteile von Grünland-, Saum-, Gebüsch- und Waldarten zu. ZÖPHEL (2010) weist auf eine bewirtschaftungsabhängige Sukzessionsentwicklung hin. Die im Laufe von drei bis vier Jahren entstehenden Bestände gleichen in ihrem Charakter am ehesten Vorwäldern auf frischen, anthropogen beeinflussten Standorten, namentlich den verbreiteten Aspen-Gehölzen bzw. Aspen-Vorwäldern. Das frühe Stadium der KUP-Streifen bietet Regenerationsmöglichkeit für seltene oder rückläufige Ackerarten und für eine artenreiche Ruderalflora, so dass sie die Feldflur floristisch bereichern. Mit fortschreitendem Bestandsalter der KUP-Flächen geht durch die Beschattung der Wert der Begleitvegetation (z. B. Artenreichtum, Blütenreichtum) innerhalb der Pflanzungen jedoch stark zurück. Aus diesem Grund ist aus ökologischer Sicht das Belassen breiter Saumbereiche wichtig.

ZÖPHEL (2010) weist auch darauf hin, dass ein diversitätsfördernder Effekt vor allem von Sorten/Arten mit geringerer Wüchsigkeit und geringem Bestandsschluss ausgeht. Im Vergleich zu den Naturschutzhecken sind die KUP-Feldstreifen durch

den abrupten Übergang zum Saum, die innerhalb der Varianten homogenere Gehölzstruktur, das Fehlen autochthoner Gehölze und vor allem von Gehölzen mit Nahrungsfunktion für die Vogelwelt (Avifauna) sowie die reliktsche Ruderalflora im Bestandesinneren charakterisiert. Die damit verbundene mangelnde Attraktivität für die Avifauna führt in der Folge zu geringen zoochoren Diasporeneinträgen in KUP-Anlagen, sodass deren Sukzession hin zu artenreicheren Beständen weniger Impulse erhält.

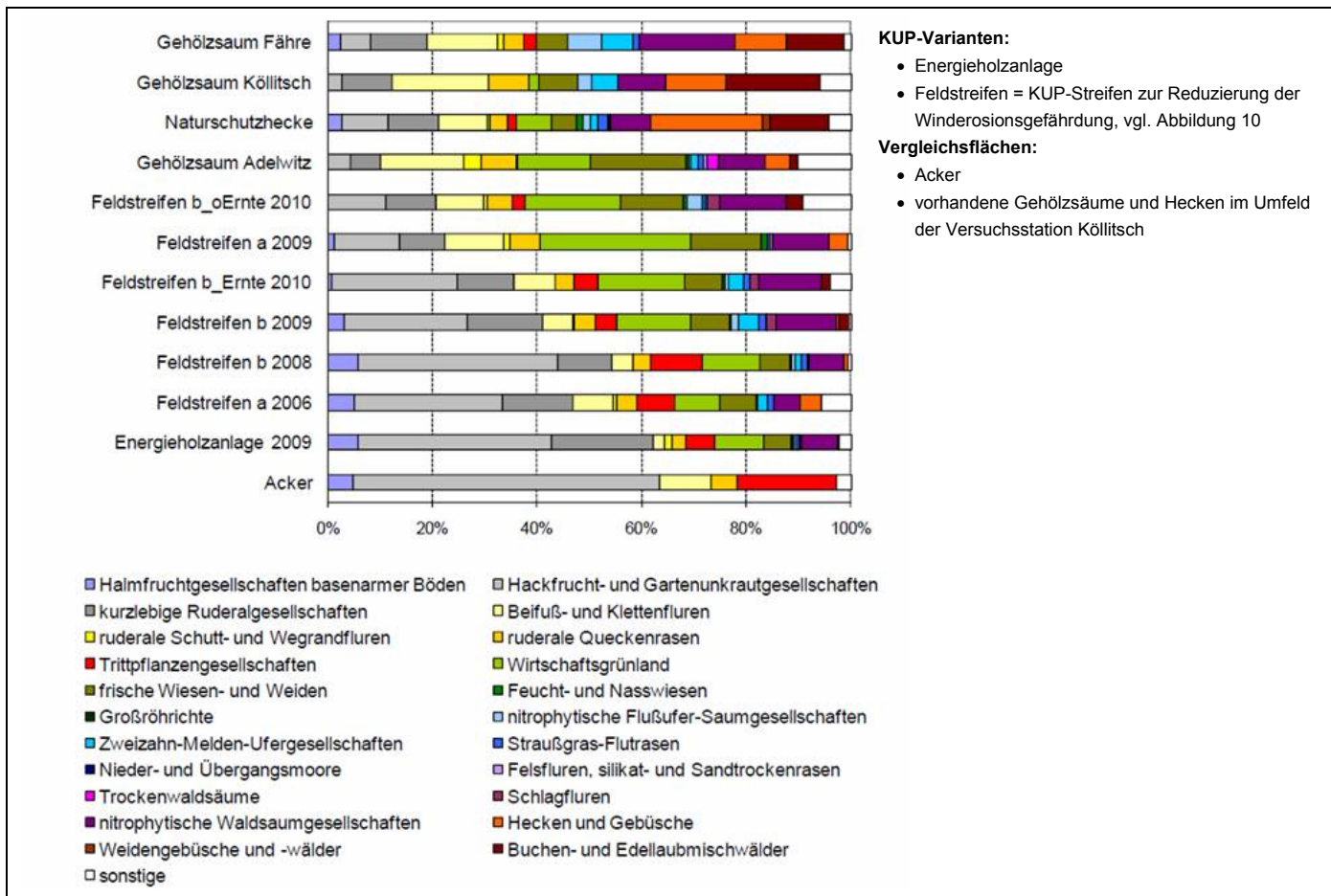


Abbildung 15: Pflanzensoziologische Artenspektren von unterschiedlichen Demonstrationsflächen mit schnellwachsenden Baumarten auf großen Ackerschlägen als Feldstreifen im Vergleich zum Acker, Standort Köllitsch (ZÖPHEL 2010)

2.2.6 Gebietskulissen und Standortpotenziale für einen natur- und bodenschutzgerechten KUP-Anbau in Sachsen

Das Ziel der nachhaltigen Entwicklung von regionalen Bioenergiekonzepten basiert auf einer möglichst flächeneffizienten und naturverträglichen Nutzung der landwirtschaftlichen Flächen für die Erzeugung nachwachsender Rohstoffe zur energetischen Nutzung. Nicht nur in Sachsen kann hierzu der Erzeugung von Biomasse in mehrjährigen Kulturen möglicherweise eine besondere Bedeutung zukommen. Diese sind sowohl im Hinblick auf die Flächeneffizienz als auch die Naturverträglichkeit den einjährigen Kulturen an vielen Standorten überlegen.

Der Anbau von Kurzumtriebsplantagen und ähnlichen Dauerkulturen⁵ auf Ackerflächen birgt folgende Chancen für die sächsische Landwirtschaft, den ländlichen Raum und den Natur- und Bodenschutz (vgl. u. a. BURGER 2004, KAHLE & BOELCKE 2004, RÖHRICHT & RUSCHER 2004, MEYER-MARQUART et al. 2006, SCHMIDT & GLASER 2009, GLASER & SCHMIDT 2010, FEGER et al. 2010):

⁵ Unter dem Begriff Dauerkulturen werden sowohl Kurzumtriebsplantagen (Pappel, Weide, Erle, Robinie) mit Rotationslängen von 2 bis < 20 Jahren als auch mehrjährige, nicht verholzende Energiepflanzen (v. a. Miscanthus spec.) verstanden, wenn deren Nutzungsdauer mindestens 10 Jahre beträgt (Feger et al. 2010).

- neue Einkommensquelle für die Landwirtschaft und Wertschöpfung in ländlichen Regionen
- Diversifizierung der Anbaustrukturen
- Aufwertung der Erholungsfunktion von Agrarlandschaften (Landschaftsbild)
- Ergänzende Lebensraumangebote für wildlebende Tiere, speziell für die Avifauna sowie mögliche Beiträge zur Biotopvernetzung
- Erhöhung der Artenvielfalt auf Bestandes- und Landschaftsebene (besonders bei Entwicklung von Randstrukturen aus gebietsheimischen Arten)
- Minderung der Bodenerosion und Nährstoffauswaschung
- Förderung des Bodenlebens und Bodengefüges
- Sicherung und Stabilisierung des Nährstoffhaushalts der Böden
- Stärkung des Boden- und Landschaftswasserhaushaltes als Beitrag zur dezentralen Hochwasservorsorge
- Nutzungsoption für schadstoffbelastete Böden, auf denen keine hochwertigen Nahrungs- oder Futterpflanzen mehr angebaut werden können

Angesichts der vorstehend aufgeführten Chancen des Anbaus von Dauerkulturen für den Natur- und Bodenschutz stellt sich die Frage, auf welchen Flächen von Dauerkulturen Synergien für den Natur- und/oder Bodenschutz ausgehen können. Dieser Frage ist das Teilprojekt 2.1 nachgegangen (FEGGER et al. 2010).

Um diese Chancen nutzen zu können, ist ein Gesamtkonzept erforderlich, in dem die entsprechenden Rahmenbedingungen und Strategien für eine nachhaltige Entwicklung der energetischen Nutzung von Biomasse im Freistaat Sachsen definiert werden. Unerlässliche Grundlage hierfür ist die differenzierte Ermittlung der spezifischen Potenziale für einen standortangepassten Anbau der einzelnen Energiepflanzen.

Eine geodatenbasierte Identifikation von Gebietskulissen (Vorzugs- und Vorsorgeflächen als Synergie-, Risiko- und Ausschlussflächen) hat sich im Rahmen der Diskussion um mögliche Synergien und Risiken des Biomasseanbaus als gangbarer Weg zur räumlichen Darstellung des Synergiepotenzials sowie zur Vermeidung/Minderung möglicher Konfliktpunkte mit Zielen des Umwelt- und Naturschutzes erwiesen.

Im Teilprojekt 2.1 wurden mögliche Synergien und Risiken des Anbaus von Dauerkulturen für den Natur- und Bodenschutz mit Hilfe ausgewählter Indikatoren abgeleitet. Anhand landesweit verfügbarer Geodaten wurden Flächen identifiziert, auf denen anhand der ausgewählten Indikatoren positive oder negative Auswirkungen des Anbaus von Dauerkulturen erwartet werden können. Die so abgeleiteten Flächenkulissen sind als natur- und bodenschutzfachliche Empfehlungen zur Flächenauswahl zu verstehen. Auf Grund der verwendeten Datengrundlagen, Maßstäbe und Indikatoren sind die abgeleiteten Flächenkulissen auch nicht als flächenscharfes Handlungskonzept zu interpretieren. Die konkreten Umweltwirkungen des Anbaus von Dauerkulturen zur energetischen Verwertung sind anhand der Vor-Ort-Bedingungen und insbesondere der konkreten Anbauverfahren, Anbauflächenumfänge und Nutzungsmuster zu verifizieren.

Dennoch konnte mit Hilfe der verwendeten Indikatoren zwischen Flächen unterschieden werden, auf denen auf Grund der Standortbedingungen aus Sicht des Natur- und Bodenschutzes eher Synergien oder Risiken zu erwarten sind. Beispielsweise können Kurzumtriebsplantagen und ähnliche Dauerkulturen zum Boden- und Gewässerschutz beitragen und damit Synergien entfalten, weil unter diesen Kulturen die Bodenerosion und die Nährstoffauswaschung im Vergleich zur Ackernutzung deutlich reduziert ist. Der Schutz vor Erosion kann sowohl bei Gefährdungen auf den Anbauflächen selbst (On-Site) als auch bei Gefährdungen anderer Schutzgüter unterhalb potenzieller Erosionsflächen (Off-Site) wirksam werden. Dazu sind nicht immer ganze Ackerschläge mit Dauerkulturen zu bestellen. Der gezielte Anbau von Dauerkulturen auf besonders gefährdeten Teilflächen – wie zum Beispiel in vorgeprägten Abflussbahnen – ist in vielen Fällen ausreichend, um negative Auswirkungen auf andere Schutzgüter zu reduzieren oder gänzlich zu vermeiden. Im Gegensatz dazu können sich Risiken durch den Anbau von Dauerkulturen dann ergeben, wenn spezifische Lebensraumansprüche geschützter bzw. gefährdeter Arten oder seltener Biotope durch Dauerkulturen beeinträchtigt werden.

Zur Ableitung der Flächenkulissen wurde zwischen den in Tabelle 3 dargelegten Synergieklassen differenziert.

Tabelle 3: Übersicht über Synergieklassen „Vorzugs- und Vorsorgeflächen Natur- und Bodenschutz“

Synergieklasse		Erläuterung	Relevanz
Nr.	Bezeichnung		
1	Synergie <i>sehr stark</i>	Synergieeffekte erwartet.	N, B
2	Synergie <i>stark</i>	Synergieeffekte erwartet, aber in geringerem Ausmaß als bei Synergieklasse 1.	B
3	Synergie prüfen	Einzelfallprüfung erforderlich. Standortspezifische Bewertung kann zu „Synergie“ oder „Ausschluss“ führen.	N, B
4	Keine Synergie <i>Risiko</i>	Keine Synergieeffekte erwartet. Anbau von Dauerkulturen birgt Risiko.	B
5	Keine Synergie <i>Ausschluss</i>	Bei Anbau von Dauerkulturen wie KUP hohes Risiko für Natur und Landschaft erwartet.	N
0	neutral <i>keine Synergie – kein Risiko</i>	Neutrale Flächen. Für den Anbau von Dauerkulturen wird weder ein Synergieeffekt noch ein Risiko erwartet.	N, B
9	nicht bewertet	Fläche wurde nicht bewertet (z. B. alle Landnutzungsarten außer Acker) oder es lagen keine Daten vor.	N, B*

Die in der Tabelle verwendeten Farben der Synergieklassen entsprechen denen auf der Karte (vgl. Abbildung 16). Die Spalte ‚Relevanz‘ gibt an, ob der Indikator für den Natur- oder Bodenschutz relevant ist:

N – Naturschutz; B – Bodenschutz. * Aus Sicht des Bodenschutzes wurde abweichend noch die Eignung von schadstoffbelastetem Grünland geprüft, aber nach Abwägung möglicher Risiken letztendlich verworfen (vgl. Ausführungen im Fließtext).

In Tabelle 4 sind die Indikatoren aufgeführt, die zur Bewertung der Standorteignung der Flächen aus Sicht des Natur- und Bodenschutzes für die KUP-Anlage verwendet wurden.

Tabelle 4: Indikatoren des Natur- und Bodenschutzes zur Bewertung der Standorteignung der Flächen für die KUP-Anlage

Indikatoren	Eignung für den KUP-Anbau	Begründung
Naturschutz		
Nationalpark, Naturschutzgebiet, Flächennaturdenkmal, Biotope der SBK	keine Synergie – Ausschluss	Wirtschaftliche Ziele des KUP-Anbaus sind mit den Zielen des Naturschutzes in den genannten Flächenkategorien nicht vereinbar.
Biosphärenreservate	keine Synergie – Ausschluss von Kern- und Pufferzone (In der Entwicklungszone wird der Anbau von Dauerkulturen nicht ausgeschlossen.)	Kern- und Puffer- oder Pflegezone sind i. d. R. gleichzeitig NSG-Flächen.
Gewässerrandstreifen	keine Synergie – Ausschluss eines 10 m-Pufferstreifens	Dieser Pufferstreifen entlang der Gewässer soll naturnahe Vegetationsformen aufweisen.
Habitat des Feldhamsters	keine Synergie – Ausschluss großflächiger KUP-Anlagen	(Potenzielles) Habitat des Feldhamsters in NW-Sachsen. Abgegrenzt entsprechend des Strategischen Maßnahmenkonzeptes Feldhamster. Flächenverfügbarkeit für Maßnahmen zum Schutz des Feldhamsters ist derzeit nicht ausreichend gegeben, wäre aber erforderlich, wenn die Art in Sachsen erhalten werden soll. Die Feldhamster-Habitats sind von der flächigen Anlage von KUP und anderen Dauerkulturen auszuschließen, weil sonst die letzten verbliebenen Habitats des Feldhamsters in Sachsen verloren gehen würden. Ein streifenförmiger Anbau von Dauerkulturen innerhalb dieser Flächenkategorie wäre aber denkbar (maximal 10-15 m Breite), wobei konkrete Vorhaben durch die zuständige Naturschutzbehörde auf ihre Vereinbarkeit mit artenschutzrechtlichen Belangen geprüft werden sollten.
potenzielle Robinienanbauflächen	Einzelfallprüfung (standortspezifische Bewertung)	In Gebieten, in denen der Anbau von Weiden und Pappeln aus produktionstechnischer Sicht nicht sinnvoll ist (Bedingungen: Ertragspotenzial von Pappel unter 5 tatro/(ha-a) und Jahresmitteltemperatur über 8 °C), ist pflanzenbaulich der Anbau von Robinie möglich. Jedoch ist die Robinie eine invasive Baumart, für die ein Abstand zu wertvollen Biotoptypen (z. B. Halbtrockenrasen) von 500 m empfohlen wird (BFN 2009).
Landschaftsschutzgebiet, FFH- und SPA-Gebiet, Biosphärenreservat Zone 3 u. 4, Naturpark, Standorte mit seltenen Ackerwildkrautarten	Einzelfallprüfung (standortspezifische Bewertung)	Bei der Einzelfallprüfung ist zu klären, ob der KUP-Anbau mit den naturschutzfachlichen Schutz- und Erhaltungszielen sowie spezifischen Artenschutzanforderungen vereinbar ist. In FFH-Gebieten ist sicher zu stellen, dass es durch Anbau von Dauerkulturen wie KUP nicht zu Beeinträchtigungen der LRT nach Anhang I und der Arten bzw. ihrer Habitats nach Anhang II der FFH-RL sowie der Kohärenzfunktion kommt. Die Schutz- und Erhaltungsziele sind in den Schutzgebiets-Verordnungen formuliert (z. B. LSG-VO, FFH-Grundsatz-VO).
Puffer um Schutzgebiete	Einzelfallprüfung (standortspezifische Bewertung)	Um Schutzgebiete der Kategorien NLP, der Kern- und Pufferzone (Zone 1 und 2) des BR und der NSG werden aus naturschutzfachlicher Sicht Pufferflächen von 20 m empfohlen, in denen die Anlage einer KUP von einer Einzelfallentscheidung (standortspezifische Bewertung) abhängig gemacht wird. Die Anlage von Dauerkulturen kann hier zur Pufferung von Stoffeinträgen sinnvoll sein. Es ist abzuschätzen, ob durch die Anlage von Dauerkulturen Schutzgüter der o. g. Schutzgebietskategorien beeinträchtigt werden können, z. B. durch Beschattung artenreicher Säume oder Veränderung des Wasserregimes infolge höheren Wasserverbrauchs einer KUP gegenüber der Vorkultur(en).
Seltene und gefährdete Arten	Einzelfallprüfung (standortspezifische Bewertung)	Beim Vorkommen besonders und/oder streng geschützter, seltener und gefährdeter Tier- und Pflanzenarten ist zu prüfen, ob durch die Anlage von Dauerkulturen eine Beeinträchtigung eintritt. Falls ja, ist der Anbau von Dauerkulturen nicht möglich bzw. aus Sicht des Naturschutzes unerwünscht. Alternativ kann geprüft werden, ob sich die Beeinträchtigungen durch einen streifenförmigen Anbau verhindern lassen.
waldarme Räume	sehr starke Synergien	Waldarme Räume mit Empfehlungen zur Waldmehrung aus dem Landesentwicklungsplan 2003. Die Anlage von KUP trägt dort zur Anreicherung von Gehölzstrukturen bei.

Indikatoren	Eignung für den KUP-Anbau	Begründung
Puffer um Gewässer- randstreifen	sehr starke Synergien	In einem 20 m breiten Streifen im Anschluss an die Gewässerrandstreifen (nach SächsWG) wird auf Ackerflächen die Anlage von KUP zur Filterung von Nährstoffeinträgen empfohlen. Im Falle schwermetallhaltiger Ackerflächen können auch Schwermetalleinträge mit KUP-Streifen vermindert werden. Die Filter-/Pufferwirkungen derartiger Streifen sind dabei im hohen Maße von der Geländemorphologie etc. abhängig (vgl. u. a. DILLAHA et al. 1989, BACH et al. 1994, FABIS 1995, BACH 2000, BARDEN et al. 2003, BEDARD-HAUGHN et al. 2004, REICHENBERGER et al. 2007, SABBAGH et al. 2009).

Bodenschutz (Auswertungen auf Grundlage Fachinformation Boden LfULG)

Vernässungsgrad Stark bis äußerst stark	keine Synergie – Ausschluss	Die Verdichtungsgefährdung der Böden steigt mit dem Vernässungsgrad. Da die Ernte von KUP im vernässten Winterhalbjahr erfolgt, werden Böden mit starker bis äußerst starker Vernässung vorsorglich ausgeschlossen.
Vernässungsgrad Nicht bis mittel vernässt	neutral	Böden mit keiner bis mittleren Vernässung sind hinsichtlich ihrer KUP-Eignung als neutral einzustufen.
Bodenfunktion „Biotopent- wicklungspotenzial“ hoch und sehr hoch	Einzelfallprüfung (standortspezifische Bewertung)	Böden mit hohem und sehr hohem Biotopentwicklungspotenzial nach Bodenschutzatlas sind hinsichtlich ihrer KUP-Eignung im Einzelfall zu überprüfen. Bestätigen großmaßstäbige Bodeninformationen das Vorliegen hoher und sehr hoher Biotopentwicklungspotenziale, dann sind diese Böden vorrangig für naturschutzfachliche Zielsetzungen (Schutzgebietserweiterungen, Biotopverbund, Kompensationsflächen etc.) vorzusehen. Die KUP-Anlage kann dabei ergänzende Funktionen übernehmen, allerdings nicht mit einem vorrangig hohen Ertragsziel, sondern unter naturschutzfachlichen Gesichtspunkten.
Winderosionsgefährdung mittel	starke Synergie	Winderosion trägt zur Beeinträchtigung von Ackerböden und umliegenden Schutzgütern bei. Der streifenförmige KUP-Anbau auf großen, ungegliederten Ackerflächen mit mittlerer standörtlicher Winderosionsgefährdung ist mit starken Synergien für den Bodenschutz verbunden.
Winderosionsgefährdung hoch bis äußerst hoch	sehr starke Synergie	Winderosion trägt zur Beeinträchtigung von Ackerböden und umliegenden Schutzgütern bei. Der streifenförmige KUP-Anbau auf großen, ungegliederten Ackerflächen mit hoher bis äußerst hoher standörtlicher Winderosionsgefährdung ist mit sehr starken Synergien für den Bodenschutz verbunden.
Wassererosionsgefährdung – potenziell besonders ero- sionsgefährdete Abfluss- bahnen	sehr starke Synergie	Wassererosion trägt zur Beeinträchtigung von Ackerböden und umliegenden Schutzgütern bei. Der KUP-Anbau in vorgeprägten Abflussbahnen mit hoher potenzieller Gefährdung ist mit sehr starken Synergien für den Bodenschutz verbunden.
Wassererosionsgefährdung – KRLS-Wert hoch	starke Synergie	Wassererosion trägt zur Beeinträchtigung von Ackerböden und umliegenden Schutzgütern bei. Der KUP-Anbau auf großen, ungegliederten Ackerflächen mit hohen KRLS-Werten ist mit starken Synergien für den Bodenschutz verbunden.
Wassererosionsgefährdung – KRLS-Wert sehr bis äu- ßerst hoch	sehr starke Synergie	Wassererosion trägt zur Beeinträchtigung von Ackerböden und umliegenden Schutzgütern bei. Der KUP-Anbau auf großen, ungegliederten Ackerflächen mit sehr bis äußerst hohen KRLS-Werten ist mit sehr starken Synergien für den Bodenschutz verbunden.
Wassererosionsgefährdung – erosionsgefährdete Steil- lagen $KS \geq 0,9$	sehr starke Synergie	Wassererosion trägt zur Beeinträchtigung von Ackerböden und umliegenden Schutzgütern bei. Der KUP-Anbau auf erosionsgefährdeten Steillagen ist mit sehr starken Synergien für den Bodenschutz verbunden.
Schadstoffgehalte – Acker- flächen mit stark erhöhten Gehalten As > 50 mg/kg (KW-Extrakt) Cd > 2 mg/kg (KW-Extrakt) Pb > 0,1 mg/kg (AN-Extrakt)	sehr starke Synergie	Zur räumlichen Abgrenzung von Böden mit hohen Schadstoffgehalten, die potenziell für eine Biomasseproduktion zur thermischen Verwertung als Alternative für die Lebens- oder Futtermittelproduktion geeignet sind, wurden mit dem Auftraggeber Schwellenwerte von Schadstoffgehalten fachlich abgestimmt. Von besonderer Bedeutung für Sachsen sind die Elemente Arsen, Cadmium und Blei. Aus diesem Grund werden zur räumlichen Abgrenzung von Böden mit schädlichen Bodenveränderungen nur diese drei Elemente herangezogen. Alle Flächen außerhalb der ermittelten Gebietskulisse sind hinsichtlich ihrer KUP-Eignung anhand des Indikators Schadstoffgehalte als neutral einzustufen.

Für die zusammenfassende Bewertung der Synergieklassen nach Natur- und Bodenschutzkriterien auf einer Fläche wurde jeweils die Synergieklasse mit dem höheren Wert herangezogen. Damit bestimmt das jeweils schlechteste Bewertungsergebnis die Gesamtbewertung.

Als Basisfläche in Sachsen, die für den Anbau von Dauerkulturen, insbesondere Kurzumtriebsplantagen in Frage kommt, wurde nur die Fläche berücksichtigt, die sich aus den Biotoptypen Acker in Sachsen (BTLNK-Schlüssel 81) zusammensetzt. Sie umfasst in Sachsen rund 7.100 km² (Stand der BTLNK 2005). Diesem Ansatz liegen folgende Annahmen zugrunde: Der Anbau von KUP oder ähnlicher Dauerkulturen kann vorwiegend auf Ackerflächen oder anderen vegetationsfreien Böden (Bergbaufolgelandschaften) Synergieeffekte für den Bodenschutz entfalten. Grünland ist im Regelfall nicht geeignet, weil damit zumeist negative Auswirkungen auf den Bodenhaushalt, die Treibhausgasbilanz sowie den Natur- und Gewässerschutz einhergehen.

Für Grünland wurde abgewogen, ob im Falle von schadstoffbelasteten Böden eine Synergiewirkung aus Sicht des Bodenschutzes für den Anbau von Dauerkulturen angerechnet werden kann. Folgende Gründe des vorsorgenden Bodenschutzes sprechen gegen eine generelle Synergiewirkung auf Grünlandflächen: Mit dem Anbau von Dauerkulturen geht im Regelfall ein Grünlandumbruch einher⁶. Damit verbunden sind kräftige Mineralisationsschübe, die sowohl erhöhte Nähr- als auch Schadstoffausträge verursachen. Die erhöhten Austräge können zu Gewässerbelastungen beitragen. Gleichzeitig reduziert der anfängliche Humusabbau die positive Klimawirkung, die mit dem Anbau von Dauerkulturen zur Energiegewinnung verbunden wird, das heißt, die CO₂-Bilanz verschlechtert sich. Im Übrigen wird die Erosionsgefährdung nach dem Grünlandumbruch bis zum 2. Bestandsjahr aufgrund deutlich geringerer Bodenbedeckungsgrade stark erhöht. Die grundsätzliche Zielsetzung, für Grünlandböden mit stark erhöhten Schadstoffgehalten eine Alternative zur Lebensmittel- oder Futtermittelproduktion bereitzustellen, ist auf Grünlandböden besser mit der Schnittnutzung zu erreichen als mit dem Anbau von KUP oder sonstigen Dauerkulturen. Der Grünlandaufwuchs dieser schadstoffbelasteten Flächen kann in Biogasanlagen zur Energiegewinnung verwendet werden⁷. Die genannten Nachteile des Grünlandumbruchs können so im Sinne eines vorsorgenden Bodenschutzes vermieden werden.

Landesweite Flächenkulisse

Im Ergebnis konnte für die Ackerflächen eine landesweite Einstufung der möglichen Synergien zwischen dem Anbau von Dauerkulturen zur energetischen Verwertung und den Belangen des Natur- und Bodenschutzes vorgenommen werden (Abbildung 16). Die Karte entfaltet keine rechtliche Bindungswirkung, sondern stellt ein geeignetes Hilfsmittel dar, um Konflikte mit dem Natur- und Bodenschutz beim Anbau von Dauerkulturen vorsorgend zu vermeiden und mögliche Synergien gezielt zu nutzen.

Die Synergieklasse ‚Synergie prüfen‘ nimmt mit 44 % den größten Flächenanteil ein. Für ein Drittel der Ackerflächen (33 %) werden Synergieeffekte erwartet (Tabelle 5). Als Risikoflächen (Synergieklasse ‚keine Synergie – Risiko‘) sowie Ausschlussflächen (Synergieklasse ‚keine Synergie – Ausschluss‘) werden zusammen 16 % (13,3 bzw. 2,3 %) der Ackerflächen bewertet. Zu beachten ist, dass auf den mit Risiko oder Ausschluss gekennzeichneten Flächen ggf. ein Anbau von Dauerkulturen möglich ist, wenn anhand zusätzlich heranzuziehender großmaßstäbiger Informationen Risiken ausgeschlossen werden können. Beispielsweise wird ein kleinflächiger oder streifenförmiger Anbau in vielen Fällen noch möglich sein. Neutrale Flächen (keine Synergie – kein Risiko) haben einen Flächenanteil von 7 %. Dieser Anteil wird sich nach den standortspezifischen Einzelfallprüfungen (Synergieklasse ‚Synergie prüfen‘) wahrscheinlich auf ca. ein Viertel (15-35 %) der Ackerfläche erweitern.

Flächen mit erwarteten Synergieeffekten sind sowohl in den waldarmen, hauptsächlich agrarisch genutzten Räumen Nordwest- und Mittel-Sachsens und der Lössgebiete Ost-Sachsens, aber auch im Gebirge und Gebirgsvorland (Erzgebirge, Oberlausitzer Bergland) zu finden. Bei der Berücksichtigung von Standards des vorsorgenden Bodenschutzes sowie naturschutzfachlicher Kriterien bei der Anlage und Bewirtschaftung von Kurzumtriebsplantagen sind auf den Flächen mit starken bis sehr starken

⁶ Für die KUP-Anlage sind auch andere Varianten möglich und teilweise bereits erprobt. Beispielfähig kann das Einbringen der Steckhölzer in kleine Pflanzlöcher genannt werden, sodass kein flächiger Grünlandumbruch notwendig wird. Entsprechende Verfahren, die auf einen flächenhaften Umbruch verzichten, lösen keine Mineralisierungsschübe und Erosionsgefahren aus. Die Grünlandnarbe wird zum Teil mit Herbiziden behandelt, um die Wuchskonkurrenz für die Stecklinge zu beseitigen. Unabhängig von der Art der KUP-Anlage auf Grünland ist sie dennoch rechtlich als „Grünlandumbruch“ zu werten.

⁷ Bei schwermetalhaltigen Gärsubstraten ist nach Düngemittelverordnung (DüMV, Anlage 2; Tabelle 1) zu beachten, dass beim Inverkehrbringen des Gärsubstrates die Grenzwerte der DüMV einzuhalten sind. Werden die Grenzwerte überschritten, dann ist eine Ausbringung nicht möglich. Unter diesen Umständen ist dann auch keine Ausbringung auf eigenen Flächen möglich, weil die Schadstoffbelastung durch die Analyseergebnisse offenkundig geworden ist. Wenn jedoch von vornherein eine Ausbringung auf betriebseigenen Flächen vorgesehen ist, dann besteht nach DüMV keine Untersuchungspflicht und somit auch keine Ausbringungsbeschränkung im Hinblick auf etwaige Schadstoffbelastungen. Aus bodenschutzfachlicher Sicht ist eine Ausbringung auf den Produktionsflächen tolerierbar, weil die Schadstoffe letztlich nur im Kreislauf gefahren werden, also keine Schadstoffanreicherung im Boden ausgelöst wird.

Synergiepotenzialen nach Abbildung 16 keine negativen Auswirkungen dieser Landnutzungsform auf den Landschafts- und Naturhaushalt zu erwarten. Insbesondere die räumlich und zeitlich differenzierte Etablierung und Bewirtschaftung von KUP sowie die Integration von heimischen Gehölzen und Randstrukturen führt im Vergleich zu großflächiger, konventioneller Ackernutzung zu einer deutlichen ökologischen Aufwertung der Landschaft.

Ausschlussgebiete nehmen meist nur sehr geringe Anteile der Landschaftsräume (für die Landschaftsplanung relevante Naturräume)⁸ ein (meist < 5 %). Lediglich im Landschaftsraum ‚Leipziger Land und Elsteraue‘ wird ein größerer Anteil der Ackerfläche für den Anbau von Dauerkulturen ausgeschlossen (13,6 %). Das (potenzielle) Habitat des Feldhamsters in Nordwestsachsen hat daran große Anteile. Die Fläche wurde entsprechend den Ergebnissen des ‚Strategischen Maßnahmenkonzeptes Feldhamster‘ abgegrenzt (ÖKOTOP GbR 2010). Die Feldhamster-Habitate sind von der flächigen Anlage von KUP und anderen Dauerkulturen auszuschließen, weil sonst die letzten verbliebenen Habitate des Feldhamsters in Sachsen verloren gehen würden. Ein streifenförmiger Anbau von Dauerkulturen innerhalb dieser Flächenkategorie wäre aber denkbar (maximal 10-15 m Breite), wobei konkrete Vorhaben durch die zuständige Naturschutzbehörde auf ihre Vereinbarkeit mit artenschutzrechtlichen Belangen geprüft werden sollten.

Höhere Anteile der bewerteten Ackerflächen (19 bis 39 %) mit Risiko sind in den folgenden Landschaftsräumen konzentriert: Erzgebirgsbecken, Ballungszentrum Zwickau, Ballungszentrum Chemnitz, Unteres und Mittleres sowie Oberes Osterzgebirge, Unteres und Mittleres sowie Oberes Westerzgebirge, Vogtland.

Flächen, auf denen die Synergie erst durch eine Einzelfallprüfung (standortspezifische Bewertung) festzustellen ist, nehmen generell in den Landschaftsräumen hohe (meist über 40 %), z. T. auch sehr hohe Flächenanteile ein, z. B. im Landschaftsraum ‚Mittlere Mulde‘ mit 95,7 %⁹.

⁸ Informationen zu den Landschaftsräumen sind unter <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/natur/22500.htm> zu finden.

⁹ Die hohen Flächenanteile in der Klasse „Synergie prüfen“ begründen sich in den zu Grunde liegenden Prüfkriterien (FEGER et al. 2010). Eine Einzelfallprüfung ist danach angezeigt, wenn die Fläche insbesondere innerhalb von Landschaftsschutzgebieten, FFH- und SPA-Gebieten, Naturpark oder den Zonen 3 und 4 des Biosphärenreservates liegt. Diese Flächenkategorien sind zumeist großflächig ausgewiesen, sodass auch die Einzelfallprüfung auf großen Flächenanteilen stattfinden muss.

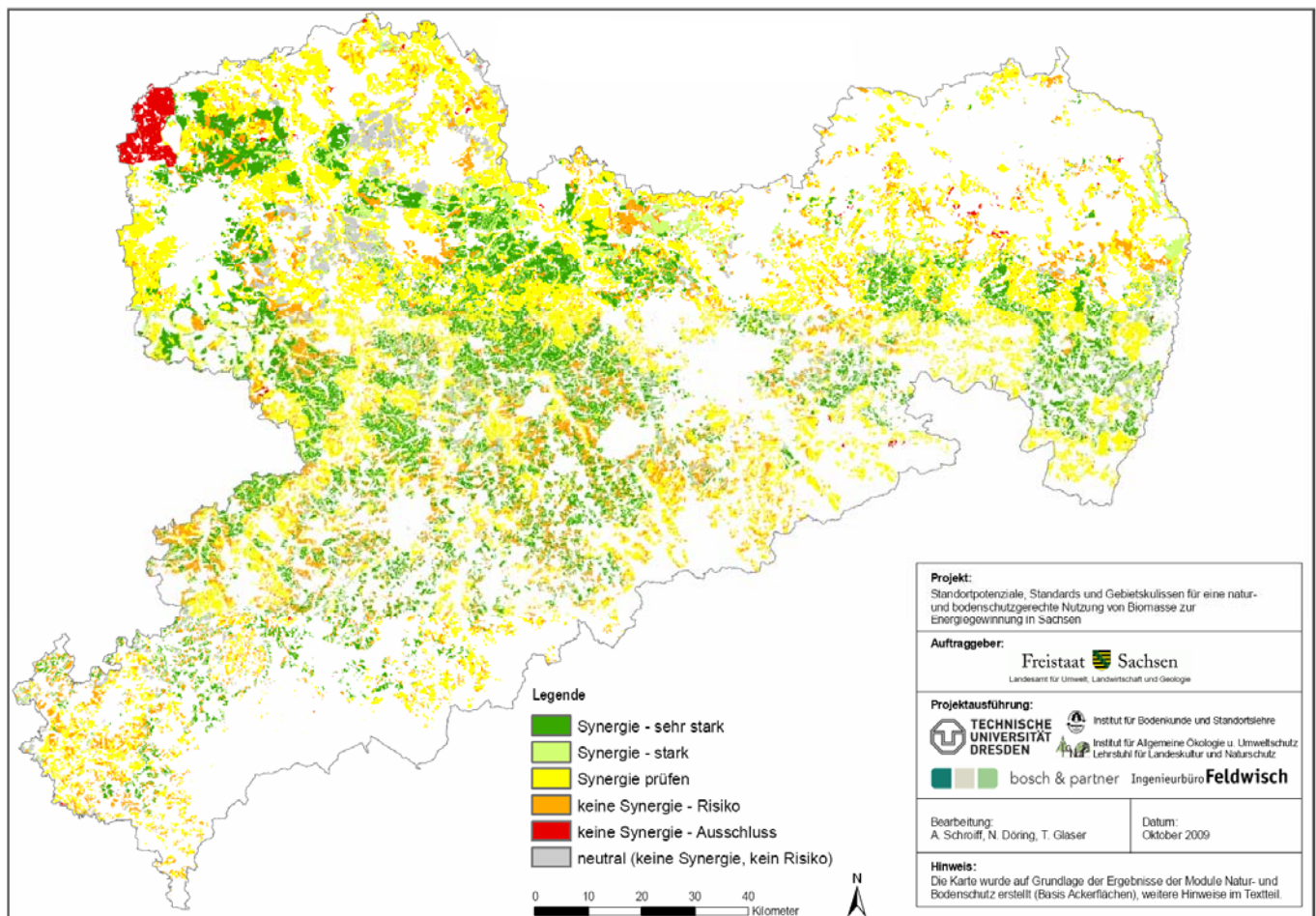


Abbildung 16: Räumliche Verteilung der Synergieklassen für den Anbau von Dauerkulturen auf Ackerflächen nach natur- und bodenschutzfachlichen Kriterien in Sachsen (FEGER et al. 2010)¹⁰

Tabelle 5: Verteilung der Synergieklassen auf die Ackerfläche des Freistaates Sachsen nach Zusammenführung der Module ‚Vorzugs- und Vorsorgeflächen Naturschutz‘ und ‚Vorzugs- und Vorsorgeflächen Bodenschutz‘

Synergieklasse	Ackerfläche* [ha]	Flächenanteil an der Ackerfläche* [%]
1 – Sehr starke Synergie	152.907	21,4
2 – Starke Synergie	83.555	11,7
3 – Synergie prüfen	313.718	43,9
4 – Keine Synergie – Risiko	95.087	13,3
5 – Keine Synergie – Ausschluss	16.610	2,3
0 – Neutral (Keine Synergie – Kein Risiko)	50.932	7,1
9 – Nicht bewertet	1.387	0,2
Gesamt**	714.196	100,0

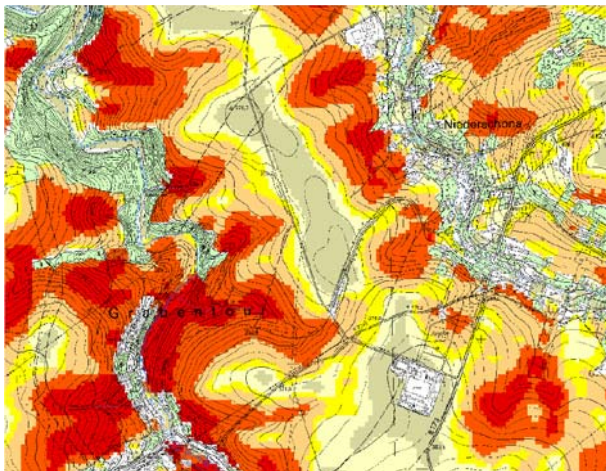
* Basis: BTLNK-Code 81

** durch Transformation der BTLNK von Vektordaten (Ausgangsdaten) in Rasterdaten, erhöht sich die Ackerfläche um 1,4 %

¹⁰ Die große flächige Ausweisung einer Ausschlussfläche in Nordwestsachsen geht auf aktuelle und potenzielle Hamsterhabitate in dieser Region zurück. Weitere Ausführungen hierzu sind im Fließtext enthalten.

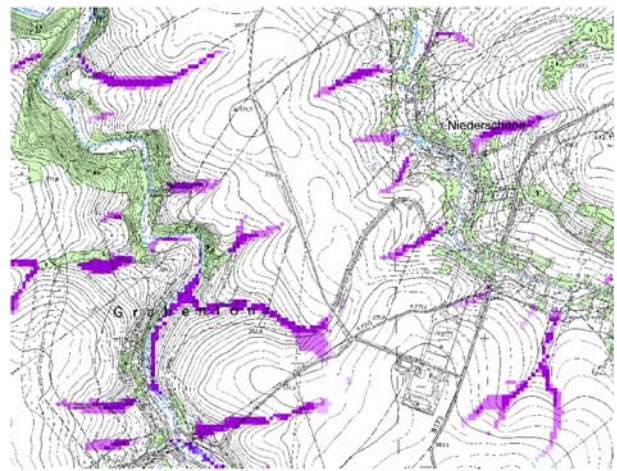
Indikatorkarten für erosionsgefährdete Flächen

Speziell für die Erosionsminderung durch den Anbau mehrjähriger Energiepflanzen liegen detaillierte Kartenwerke für ganz Sachsen vor. Abbildung 17 vermittelt einen optischen Eindruck über die räumlichen Verteilungsmuster der Indikatorausprägungen anhand von Kartenausschnitten. Weitergehende Informationen sind der Veröffentlichung von FEGER et al. (2020) zu entnehmen.



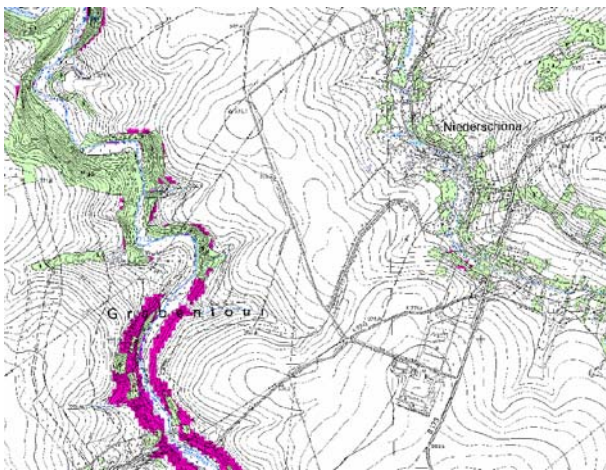
RKLS-Karte (Wassererosion):

Auf gefährdeten Flächen (orangefarbene und rote Färbungen) bietet sich der streifenförmige Anbau mehrjähriger Energiepflanzen an, um die erosionswirksame Hanglänge zu verkürzen.



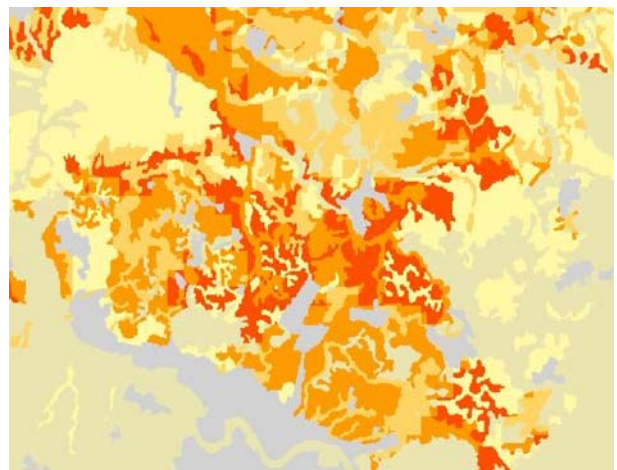
Karte der vorgeprägten Abflussbahnen (Wassererosion):

Auf gefährdeten Flächen (violette Färbungen) bietet sich der Anbau mehrjähriger Energiepflanzen an, um der Gefährdung durch lineare Erosion entgegenzuwirken.



Karte „KS $\geq 0,9$ “ (Wassererosion):

Auf diesen kurzen und steilen erosionsgefährdeten Flächen (violette Färbungen) bieten mehrjährige Energiepflanzen einen effektiven Schutz vor Erosion.



Karte „Potenzielle Winderosionsgefährdung“:

Auf winderosionsgefährdeten Ackerflächen bietet sich die Anlage von streifenförmigen KUP an, um die Windangriffsflächen zu verkleinern. Die im Kartenausschnitt dargestellte potenzielle Winderosionsgefährdung steigt mit zunehmender Farbintensität von hellgelb bis dunkelorange an.

Abbildung 17: Kartenausschnitte zu den bodenschutzfachlich verwendeten Indikatoren zur Bewertung der Erosionsgefährdung (FEGER et al. 2010; nähere Erläuterungen siehe Quelle; Grundlage: Fachinformation Boden LfULG)

Potenzielle Biomasseerträge des KUP-Anbaus auf Flächen mit Synergien für den Natur- und Bodenschutz

Auf sächsischen Ackerstandorten können durchschnittlich Biomasseerträge von 12 tatro/(ha-a) mit dem Anbau von Hybrid-Pappeln erzielt werden. Auf besten Standorten können bis zu 18 tatro/(ha-a) erreicht werden. Alternative Baumarten wie Robinie und Schwarzerle, die auf trockenen bzw. vernässten Standorten angebaut werden können, liegen mit einer Ertragsersparung von ca. 5 tatro/(ha-a) bzw. 4 tatro/(ha-a) deutlich darunter. Die Biomasseerträge für Miscanthus werden auf bis zu 20 tatro/(ha-a) geschätzt.

Zur Ermittlung der Biomasseerträge des KUP-Anbaus, der mit Synergien für den Natur- und/oder Bodenschutz verbunden ist, wurden die Flächen der Synergieklassen ‚stark‘ und ‚sehr stark‘ nach Abbildung 16 mit den standortabhängigen Biomasseertragspotenzialen multipliziert (Abbildung 18). Erwartungsgemäß sind die Potenziale für die Produktion von KUP-Biomasse am höchsten in den Lössgebieten Sachsens (Nordsächsisches Platten- und Hügelland, Mittelsächsisches Lösshügelland und Mulde-Lösshügelland, Lausitzer Lössgebiet) mit einem hohen Flächenpotenzial bei gleichzeitig hohem Ertragspotenzial von bis zu 18 tatro/(ha-a). Würden alle Flächen mit starken und sehr starken Synergien für den Natur- und Bodenschutz mit KUP bewirtschaftet (ca. 1/3 der sächsischen Ackerfläche), ließe sich theoretisch ein Biomasseertrag von rund 3 Millionen tatro/a erzielen. Durch den eingeschränkten Technikeinsatz auf sensiblen Flächen (Hanglagen, vernässte Standorte), Ernteverluste sowie weitere mögliche Einschränkungen ist unter Praxisbedingungen jedoch von einem geringeren Potenzial auszugehen.

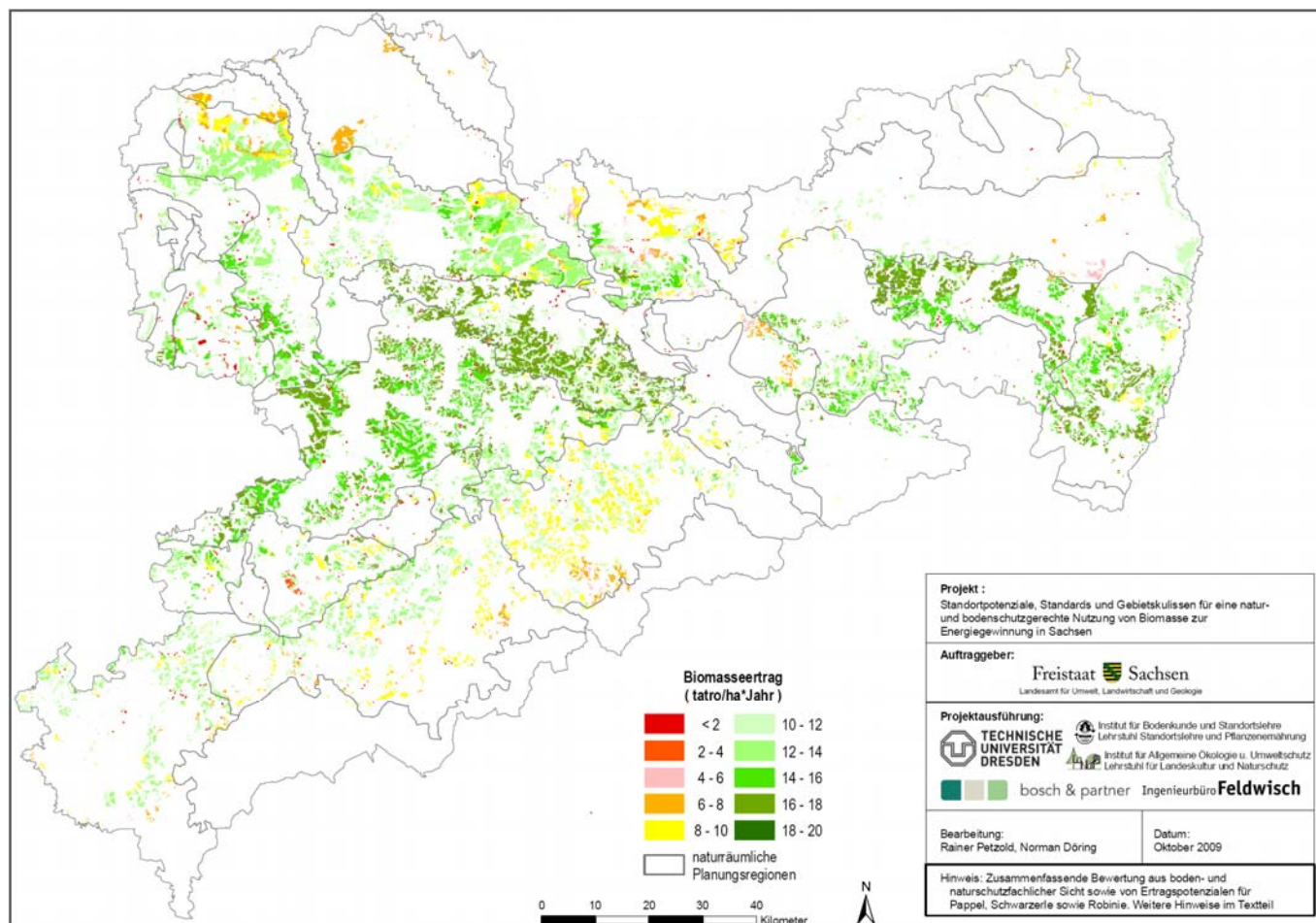


Abbildung 18: Räumliche Verteilung der Ertragspotenziale von Kurzumtriebsplantagen auf Ackerflächen mit starken und sehr starken Synergien für den Boden- und Naturschutz in Sachsen (FEGER et al. 2010)

Bei der Potenzialbetrachtung des KUP-Anbaus wurde auch abgewogen, ob angesichts des erwarteten Klimawandels veränderte Biomasseerträge unterstellt werden müssen. Die Abschätzung der möglichen Folgen des Klimawandels auf die Ertragserwartungen ist noch mit großen Unsicherheiten behaftet, sodass keine quantitativen Aussagen möglich sind. Nach derzeitigem Kenntnisstand kann jedoch davon ausgegangen werden, dass auf aktuell günstigen Standorten auch unter dem möglichen Klimaszenario WEREX IV A1B in den nächsten Jahrzehnten gleichbleibend hohe Biomasseerträge erzielt werden können.

2.3 Gewässerschutz

Von der landwirtschaftlichen Bodennutzung gehen Einflüsse auf Gewässer in Form von Veränderungen des Wasserhaushaltes von Böden und Landschaften sowie in Form von diffusen Stoffeinträgen aus. Diese beiden Einflussbereiche werden im Folgenden beschrieben.

2.3.1 Wasserhaushalt

DIMITRIOU et al. (2009), LAMERSDORF & SCHULTE-BISPING (2010) und LAMERSDORF et al. (2010) sind der Beeinflussung des Wasserhaushaltes durch den KUP-Anbau nachgegangen. Dauerkulturen wie KUP oder Miscanthus verbrauchen mehr Wasser als einjährige Ackerkulturen, so dass die Grundwasserneubildung zurückgeht. Beim großflächigen Anbau derartiger Dauerkulturen wird eine Beeinträchtigung des Landschaftswasserhaushaltes befürchtet, insbesondere in Gebieten mit Jahresniederschlagssummen unter 500 mm.

Für einen KUP-Standort in Nordhessen (Georgenhof) ermittelten LAMERSDORF & SCHULTE-BISPING (2010) und LAMERSDORF et al. (2010) mit Hilfe einer Wasserhaushaltsmodellierung für die Jahre 2006 bis 2008 eine durchschnittliche Grundwasserneubildung in Höhe von 73 mm, was einem Anteil von 10 % des Niederschlags in Höhe von 717 mm je Jahr entspricht (Abbildung 19). Im trockenen Jahr 2006 mit lediglich 594 mm Niederschlag wurde mit 1 mm Sickerwasser nahezu kein Grundwasser neu gebildet.

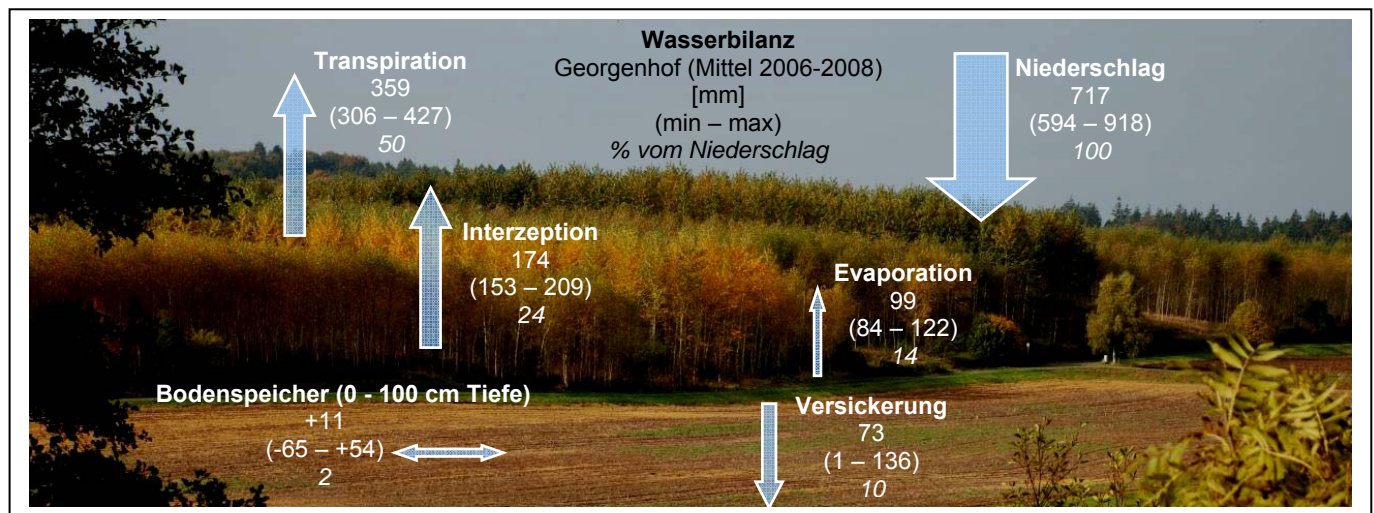


Abbildung 19: Wasserbilanz des KUP-Standes Georgenhof in Nordhessen (LAMERSDORF & SCHULTE-BISPING 2010; Foto: © Lamersdorf)

Die stärkere Ausschöpfung der Bodenwasservorräte unter KUP im Vergleich zu einer einjährigen Ackerfrucht (Weizen) geht aus Abbildung 20 hervor. Dargestellt ist der zeitliche Verlauf der Änderungen des Bodenwasservorrates unter Weizen und Pappel und die Niederschlagsverteilung am sächsischen Standort Methau.

Die stärkere Gesamtverdunstung von KUP – als ein Vertreter von Dauerkulturen zur energetischen Verwertung – im Vergleich zu einjährigen Ackerkulturen geht aus Abbildung 21 hervor. Wird anstelle von Weizen eine Kurzumtriebsplantage angelegt, dann geht am Standort Tharandt nach den Modellrechnungen von LAMERSDORF et al. (2010) die Sickerwasserrate von 350 auf 200 mm/a zurück, was einem 40%-igen Rückgang entspricht. Am Standort Methau im Sächsischen Hügelland verringert sich die Sickerwasserrate bei der Umstellung von Weizen auf KUP um ca. 110 mm (-65 %). Noch stärker fällt die relative Reduzierung der Grundwasserneubildung am Standort Köllitsch im Nordsächsischen Tiefland aus. Unter KUP ist dort ein Rückgang der Sickerwasserrate um mehr als 80 % im Vergleich zum Weizenanbau zu erwarten.

In diesen Ergebnissen spiegelt sich die klimatische Gliederung Sachsens mit einem Nord-Süd-Gefälle der klimatischen Wasserbilanz deutlich wider. In den niederschlagsreichen und kühlen Mittelgebirgslagen im Süden fällt der Rückgang der Grundwasserneubildung deutlich geringer aus als in den trockenen und wärmeren nördlichen Landesteilen.

Die mit Hilfe einer Wasserhaushaltsmodellierung ermittelten Veränderungen der Wasserbilanz werden jedoch für den Landschaftswasserhaushalt so lange unbedeutend sein, wie der Flächenanteil der KUP-Anlagen weiterhin so gering bleibt. Erst ab Flächenanteilen von mehr als ca. 10 % eines Einzugsgebietes sind messbare Effekte zu erwarten. Weil die Veränderungen jedoch vergleichbar dem Wasserhaushaltsgeschehen der potenziell natürlichen Waldvegetation sind, sind sie nicht generell als ökologisch negativ zu werten. Auch die Modellergebnisse zu zwei verschiedenen KUP-Szenarien in Sachsen haben keine nennenswerten Veränderungen in der Wasserbilanz ergeben (vgl. Kap. 2.3.3).

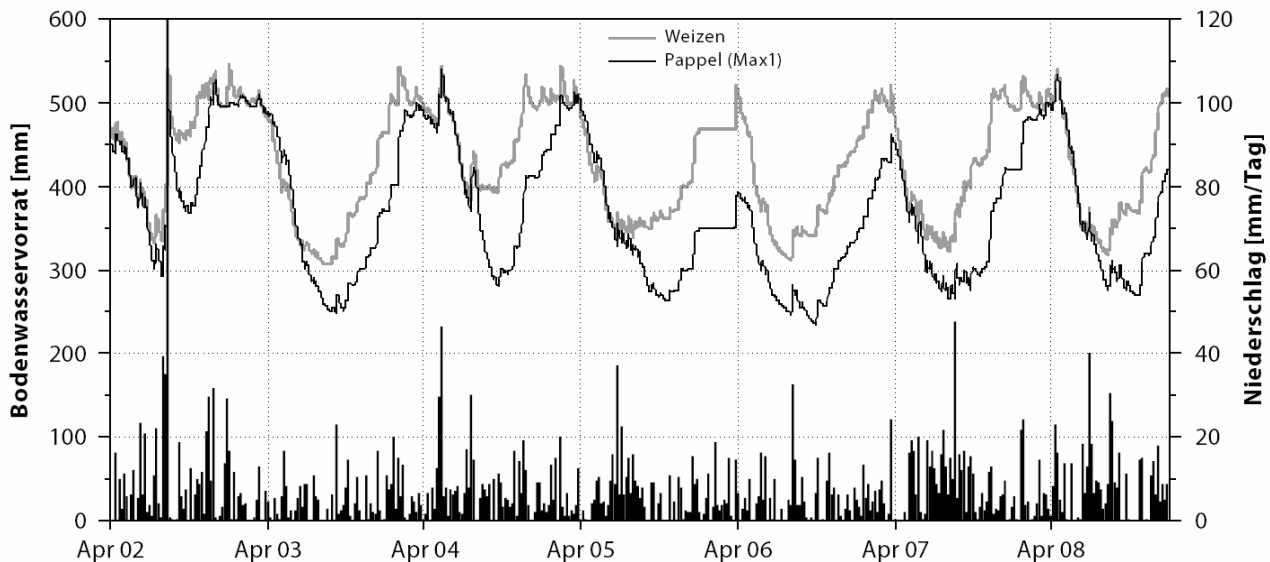


Abbildung 20: Zeitlicher Verlauf der Änderungen des Bodenwasservorrates unter Weizen und Pappel und Niederschlagsverteilung am Standort Methau; Referenztiefe des Bodenprofils 1,2 m, 1. April jeden Jahres mit Führungslinien (Beginn des Laubaustriebes) (LAMERSDORF et al. 2010)

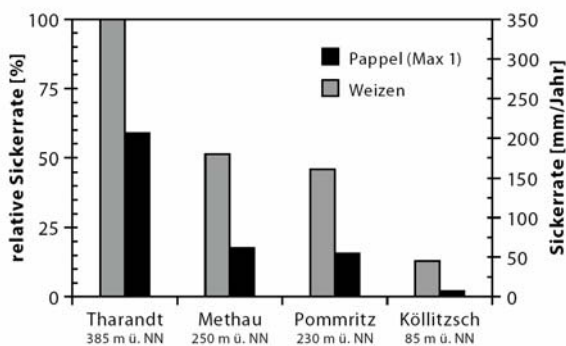


Abbildung 21: Durchschnittliche modellierte Gesamtsickerrate auf vier sächsischen Modellstandorten unter Winterweizen und Pappel-Kurzumtriebsplantagen (jeweils standorttypische Klima- und Bodenbedingungen) (LAMERSDORF et al. 2010)

2.3.2 Diffuse Stoffeinträge

Nitratauswaschungen in das Grundwasser oder erosive Stoffausträge in Oberflächengewässer werden neben standörtlichen Unterschieden im starken Maße durch die Flächennutzung beeinflusst. Generell ist beim Anbau von Dauerkulturen von einer Reduzierung dieser Austräge im Vergleich zum Anbau einjähriger Kulturen auf Ackerflächen auszugehen. Die Vorteile der Dauerkulturen im Hinblick auf die Erosionsvermeidung und dem davon ausgehenden Schutz der Oberflächengewässer sind bereits in den Kapiteln 2.2.2 und 2.2.3 ausgeführt. Insofern wird an dieser Stelle den Auswaschungsverlusten mit dem Sickerwasser nachgegangen.

Grundsätzlich steigt das Risiko von Nitratauswaschungen mit zunehmender Stickstoff-Düngermenge. Auch die Intensität der Bodenbearbeitung erhöht das Nitratauswaschungspotenzial, weil mit der Bodenbearbeitung die Mineralisation von Bodenumus angeregt und somit Nitrat freigesetzt wird. Beim Anbau von Dauerkulturen sinkt der Düngemitelesatz im Vergleich zu einjährigen Ackerbaukulturen. Zusätzlich wird in der Anbauzeitspanne – abgesehen von der anfänglichen Bodenbearbeitung zur Anlage und der abschließenden Bodenbearbeitung zur Rückumwandlung zum Acker – keine Bodenbearbeitung vorgenommen. Aus diesen Gründen nimmt die Nitratauswaschungsgefährdung beim Anbau von Dauerkulturen grundsätzlich ab.

In der Phase der Anlage von Dauerkulturen können zeitlich befristet Auswaschungsverluste auftreten. Dies ist in der häufig praktizierten Winterfurche begründet, das heißt, die Flächen werden vor dem Winter tief gepflügt, liegen den Winter über ohne Begrünung brach und werden erst im Frühjahr mit Hilfe von Stecklingen oder Setzlingen begrünt. Im 1. Standjahr sind die Dauerkulturen wie KUP oder Miscanthus noch schwach entwickelt und durchwurzeln den Boden noch nicht intensiv. Diesem anfänglichen Risiko erhöhter Nitratausträge wurde im Verbundvorhaben NOVALIS nachgegangen. STOLL & DOHRENBUSCH (2010) berichten von anfänglich hohen Nitratkonzentrationen im Sickerwasser zuvor bearbeiteter Acker- und Grünlandböden, auf denen Kurzumtriebsplantagen angelegt wurden (Abbildung 22). Die Bodenbearbeitung rief jedoch nur kurzfristig erhöhte Nitratkonzentrationen im Sickerwasser hervor. Nach einem halben Jahr sanken die Werte auf die Vergleichswerte einer nicht bearbeiteten Grünlandfläche ab. Unter Berücksichtigung der geringeren Sickerwassermengen unter KUP wird damit der Nitrataustrag in das Grundwasser im Vergleich zu einjährigen Ackerfrüchten deutlich gesenkt.

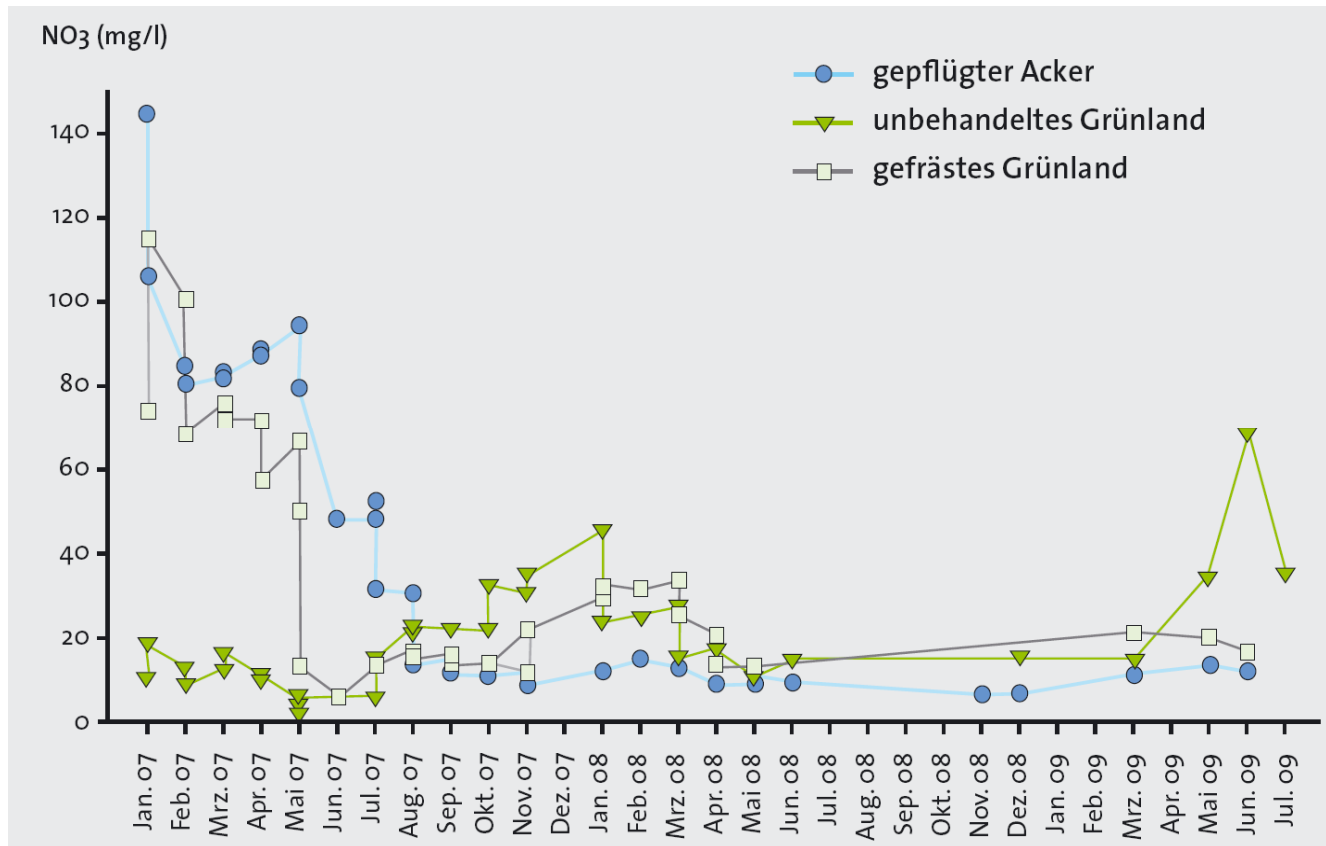


Abbildung 22: Entwicklung der Nitratkonzentrationen im Sickerwasser nach der mechanischen Bodenbearbeitung von Acker und Grünland zur Anlage von Energieholzplantagen im Vergleich zu unbearbeitetem Grünland (NOVALIS-Versuchsfläche Gütersloh, Nordrhein-Westfalen) (STOLL & DOHRENBUSCH 2010)

2.3.3 Modellgestützt ermittelte Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus in Sachsen auf den Wasserhaushalt und diffuse Stoffeinträge in Gewässer

Im Teilprojekt 2.2 wurden die wasserwirtschaftlichen Auswirkungen des erweiterten Anbaus nachwachsender Rohstoffe in Sachsen für die mittlere, regionale Maßstabsebene näher untersucht (GEBEL et al. 2010):

- Auswirkungen einer Erweiterung des Anbaus nachwachsender Rohstoffe auf den Wasserhaushalt, insbesondere auf Abfluss, Grundwasserneubildung und Verdunstung
- Auswirkungen einer Erweiterung des Anbaus nachwachsender Rohstoffe auf den Eintrag der Pflanzennährstoffe Stickstoff und Phosphor in die sächsischen Grund- und Oberflächenwasserkörper sowie in die Küstengewässer von Nord- und Ostsee
- Auswirkungen einer Erweiterung des Anbaus nachwachsender Rohstoffe auf den Eintrag von Pflanzenschutzmitteln in Grund- und Oberflächenwasserkörper

Die genannten Untersuchungen und Quantifizierungen wurden modellgestützt und auf Basis von Expertenwissen durchgeführt. Für die Wirkungsabschätzungen auf die Emissionen und Immissionen von Komponenten der Pflanzennährstoffe Stickstoff und Phosphor erfolgte dies auf der Grundlage des WebGIS-basierten sächsischen Nährstoffbilanzierungsmodells „STOFFBILANZ“. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Ergebnisse des Projektes keine einzelstandortbezogenen Aussagen erlauben. Die Ergebnisse sind stattdessen auf regionaler Ebene bzw. auf Ebene von Oberflächenwasserkörpern aussagekräftig.

Im Modell STOFFBILANZ erfolgten die Berechnungen mit einer Zeitschrittweite von einem Jahr, wobei mittlere Systemzustände abgebildet wurden. Bei der Berechnung von Szenarien wurde der Systemzustand abgebildet, der sich langfristig ergibt, wenn die unterstellten Bedingungen konstant gehalten werden. Für das Projekt wurde als räumliche Modellgrundlage ein quadratisches Gitter mit einer Kantenlänge von 500 m gewählt. Die rasterbezogene Zuordnung von Informationen erfolgte je nach Datentypus nach Dominanz- oder Mittelwertprinzip. Der Freistaat Sachsen umfasst nach Angaben des Statistischen Landesamtes eine Fläche von 18.419 km² (Stand 12/2008). Daraus ergibt sich für Sachsen ein Gitternetz von 75.293 Rasterelementen. Als Modellierungs- und Auswertungsebenen wurden die WRRL-Wirtschaftsgebiete sowie die Landwirtschaftlichen Vergleichsgebiete verwendet.

Insgesamt wurden zwei verschiedene Szenarien möglicher Entwicklungen der Flächennutzungssituation in Bezug auf Produktion und Verwertung nachwachsender Rohstoffe/Biomasse in Sachsen mit Prognosezeitpunkt Jahr 2020 hinsichtlich der jeweiligen zu erwartenden Wirkungen auf Wasserhaushalt und Gewässerschutz betrachtet:

- Szenario 1 – Optimale Ausschöpfung der Potenziale an nachwachsenden Rohstoffen/Biomasse unter Betrachtung aktueller Rahmenseetzungen der Landwirtschaft. Grundlage für die Datenbasis ist die 2007 veröffentlichte Studie „Energie für die Zukunft – Sachsens Potenzial an Nachwachsenden Rohstoffen/Biomasse“ (SMUL 2007), untersetzt durch tiefergehende regionale Abschätzungen.
- Szenario 2 – Optimale Ausschöpfung der Biomassepotenziale unter Beachtung der Synergiewirkung von Kurzumtriebsplantagen (KUP) auf Ackerflächen mit der Förderung des Natur- und Bodenschutzes. Grundlage für die Datenbasis war insbesondere die Gebietskulisse KUP, welche im Teilprojekt 2.1. entwickelt wurde. Die im Teilprojekt 2.1 ermittelten potenziellen Synergieflächen von 33 % bezogen auf die landesweite Ackerfläche wurden in die gemeindebezogene Agrarstruktur eingearbeitet, wobei maximal 30 % NaWaRo zugelassen wurden. Damit wurde auch der KUP-Anteil an der Ackerfläche je Gemeinde auf maximal 30 % begrenzt. Lagen die KUP-Anteile nach Teilprojekt 2.1 gemeindebezogen über 30 %, wurden diese auf 30 % begrenzt, weitere NaWaRo-Kulturen fehlen dann vollständig. Mit Hilfe dieser Randbedingungen wurde für das Szenario 2 ein landesweit durchschnittlicher KUP-Flächenanteil von 17 % ermittelt.

Die wesentlichen Rahmenbedingungen, die den Szenarien zugrunde liegen, sind in Tabelle 6 zusammengefasst.

Tabelle 6: Rahmenbedingungen der modellgestützten Ermittlung der Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus in Sachsen (GEBEL et al. 2010)

Parameter	IST-Stand – 2005	Szenario 1 – 2020	Szenario 2 – 2020
Anteil NaWaRo-Fläche an Gesamtackerfläche [%]	11,4	30,0	30,0
Anteil Silomaisfläche an Gesamtackerfläche [%]	8,9	12,9	9,6
Anteil Gesamt-Maisfläche (Silo + Körner) an Gesamtackerfläche [%]	10,3	14,0	10,6
Anteil Rapsfläche an Gesamtackerfläche [%]	13,6	17,1	10,9
Anteil „Mehrjähriger Kulturen zur energetischen Verwertung“ an der Gesamtackerfläche [%]	0	1,4	17,5
Anteil Brachfläche an Gesamtackerfläche	4,3	1,5	1,5
Anteil KUP-Fläche an Gesamtackerfläche [%]	0	0,7	17,0
Anteil dauerhaft konservierende BBA an Gesamtackerfläche [%]	32,8	32,8	32,8

Die Ableitung geeigneter sächsischer Gebietskulissen für die Nutzung von Ackerflächen für den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen für die jeweiligen Bezugszeiträume und Szenarien erfolgte unter Zugrundelegung der Arbeitsergebnisse des Teilprojektes 2.1. ‚Natur- und Bodenschutz‘ und auf Basis der im LfULG vorliegenden Kenntnisse und Erfahrungen.

Als technologische und methodische Basis konnten die inzwischen flächendeckend für das Gebiet des Freistaates Sachsen ermittelten Ergebnisse des fortgeschriebenen Projektes „Atlas der Nährstoffeinträge in sächsische Gewässer“ (<http://www.viewer.stoffbilanz.de>, HALBFAß et al. 2009) genutzt werden. Um einen direkten Vergleich von Ist-Zustand und Szenarien zu gewährleisten, war zuvor die Aktualisierung der Ist-Zustandsbetrachtung (Zeitraum 2005) unter Berücksichtigung einer Differenzierung des Nahrungs-/Futtermittelanbaus und des Anbaus nachwachsender Rohstoffe für die ackerbauliche Seite notwendig.

Neben den Modellierungen, Visualisierungen und Analysen zum Wasserhaushalt, Bodenabtrag, Sediment-, N- und P-Eintrag (Gebel et al. 2009) wurden auch die Sachverhalte zum Status des Pflanzenschutzmitteleinsatzes und der prognostizierten Veränderungen im Rahmen der Szenarienrechnungen in die Modelloberfläche eingespeist. Der gegenwärtige Status des PSM-Einsatzes und mögliche Veränderungen in Abhängigkeit der jeweiligen bioenergetischen Produkt-/Verwertungslinien und Anbauverfahren wurden unter Nutzung so genannter normierter Behandlungsindizes ermittelt. Mit Hilfe des WebGIS basierten STOFFBILANZ-Viewers werden Stoffspektren und Belastungssituationen regionalisiert. Detaillierte PSM-Einträge in Gewässer können mit STOFFBILANZ jedoch nicht modelliert werden. Das würde den Einsatz anderer, aufwändiger Modelltechnologien zur Risikobewertung erfordern.

Zusammenfassend hat sich gezeigt, dass eine Umsetzung der Anbaukulisse von Szenario 1 keine signifikant negativen Auswirkungen auf die Wasserbilanz in Sachsen auf Ebene der Landwirtschaftlichen Vergleichsgebiete hat. Abbildung 23 verdeutlicht die räumlich verteilten Differenzen der berechneten Gesamtabflusshöhen für 2020 und 2005. Durchschnittlich liegt die Differenz bei 0,7 mm/a.

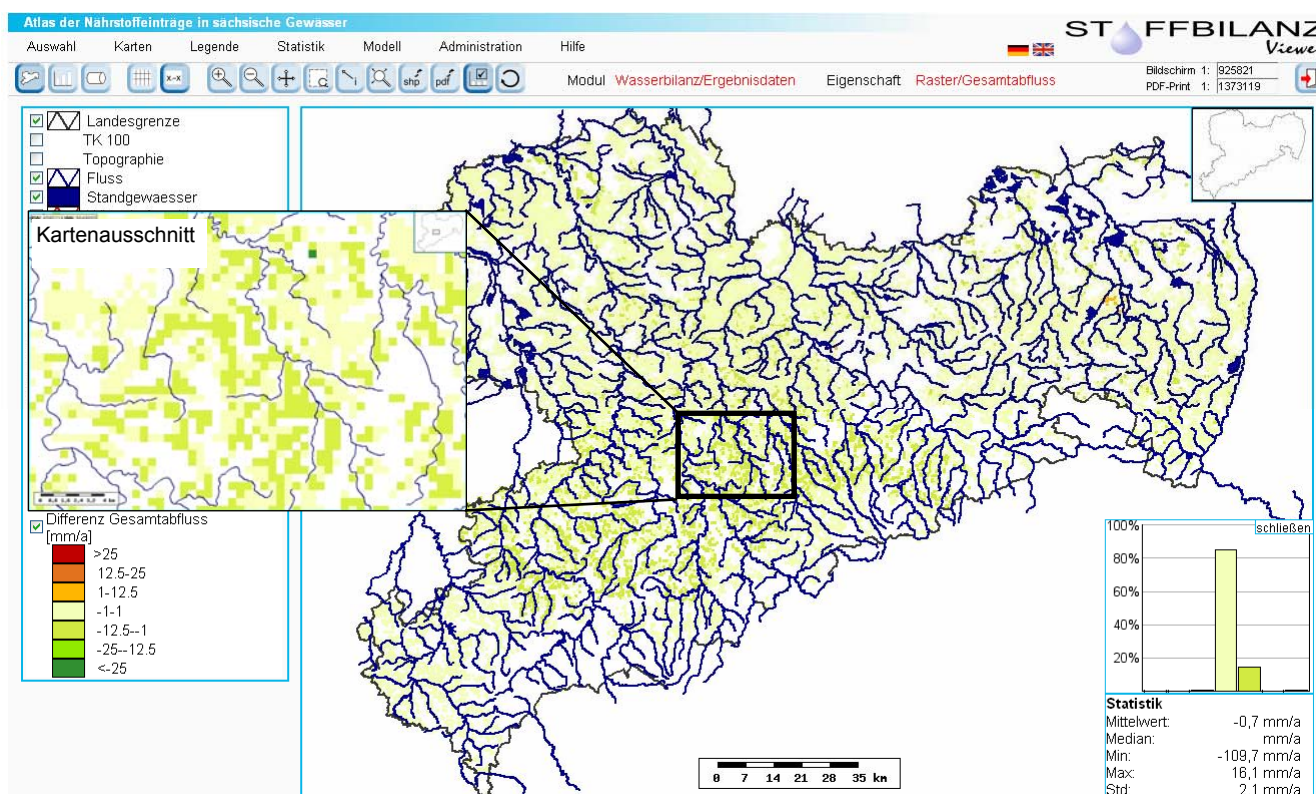


Abbildung 23: Differenzkarte für den Gesamtabfluss (Ackerflächen, Szenario 1 – 2020 zu Ist-Zustand 2005) (GEBEL et al. 2010)

Aus Sicht des Stoffhaushaltes lassen sich sogar überwiegend positive Auswirkungen für das Szenario 1 feststellen, wobei dies ausdrücklich für die in den Anbaukulissen gesetzten Rahmenbedingungen gilt. Der mittlere Bodenabtrag von den Ackerflächen in Sachsen reduziert sich im Ergebnis des Szenarios 1 (2020) um ca. 10 % gegenüber dem Ausgangszustand 2005. Die mittleren Sedimenteinträge in die Oberflächengewässer verringern sich hierbei um ca. 17 %. Eine deutliche Erhöhung der im Mittel vergleichsweise niedrig gehaltenen Gesamt-Mais- (14,0 %) und Rapsanbauflächen (17,1 %) bezogen auf die Ackerbaufläche Sachsens wurde im Projekt nicht untersucht und dürfte ein abweichendes Ergebnis nach sich ziehen.

In Szenario 2 wurde eine deutliche Erhöhung der Anteile von Kurzumtriebsplantagen an der Anbaufläche nachwachsender Rohstoffe vorgenommen. Die Anbaufläche für die Nahrungs- und Futtermittelproduktion blieb dagegen unverändert. Im landesweiten Mittel verringert sich der Gesamtabfluss gegenüber dem Ist-Zustand 2005 um 3,3 % (Abbildung 24). Landesweit sind somit keine bedeutsamen Veränderungen des Wasserhaushaltes zu erwarten. Regional können dagegen nicht unbeträchtliche Reduzierungen des Wasserdargebots ausgelöst werden, wenn im großen Umfang Dauerkulturen angebaut würden. Dies gilt insbesondere im niederschlagsarmen sächsischen Tiefland. Hier empfehlen GEBEL et al. (2010) regional höher aufgelöste Betrachtungen unter Berücksichtigung der speziellen naturräumlichen Gegebenheiten.

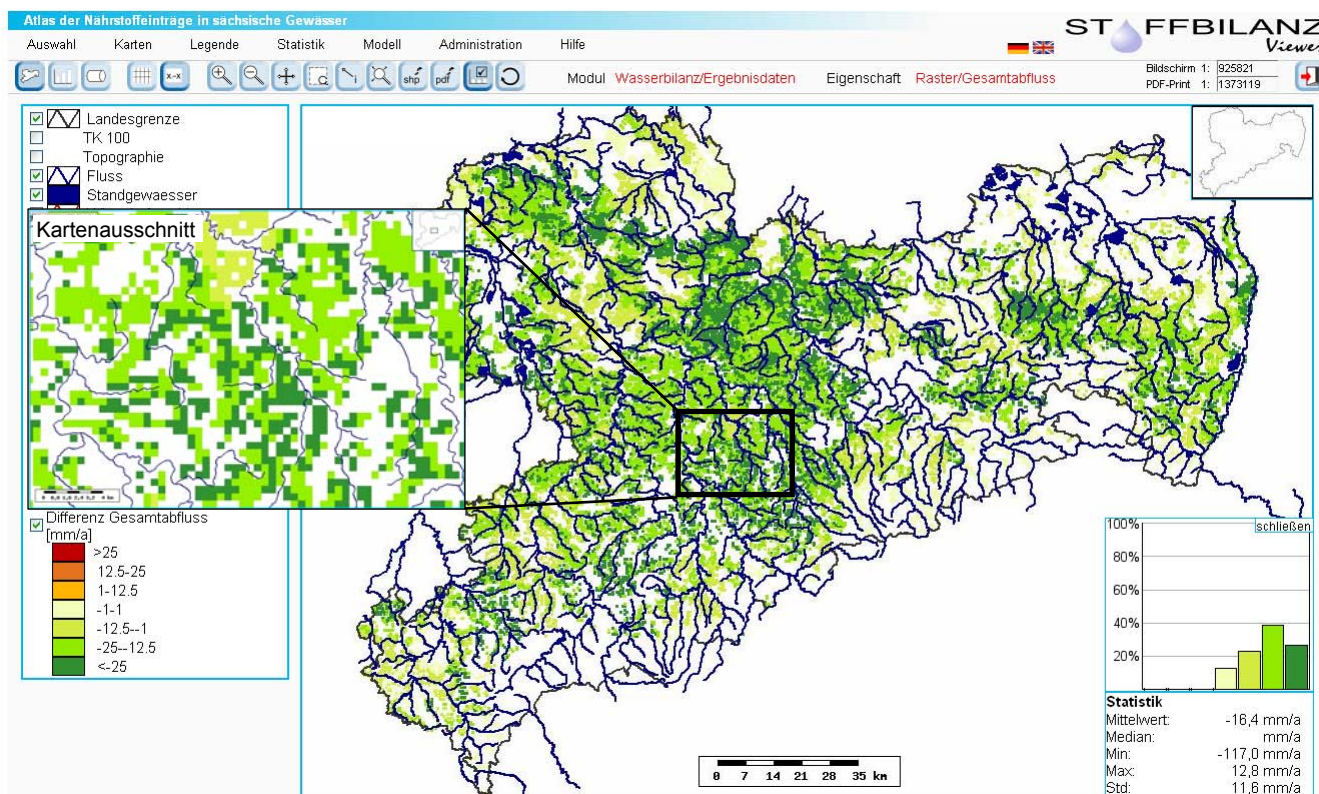


Abbildung 24: Differenzkarte für den Gesamtabfluss (Ackerflächen, Szenario 2 – 2020 zu Ist-Zustand 2005) (GEBEL et al. 2010)

Die für das Szenario 2 erwarteten positiven Auswirkungen im Hinblick auf die Stoffeintragssituation im Sinne einer Reduzierung von Bodenabträgen, Sedimenteinträgen, N- und P-Einträgen wurden durch die Modellrechnungen bestätigt. Im Vergleich zum Ist-Zustand 2005 wurde zum Beispiel ein Rückgang des Sedimenteintrags in Oberflächengewässer im Mittel für Sachsen um 52 % auf 64 kg/(ha-a) bezogen auf die Ackerfläche modelliert. Die Differenzen zum Ist-Zustand 2005 sind in Abbildung 25 dargestellt. Auch die N-Einträge in die Gewässer gehen zurück. So verringert sich der mittlere diffuse N-Eintrag von den Ackerflächen in die Gewässer in Sachsen um 8,4 kg/(ha-a) bzw. um 41 % gegenüber dem Ausgangszustand 2005.

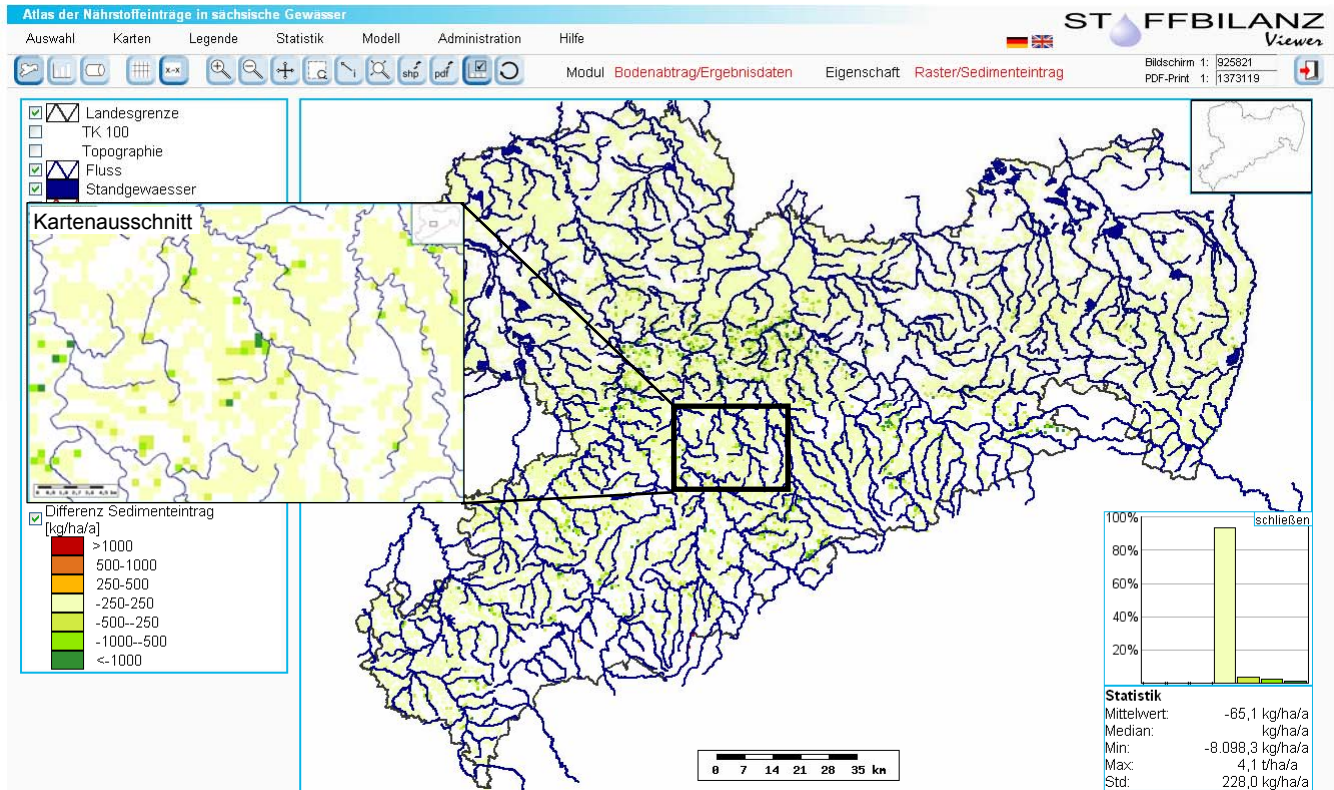


Abbildung 25: Differenzkarte für den Sedimenteintrag (Ackerflächen, Szenario 2 – 2020 zu Ist-Zustand 2005) (GEBEL et al. 2010)

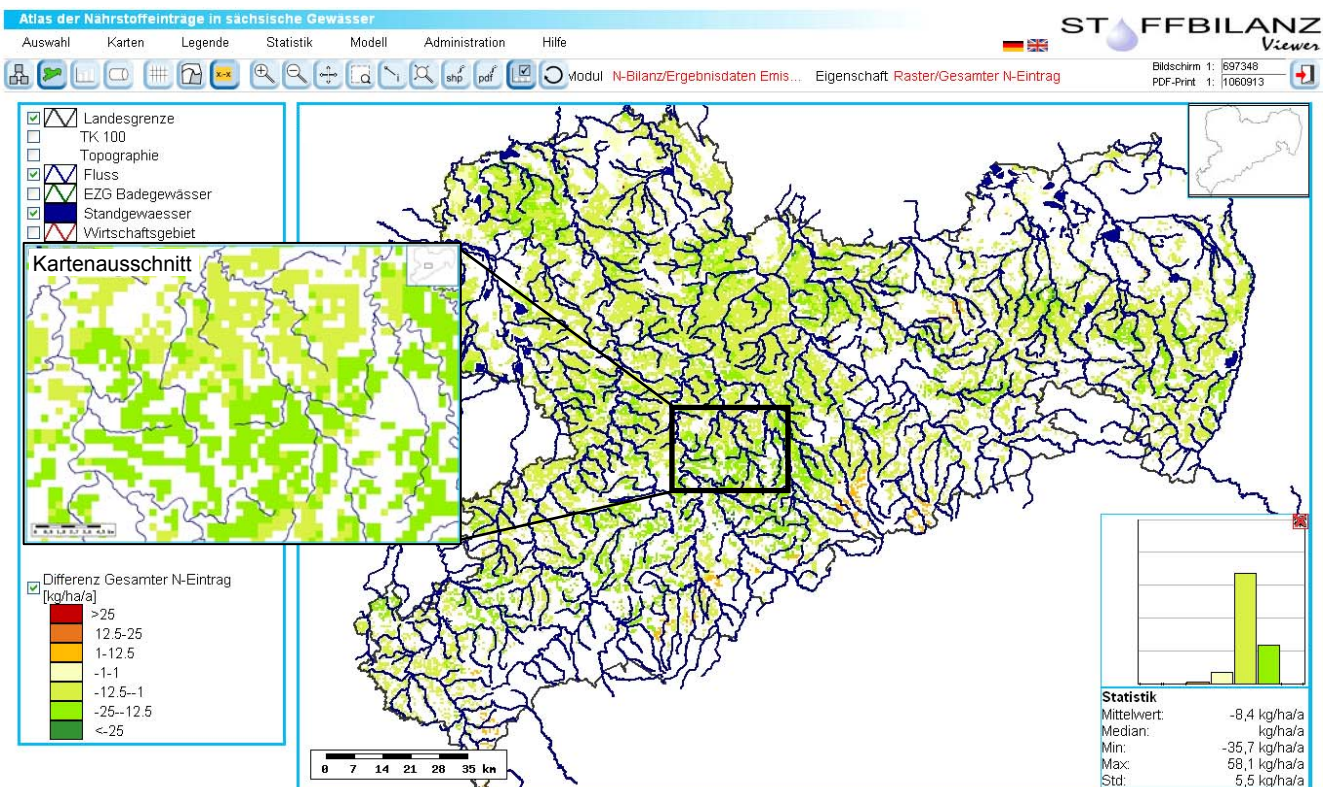


Abbildung 26: Differenzkarte für die gesamten N-Einträge in Gewässer aus diffusen Quellen (Ackerflächen, Szenario 2 – 2020 zu Ist-Zustand 2005) (GEBEL et al. 2010)

Tabelle 7 fasst ausgewählte Ergebnisse der modellgestützten Ermittlung der Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus in Sachsen nochmals zusammen.

Tabelle 7: Ausgewählte Ergebnisse der modellgestützten Ermittlung der Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus in Sachsen (GEBEL et al. 2010)

Parameter	IST-Stand – 2005	Szenario 1 – 2020	Szenario 2 – 2020
Gesamtabfluss bezogen auf Ackerflächen [mm/a]	212	210 (-1 %)*	195 (-8 %)*
Basisabfluss (Grundwasserabfluss) bezogen auf Ackerflächen [mm/a]	94	93 (-1 %)*	84 (-11 %)*
Bodenabtrag bezogen auf Ackerflächen [kg/(ha-a)]	3964	3575 (-10 %)*	2613 (-34 %)*
Sedimenteintrag in Oberflächengewässer bezogen auf Ackerflächen [kg/(ha-a)]	132	111 (-16 %)*	64 (-52 %)*
Diffuser P-Eintrag in Oberflächengewässer bezogen auf Ackerflächen [kg/(ha-a)]	0,37	0,34 (-8 %)*	0,28 (-24 %)*
Diffuser N-Eintrag in Oberflächengewässer bezogen auf Ackerflächen [kg/(ha-a)]	20,69	18,5 (-11 %)*	12,3 (-41 %)*
Diffuser N-Austrag aus der Bodenzone auf Ackerflächen [kg/(ha-a)]	27,38	24,5 (-12 %)*	16,7 (-39 %)*

Erläuterung: * bezogen auf den IST-Stand 2005

Die Ergebnisse der Modellrechnungen können abschließend wie folgt zusammengefasst werden:

- Unter den in der vorliegenden Studie gesetzten Rahmenbedingungen (Anteil Gesamt-Maisfläche 14 % und Raps 17 % bezogen auf die Ackerfläche; vgl. Tabelle 6) ergibt sich aus stoffhaushaltlicher Sicht eine Verträglichkeit bzw. Förderlichkeit des im Szenario 1 gesteigerten Anbaus von nachwachsenden Rohstoffen zur Energiegewinnung mit den Belangen des Gewässerschutzes.
- Auch der gesteigerte Anbau von Kurzumtriebsplantagen im Szenario 2 ist aus stoffhaushaltlicher Sicht positiv zu bewerten.
- Der möglichen Verringerung des Wasserdargebots bei sehr hohem Anbauumfang von Kurzumtriebsplantagen sollte in einigen Regionen Sachsens, vor allem im niederschlagsarmen Tiefland, gesteigerte Aufmerksamkeit gewidmet werden.

2.4 Klimaschutz und Treibhausgasemissionen

2.4.1 Lachgasemissionen unterschiedlicher Kulturen

Der Anbau von Dauerkulturen zur energetischen Verwertung wird hinsichtlich seiner Umweltwirkungen häufig im Vergleich zu Umweltwirkungen anderer Pflanzenbestände beurteilt. Verschiedene Autoren sind der Frage nachgegangen, wie der Anbau von Dauerkulturen zur energetischen Verwertung hinsichtlich der Treibhausgasemissionen im Vergleich zu klassischen Ackerbaukulturen einzuordnen ist. Von besonderer Bedeutung sind die Lachgasemissionen, weil sie eine sehr hohe Treibhauswirksamkeit aufweisen. TEEPE (1999) berichtet von deutlich geringeren N₂O-Emissionen von Pappel-KUP im Vergleich zur Ackerbrache oder zum Rapsanbau (Tabelle 8). Zu vergleichbaren Ergebnissen kommen HELLEBRAND et al. (2003). Demnach emittieren KUP-Anlagen nur ca. ein Viertel bis die Hälfte der N₂O-Frachten, die von landwirtschaftlichen Brachen oder Rapsbeständen in die Atmosphäre gelangen.

Tabelle 8: Lachgasemissionen verschiedener Anbaukulturen [kg N₂O-N/(ha-a)]

Literaturquellen	Brache (10 Jahre)	Raps	Knäuel- gras	Roggen	Eichen- jung- bestand (32 Jahre)	Weiden- KUP	Pappel- KUP	Pappel- KUP (10 Jahre)	Pappel- KUP (5 Jahre + N-Düngung*)
TEEPE (1999) (Zeit April 1996 – März 1997)	2,53	2,30	–	–	0,96	–	–	0,48	0,21 (0,46*)
HELLEBRAND et al. (2003)	–	1,11 (3,89**)	1,04 (1,24**)	0,66 (1,59**)	– (–)	0,56 (1,05**)	0,46 (1,09**)	–	–

* N-Düngevariante mit 100 kg N/a als Kalkammonsalpeter

** N-Düngevariante 150 kg N/ha

RÖDL (2008) hat mit Hilfe der Ökobilanzierung die Auswirkungen des KUP-Anbaus untersucht. Betrachtet wurde der Anbau von Kurzumtriebsplantagen jeweils mit und ohne den Einsatz von Düngemitteln. Zusammenfassend unterstreicht RÖDL (2008), dass die Treibhausgasemissionen im Vergleich zu fossilen Energieträgern deutlich reduziert werden. Durch den Anbau von Holz im Kurzumtrieb werden der Atmosphäre pro Tonne Hackschnitzel rund 1.850 kg des Treibhausgases CO₂ entzogen und in Form von Kohlenstoff im Holz gebunden. Die Treibhausgasemissionen des KUP-Anbaus werden insbesondere durch Transport und Düngung determiniert. Beim Einsatz von N-Düngern nehmen insbesondere das Versauerungspotenzial durch Emissionen aus der Stickstoffdüngerherstellung und dessen Ausbringung sowie die Lachgasemissionen zu.

Den Energieverbrauch und weitere Umweltwirkungen des KUP-Anbaus stellen RÖDL & SCHWEINLE (2010) vergleichend den Werten des Raps- und Weizenanbaus gegenüber (Tabelle 9). Dabei schneiden die KUP-Anlagen deutlich besser ab. Der geringere Verbrauch an eingesetzter Energie sowie die geringeren Umweltwirkungen beruhen im Wesentlichen auf der langen Standzeit der KUP-Anlagen. So wird nur am Anfang und zum Ende der KUP-Anlagen sehr viel Energie für die Bodenbearbeitung eingesetzt. Darüber hinaus wird für die Ernte Energie nur in mehrjährigem Abstand verbraucht. Neben der einfachen Betrachtung des Energieverbrauchs sind auch die CO_{2aq}-Vermeidungskosten und CO_{2aq}-Vermeidungspotenziale in einen ökologisch-ökonomischen Vergleich unterschiedlicher Energiepflanzen einzubeziehen (vgl. Ausführungen zur WBA-Studie im Kap. 1).

Tabelle 9: Energieverbrauch und ausgewählte Umweltwirkungen des KUP-Anbaus im Vergleich zum Raps- und Weizenanbau [Angaben je Hektar und Jahr] (RÖDL & SCHWEINLE 2010; zur Ökobilanz von KUP und den Modellannahmen vgl. auch RÖDL 2008)

Parameter	Agrarholz	Raps Saat	Weizen Körner
nicht erneuerbare Energie [MJ]	4.483,50	13.466,60	14.621,20
Eutrophierungspotenzial [kg Phosphat-Äquivalente]	0,90	14,40	9,50
Humantoxizitätspotenzial [kg Dichlorbenzen-Äquivalente]	11,00	2.088,40	71,50
Sommersmogpotenzial [kg Ethen-Äquivalente]	0,04	0,14	0,05
Terrestrisches Ökotoxizitätspot. [kg Dichlorbenzen-Äquivalente]	0,20	1.169,00	0,80
Treibhauspotenzial [kg CO ₂ -Äquivalente]	793,30	2.256,80	2.340,10
Versauerungspotenzial [kg SO ₂ -Äquivalente]	2,50	42,60	13,50

2.4.2 N₂O-Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden im Bundesland Sachsen 1996-2005

Im Teilprojekt 2.3 wurden die regionale N₂O-Emissionsstärke für das Bundesland Sachsen für die Jahre 1996-2005 mit aktualisierten Eingangsdaten und mit der aktuellen Version des biogeochemischen Modells DNDC abgeschätzt (BUTTERBACH-BAHL et al. 2010). Aufgrund der Heterogenität von Bodenparametern und Managementmethoden war zudem eine Sensitivitätsanalyse durchzuführen, sodass eine Einschätzung der Unsicherheit des Emissionsinventars erfolgen konnte. Die Darstellung des N₂O-Emissionsinventars sollte zudem die Identifikation regionaler Schwerpunkte ermöglichen, sodass für diese Regionen zukünftig gezielte Minderungsmaßnahmen benannt werden können. Ein Vergleich der Ergebnisse mit Standardmethoden zur Abschätzung der Spurengasemissionen wurde durchgeführt.

Mit prozessorientierten Modellen ist es möglich, die raumzeitliche Heterogenität der N-Spurengasemissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden (zeitliche Variabilitäten innerhalb eines Jahres und zwischen einzelnen Jahren sowie räumliche Variabilitäten der Vegetation, Bodentyp, Bodenbearbeitung und N-Deposition) realistisch zu beschreiben und das tatsächliche Emissionsgeschehen verlässlich abzuschätzen.

Solche prozessorientierten Modelle simulieren die wesentlichen in die N- und C-Umsetzungen in agrarisch genutzten Ökosystemen involvierten biotischen (z. B. Pflanzenwachstum, Mineralisierung, Nitrifikation, Denitrifikation) und abiotischen Prozesse (z. B. Diffusion von Gasen wie O₂, N₂O, NO im Bodenprofil und O₂-Verfügbarkeit, N- und C-Verlagerung mit der Bodenwassersickerung, NH₄⁺-Bindung an Tonminerale). Letztendlich wird aus dem komplexen Ineinandergreifen von Produktions-, Konsumptions- und Diffusions-Prozessen von Spurengasen in verschiedenen Bodenschichten die N-Spurengasemission aus landwirtschaftlich genutzten Böden berechnet.

Um der zeitlichen und räumlichen Variabilität der N-Spurengasemissionen an verschiedenen Standorten gerecht zu werden, werden für die Berechnungen wesentliche Eingabeparameter (z. B. Informationen zu Feldbearbeitung inkl. Düngezeitpunkte und Art des Pflügens, angebauter Feldfrucht, Bodeneigenschaften) und Modelltreiber (Klimaparameter wie Tagessummen von Strahlung und Niederschlag bzw. Tagesminima und Tagesmaxima der Lufttemperatur) zu Beginn der Simulation abgefragt.

Aufbauend auf diesen Informationen berechnen die Modelle den täglichen Austausch von N- und C-Spurengasen zwischen Böden und der Atmosphäre sowie die Veränderung der Poolgrößen von C und N im Ökosystem (z. B. Speicherung von C und N im Boden, Mikroorganismenpopulation, Pflanzenbestand, getrennt nach oberirdischer und unterirdischer pflanzlicher Biomasse).

Durch die Kopplung der prozessorientierten Modelle DNDC (landwirtschaftlich genutzte Böden) und Mobile-DNDC (land- und forstwirtschaftlich genutzte Böden) an ein Geografisches Informationssystem, welches die erforderlichen Modelleingangsparameter und Modelltreiber in räumlicher und zeitlicher Auflösung vorhält, wurde ein Kataster der bodenbürtigen N-Spurengasemissionen für Sachsen berechnet. Dabei wurden auch neue Methoden zur Datenintegration und Abschätzung nicht direkt verfügbarer Eingangsgrößen, so genannter sekundärer Parameter, entwickelt.

Für Sachsen wurden, basierend auf der zugrundeliegenden Datenbasis zur N-Düngung über die Jahre 1996-2005, N₂O-Gesamtemissionen aus landwirtschaftlichen Flächen Sachsens von 1.000 bis 1.125 N₂O-N t/a ermittelt. Bei diesem Ergebnis ist zu berücksichtigen, dass N₂O-Emissionen von einer Vielzahl von Faktoren abhängig sind, die mit dem verwendeten Modellansatz und den räumlich nur gering aufgelösten Grundlagendaten noch nicht ausreichend sicher abgeschätzt werden können.

Gleichwohl konnten mit Hilfe der prozessorientierten Modellierung N₂O-Emissionen in täglicher Auflösung aus landwirtschaftlichen Flächen simuliert werden. Hier konnten im Jahresverlauf auffällige Emissionsmuster durch N₂O emittierende Prozesse wie z. B. Frost-/Tauereignisse erklärt werden. Darüber hinaus deckte die Prozessmodellierung die räumlich differenzierte Verteilung der N₂O-Emissionen auf.

N₂O-emissionsstarke Gebiete – vor allem die Auenlandschaften entlang der Zwickauer Mulde und ihrer Zuflüsse aus dem Erzgebirge sowie die Elbe und hier vor allem ihr Zufluss Weißeritz – sind auffallend in Bereichen mit sehr hohem Bodenkohlenstoffvorrat zu finden. Gleiches gilt auch für die Oberlausitz, die Alt-Kreise Zittau und Bautzen sowie das Leipziger Seenland. Dieser für eine höhere mikrobielle Umsetzung verfügbare Kohlenstoff bewirkt eine Zunahme der N₂O-Produktion aus der Denitrifikation. Die unterschiedlichen Simulationsansätze zeigen dieses Phänomen übereinstimmend sehr deutlich, wenn auch die

resultierenden N₂O-Emissionsstärken sich absolut leicht unterscheiden. Es zeigt sich hier – wie mit Hilfe der Sensitivitätsanalyse belegt – eine starke Abhängigkeit der simulierten N₂O-Jahresgesamtemission vom Bodenkohlenstoffvorrat, denn mindestens 50 % der N₂O-Emissionen stammen aus Gebieten mit sehr hohen Bodenkohlenstoffgehalten.

Eine weitere Korrelation in den drei Emissionsinventaren zeigt die Abhängigkeit der N₂O-Emissionen von den Tongehalten. Hohe Tongehalte führen zu einer hohen Wasserhaltekapazität der Böden. Dies fördert selbst bei geringen Niederschlägen anaerobe Bedingungen, in deren Folge die Denitrifikation und N₂O-Emissionen ansteigen.

Ähnliches gilt prinzipiell auch für die Trockenrohdichte. Auch hier führen bei Böden mit hoher Trockenrohdichte bereits geringe Niederschläge zu vermehrtem Auftreten anaerober Bedingungen und damit zu stärkeren N₂O-Emissionen. Auf verdichteten Böden nehmen die N₂O-Emissionen allerdings nur dann deutlich zu, wenn der Bodenkohlenstoffvorrat dazu ausreicht.

Die Simulationen konnten auch fruchtartenspezifische Unterschiede aufdecken. So wurden für Grasland bzw. Grünland die niedrigsten N₂O-Emissionen in Höhe von 1 kg/(ha-a) im Simulationslauf BUEK-400-DNDC ermittelt, wohingegen für Raps N₂O-Emissionen über 7 kg/(ha-a) berechnet wurden. Hierin drückt sich u. a. die unterschiedliche N-Effizienz der Kulturen aus. Kulturen wie der Raps, die nach der Ernte vergleichsweise hohe mineralische Stickstoffvorräte im Boden hinterlassen, sind durch höhere N₂O-Emissionen gekennzeichnet als das N-effiziente Grasland bzw. Grünland.

Zusammenfassend lässt sich Folgendes für den Anbau von Energiepflanzen festhalten: Je geringer die fruchtartenspezifischen N₂O-Emissionen sind, umso günstiger sind deren Treibhausgasvermeidungspotenziale. Dieser umweltrelevante Vorteil kommt insbesondere beim Anbau von Dauerkulturen mit geringem N-Bedarf zum Tragen.

3 Weitere Biomassematerialien

3.1 Anbauflächen nachwachsender Rohstoffe in Sachsen und Biomassepotenziale

Anbauflächen

Die Entwicklung der NaWaRo-Anbaufläche ist in Abbildung 27 für den Zeitraum 2000 bis 2007 dargestellt. Für die Folgejahre steht keine entsprechende Datenquelle zur Verfügung. In den betrachteten sieben Jahren hat sich die Anbaufläche von ca. 68.000 ha auf ca. 126.000 ha verdoppelt. Damit betrug im Jahr 2007 der Anteil der NaWaRo-Fläche an der gesamten Ackerfläche (709.130 ha) rund 17,8 %.

Für das Jahr 2009 schätzt das LfULG anhand der Angaben aus dem Anlagenmonitoring der sächsischen Biogasanlagen in Landwirtschaftsbetrieben (n= 29) und den bekannten Inputmengen in Biogasanlagen, dass ca. 20.000 ha Anbaufläche für Silomais (das entspricht rund ¼ der gesamten Maisanbaufläche) für den Biogasanlagenbetrieb verwendet wurde (schriftliche Mitteilung ZsCHOCHÉ, LfULG vom 08.04.2011). Das entspricht ca. 3 % der Ackerfläche Sachsens.

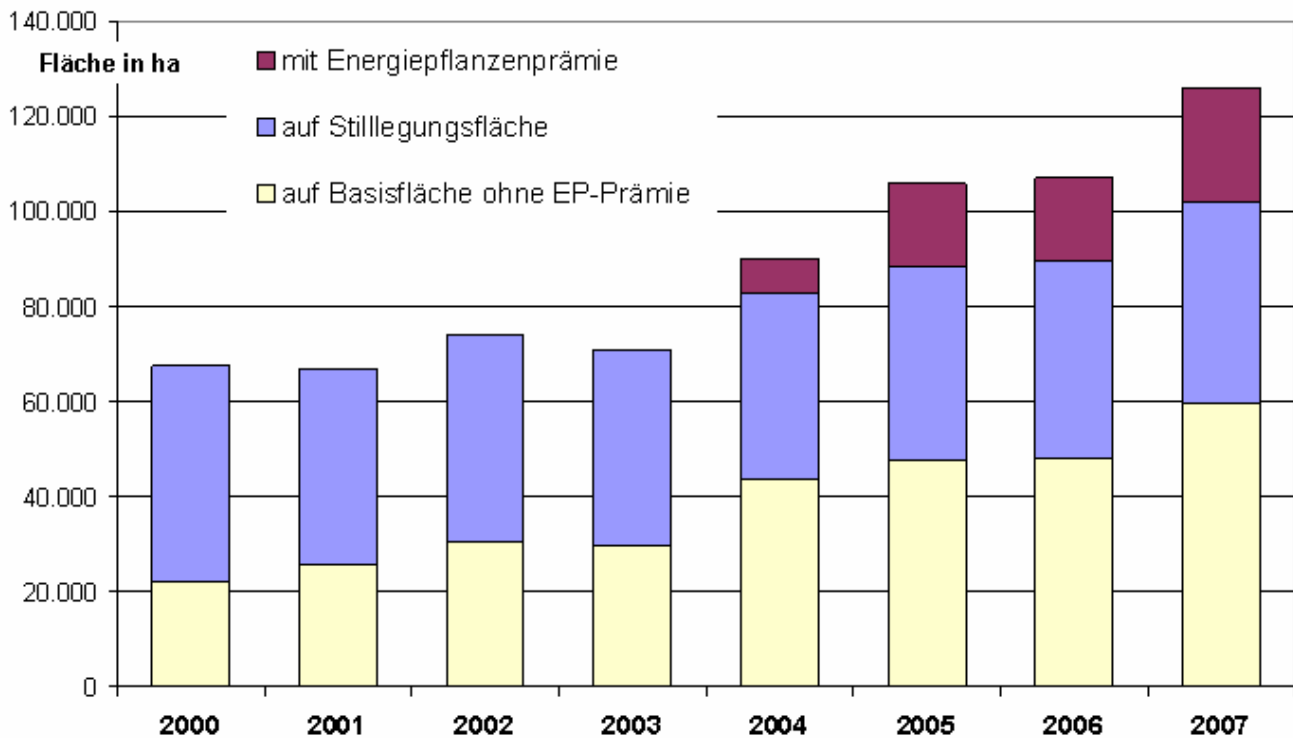


Abbildung 27: Anbauflächen nachwachsender Rohstoffe in Sachsen (nach Berechnungen des LfULG auf Basis von Daten des Statistischen Landesamtes und der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe; schriftliche Mitteilung DR. GRUNERT, LfULG vom 04.04.2011)

Hinweis: Der Anbau auf Basisflächen ist errechnet aus prozentualem Anteil in Deutschland.

Biomassepotenziale bis 2020 im Freistaat Sachsen

Informationen zu im Freistaat Sachsen bis 2020 regional tatsächlich verfügbaren Potenzialen an Biomasse und deren Einflussfaktoren können der Datenbank „Biomassepotenziale Sachsen“ entnommen werden (VON KORFF et al. 2008). Die Datenbank ermöglicht die Berechnung von Biomassepotenzialen (Masse-, Energieerträge) für den Non-Food-Bereich für Landkreise, Regierungspräsidien und Sachsen. Dabei werden u. a folgende Einflussfaktoren berücksichtigt: regional anzutreffende landwirtschaftliche Standorte, variabel einzugebende standortabhängige Fruchtfolgen, Ertragsszenarien, Bevölkerungsentwicklung entsprechend Prognose für Sachsen, verfügbare Ackerflächen.

3.2 Landschaftspflegematerial

Die bei der Landschaftspflege anfallende Biomasse wird in Sachsen derzeit kaum energetisch genutzt. Als Reststoff bietet diese Biomasse aber durchaus ein nutzbares Energiepotenzial, das ohne zusätzliche anbaubedingte Belastungen des Naturhaushaltes sowie ohne Flächenkonkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion zur Verfügung steht.

FEGER et al. (2010) und STEGNER et al. (2010) haben die möglichen Potenziale des Landschaftspflegematerials näher untersucht. FEGER et al. (2010) errechneten für potenzielle Landschaftspflegeflächen in Sachsen ein Biomassepotenzial in einer Größenordnung zwischen ca. 130.000 und 260.000 tatro/a an halmgutartiger und krautiger Biomasse sowie ca. 180.000 tatro/a an holziger Biomasse. Im Hinblick auf die energetische Nutzung speziell von Landschaftspflegematerial lässt sich grundsätzlich nur schwer vom theoretischen Potenzial auf das abrufbare Potenzial schließen, weil die zur Aktivierung erforderlichen Rahmenbedingungen sehr vielschichtig sind.

STEGNER et al. (2010) stützten sich auf die Ergebnisse von FEGER et al. (2010) und betrachteten sowohl die auf spezielle Umweltschutzprogramme basierenden Grünlandflächen, von denen Landschaftspflegematerial gewonnen werden kann, als auch die Möglichkeiten zur Verbesserung der technisch nutzbaren Potenziale. Nach STEGNER et al. (2010) unterliegen gegenwärtig

ca. 52.000 ha in Sachsen naturschutzfachlichen Anforderungen entsprechend den Förderrichtlinien „Agrarumweltmaßnahmen und Waldmehrung“ (RL AuW/2007) und „Natürliches Erbe“ (RL NE/2007). Das entspricht rund 28 % der Grünlandflächen im Freistaat Sachsen. Werden von der auf den AuW- und NE-Flächen heranwachsenden Biomasse ca. 25 % energetisch genutzt, entspricht das bei einem mittleren Ertrag und unter Berücksichtigung von 20 % Bergeverlust ca. 71.600 t/a von naturschutzfachlich genutztem Grünland.

Für die energetische Verwertung ist bedeutsam, dass Flächen mit naturschutzfachlichen Auflagen regional sehr unterschiedliche Flächenanteile am Grünland aufweisen und überwiegend kleinflächig auftreten. Als Verwertungsoptionen bieten sich nach STEGNER et al. (2010) unter den gegenwärtigen technologischen und politisch-ökonomischen Bedingungen die energetische Nutzung in Biogasanlagen oder in Feuerungsanlagen an. Dazu bedarf es nach Ansicht der Autoren noch weiterer verfahrenstechnischer und logistischer Anstrengungen, wie nachfolgend ausgeführt.

Verwertung in Biogasanlagen:

- praxistaugliche Methoden der Substratvorbehandlung und Erfahrungsaustausch hinsichtlich ihrer Wirkung beim Einsatz von halmgutartiger Biomasse aus der Landschaftspflege
- gegebenenfalls Erweiterung der Fermenterkapazität
- an bestimmten Standorten Neubau von Biogasanlagen bei Nutzung neuer Verfahrenselemente

Verwertung in kleinen und mittleren Feuerungsanlagen:

- Ertüchtigung von Bestandsanlagen
- Nachrüstung von Filtertechnik
- Durchführung von Brikettier- und Pelletierversuchen
- Erarbeitung von Kriterien für „...genormte Qualitätsanforderungen“ für Briketts oder Pellets aus Landschaftspflegematerial

Verwertung in großen Feuerungsanlageanlagen:

- Logistikkonzept zur Erfassung der Biomasse unter Bedingungen des dezentralen Aufkommens

Nach Einschätzung von STEGNER et al. (2010) wäre vor allem in Biogasanlagen eine energetische Nutzung mit kleinen technischen Änderungen möglich. Allerdings sprechen die politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen gegen eine solche Nutzung. Betrachtet man die Rahmendaten von typischen Biogasanlagen in Sachsen, zeigt sich, dass der Gasertrag einer Anlage auf NaWaRo-Gülle-Basis bei einer 5%-igen Beimischung von Landschaftspflegematerial um etwa 18 %, bei einer 10%-igen Beimischung um 22 % bis 23,5 % zurückginge. Die Autoren berechneten auf der Grundlage der kalkulierten verminderten Gaserträge und der Preise des Jahres 2010 einen theoretischen Förderbedarf für die Naturschutzflächen, der notwendig wäre, um die geringeren Gaserträge betriebswirtschaftlich auszugleichen. Dieser theoretische Förderbedarf liegt für G1-Maßnahmen (Extensive Grünlandwirtschaft nach RL AuW/2007) bei ca. 220 €/ha-a bei 5%-iger Beimischung und bei ca. 230 €/ha-a bei 10%-iger Beimischung. Wenn die Mehrkosten über G3a-Maßnahmen (Naturschutzgerechte Wiesennutzung mit Düngungsverzicht und 1. Schnitt nach dem 15. Juni nach RL AuW/2007) abgedeckt werden könnten, läge der theoretische Förderbedarf bei 120 €/ha-a (5 %) bzw. 130 €/ha-a (10 %).

3.3 Einjährige Kulturen

Die Nutzung einjähriger Kulturen zur energetischen Verwertung ist hinsichtlich der Umweltwirkungen weitgehend vergleichbar mit den derzeit üblichen Ackerbaukulturen. Aus diesem Grund unterscheidet sich der Anbau dieser Biomasseträger im Hinblick auf ihre Umweltwirkungen auch nicht grundlegend von den derzeit üblichen landwirtschaftlichen Produktionsverfahren. Stattdessen sind nur graduelle Unterschiede zu erwarten.

Das Spektrum der Ackerkulturen kann sich grundsätzlich durch den Anbau von Energiepflanzen erweitern. Daraus kann sich eine stärkere Differenzierung der Fruchtfolgen ergeben, die sowohl mit einer zeitlichen Aufweitung der Bearbeitungsverfahren als auch mit einer strukturellen Anreicherung der Feldflur verbunden wäre. Beide Effekte kämen prinzipiell dem Artenschutz entgegen. Hier bietet das von der FNR geförderte Vorhaben „Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands“ (EVA) vielfältige Informationen (FNR 2010)¹¹.

Aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes bieten sich insbesondere Chancen durch Mischfruchtanbau. Mischsaaten können gegenüber Reinsaaten Vorteile aufweisen, wenn Blattpflanzen mit Halmfrüchten, Tiefwurzler mit Flachwurzlern und wenn Pflanzen mit verschiedenen Nährstoffbedürfnissen im Gemenge angebaut werden. Beim Mischfruchtanbau kann die verfügbare Bodenfläche und die Sonnenenergie mit hoher Effizienz genutzt werden. Die Erträge können stabiler und höher als beim Anbau von Einzelkulturen sein, insbesondere in Jahren mit Trockenheit oder starkem Krankheits- und Schädlingsdruck. Die Anforderungen an die Bestandsführung sind jedoch höher.

Die ebenfalls diskutierten Zweikulturnutzungen – also die vorgezogene Ernte einer Winterung im Mai oder Juni wie z. B. Ganzpflanzensilagen aus Wintergetreide und der nachfolgende Anbau einer Sommerung wie z. B. Mais oder Sonnenblumen – können zwar hinsichtlich der realisierbaren Energieerträge vorteilhaft sein, werfen aber auch Fragen im Hinblick auf ihre Umweltwirkungen auf. Der frühe Erntetermin führt zu Störungen des Niederwildes oder der Bodenbrüter. Gleichzeitig wird im Vergleich zum klassischen Anbau von Winterungen die Erosionsgefährdung verstärkt, weil der schützende Pflanzenbestand zu einem Zeitpunkt abgeerntet wird, in dem die Wahrscheinlichkeit von Starkniederschlägen deutlich erhöht ist. Weiterhin ist in Regionen mit knappem Wasserangebot die Etablierung der Zweitkultur häufig nicht oder nur unsicher möglich, was eine weite Verbreitung dieser Nutzungsform in Sachsen einschränkt.

Als Risiko zeichnet sich immer deutlicher die Auswahl einiger weniger, rentabler Energiepflanzen ab, die in einseitige Anbaustrukturen oder Monokulturen münden. Insbesondere beim Maisanbau für die Biogasgewinnung wird eine starke Flächenausdehnung erwartet, was bei konventionellen Anbauverfahren zu verstärkter Bodenerosion und erhöhten Pflanzenschutzmittelanwendungen führen wird. Dabei ist in Sachsen der Maisanbau im Landesdurchschnitt auf einem unproblematischen Niveau (Tabelle 10). Im unmittelbaren Einzugsgebiet von bestehenden Biogasanlagen ist jedoch zu beobachten, dass der Maisanbauumfang deutlich zunimmt, sodass auf lokaler Ebene Beeinträchtigungen des Natur- und Umweltschutzes möglich sind.

¹¹ <http://www.energiepflanzen.info/projekte/eva/>

Tabelle 10: Entwicklung der Maisanbaufläche in Sachsen

Jahr	Ackerfläche	Anbaufläche Silomais [ha]	Anbaufläche Körnermais [ha]	Anbaufläche Corn-Cob-Mix (CCM)* [ha]	Anbaufläche Mais gesamt [ha]	Anteil Maisanbaufläche [gesamt] an der Ackerfläche [%]	Anteil Silomaisfläche an der Ackerfläche [%]
1994	729963	63920	6162	122	70203	10	9
1995	730020	66597	7279	97	73973	10	9
1996	727751	76422	10971	171	87564	12	11
1997	728260	73422	8334	203	81959	11	10
1998	728540	67892	7037	194	75122	10	9
1999	726975	58843	8234	176	67253	9	8
2000	726853	56045	9863	208	66115	9	8
2001	725448	58937	10993	173	70103	10	8
2002	721161	58561	10660	238	69460	10	8
2003	719335	61808	15658	248	77714	11	9
2004	719196	65587	13529	236	79352	11	9
2005	721255	61060	12640	1387	75088	10	8
2006	716934	62293	10953	496	73742	10	9
2007	709130	65799	8609	441	74849	11	9
2008	708998	68811	13154	387	82353	12	10
2009	707798	69343	10049	448	79840	11	10

Quelle: Agrar- und Forstinformationssystem Sachsen (AFISS); Angaben beruhen auf den Anträgen auf Agrarförderung (INVEKOS)

*Corn-Cob-Mix (CCM) ist ein vollwertiges Grundfutter mit hohem Energiegehalt, welches in der Rinder-, jedoch aber meistens in der Schweinemast eingesetzt wird. Es besteht aus der Spindel und den Körnern des Maiskolbens und stellt eine Sonderform des Maiskolbenschrotes dar, das mit einem Mähdrescher mit Pflückvorsatz (Maisgebiss) geerntet wird. Der Rohfasergehalt liegt aufgrund der enthaltenen Maisspindeln in fünf bis acht Prozent höher als beim Körnermais (3 %).

Darüber hinaus kann sich bei Umstellung auf „Energiefruchtfolgen“ wegen der hohen Ausnutzung der Biomasse in der Tendenz die Humusreproduktion verringern (u. a. RÖHRICHT et al. 2009). Die Humusbilanz kann sich noch weiter verschlechtern, wenn die Gärrückstände nicht wieder aufgebracht werden (HUMUSWIRTSCHAFT & KOMPOST 4/2008, S. 1 ff¹²). Weiterhin ist der Anbau von Zwischenfrüchten zur Gründüngung für den Ausgleich der Humusbilanz bedeutsam. In die Energiefruchtfolgen eingebaute Marktfrüchte dürfen zu keiner weiteren Belastung der Humusbilanz führen. Aus diesem Grund sind deren Erntereste auf der Fläche zu belassen. Im Regelfall sollte nicht mehr als ein Drittel des anfallenden Getreidestrohs für die energetische Verwertung eingesetzt werden (MÜNCH 2008).

Der Zusammenhang zwischen Struktureichtum von Landnutzungssystemen und der Artendiversität ist nicht nur für Dauerkulturen zur energetischen Verwertung – wie zum Beispiel KUP – nachgewiesen, sondern auch für einjährige Energiepflanzenbausysteme. So berichten VETTER et al. (2009) anhand von Ergebnissen aus der Fruchtfolgenforschung im EVA-Verbund, dass alle Fruchtfolgen, die zwei oder drei unterschiedliche Kulturartengruppen umfassen, artenreicher sind als Monokulturen (Abbildung 28). Monokulturen weisen im Vergleich zu Fruchtfolgen eine mindestens um ein Drittel reduzierte Artenanzahl auf. Fruchtfolgen mit drei unterschiedlichen Kulturartengruppen (z. B. Wintergetreide, Sommergetreide, Mais) erhöhen die Artenzahlen in den einzelnen Organismengruppen im Vergleich zu Fruchtfolgen mit nur zwei Kulturartengruppen (z. B. Wintergetreide).

¹² http://www.kompost.de/fileadmin/docs/HuK/HuK_04_08.pdf

de, Mais/Sorghum) noch einmal um 15-20 %. Bei Fruchtfolgen mit nur zwei Fruchtartengruppen wirkt sich eine Kombination aus Mais und Wintergetreide stärker diversitätsfördernd aus als eine Kombination aus Sommer- und Wintergetreide.

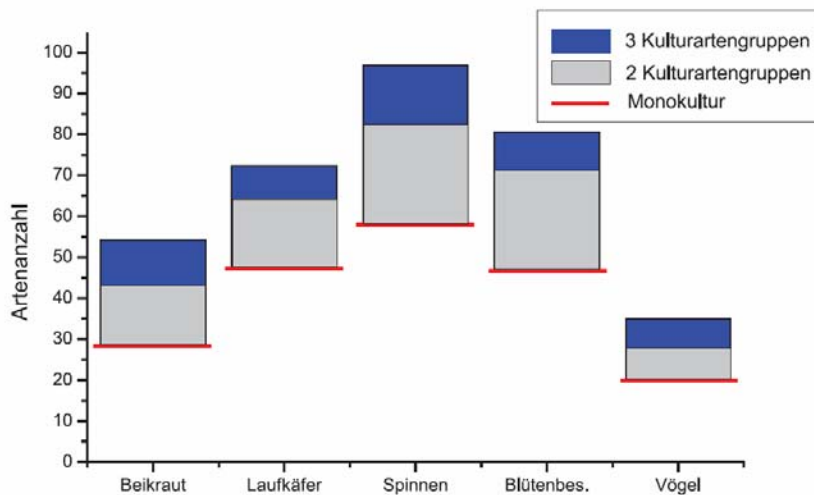


Abbildung 28: Artenzahlen in den untersuchten Organismengruppen in Abhängigkeit von der Zusammensetzung der Fruchtfolge im EVA-Projekt (Basis: Daten aus Bayern, Mecklenburg-Vorpommern und Thüringen; 2005-2007; Fruchtfolgen mit 1, 2 oder 3 unterschiedlichen Kulturartengruppen; die Werte für Brutvögel basieren auf einer Expertenbefragung und sind um den Faktor 10 überhöht) (VETTER et al. 2009a)

Biogas – Alternativen zum Mais

Die zeitliche Entwicklung und die räumliche Verteilung der Biogasanlagen in Sachsen geht aus Abbildung 29 hervor. Im Vergleich zu anderen Bundesländern mit intensiver Veredelungswirtschaft sind in Sachsen bisher wenige Biogasanlagen installiert worden. Aus diesem Grund treten sachsenweit auch (noch) nicht die negativen Begleiterscheinungen der Biogasproduktion – wie insbesondere die sehr starke Ausdehnung des Maisanbaus – hervor.

Die relative Vorzüglichkeit des Maises als Gärsubstrat begründet sich vor allem in der bekannten Produktionstechnik, den niedrigen Produktionskosten und dem hohen Gasertrag (Abbildung 30). Aus diesem Grund werden in Biogasanlagen als pflanzliche Substrate überwiegend Maissilagen eingesetzt. Im Umfeld von Biogasanlagen kommt es daher häufig zu einer starken räumlichen Konzentration von Maisanbauflächen. Damit können negative Umweltwirkungen wie vermehrte Bodenerosion, Stoffausträge in Gewässer oder Verringerung der Biodiversität einhergehen.

Aus Sicht des Umwelt- und Naturschutzes ist es deshalb von Interesse, Alternativen zum Mais als Gärsubstrat aufzuzeigen, die sowohl betriebswirtschaftlich tragfähig als auch ökologisch vorteilhaft sind. Anforderungen an die Erzeugung von Biomasse für die Biogasgewinnung unter Berücksichtigung des Boden- und Gewässerschutzes sind in einem DWA-Merkblatt zusammengestellt (DWA 2010).

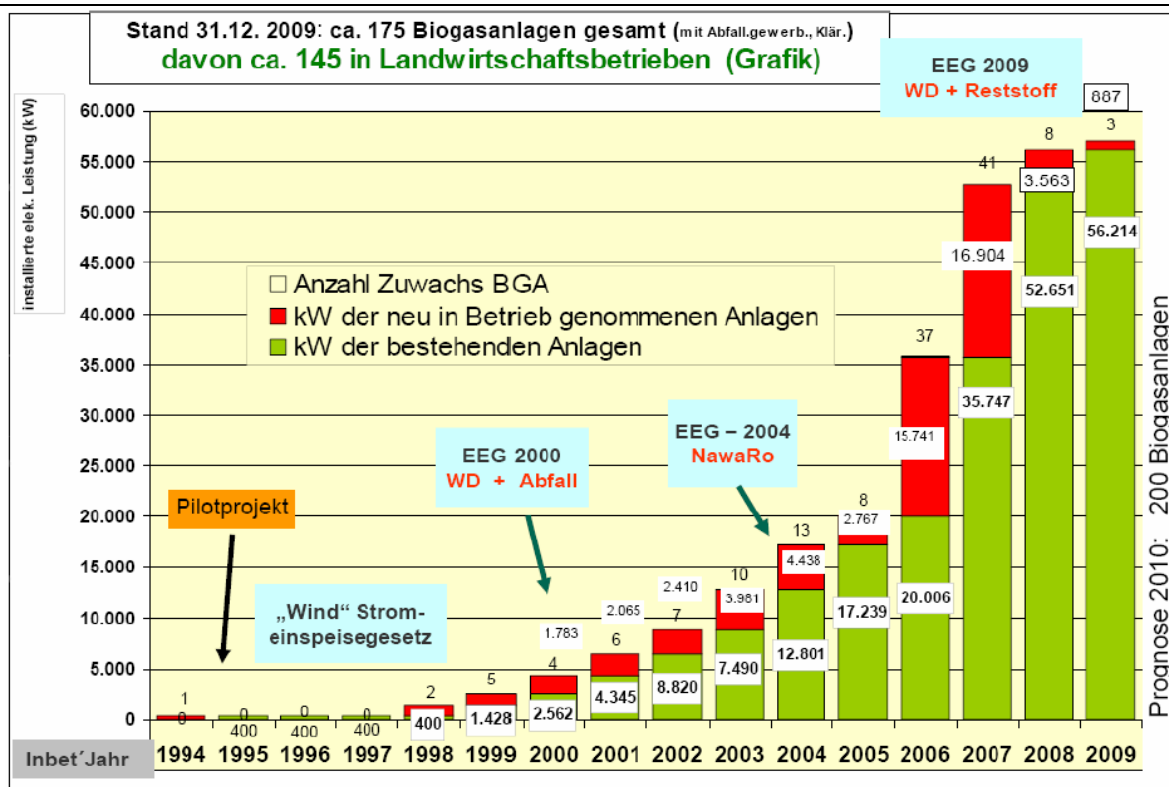
In einem aktuell laufenden Vorhaben geht die Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau der Frage nach, ob die energetische Verwertung von kräuterreichen Ansaaten in der Agrarlandschaft und im Siedlungsbereich eine ökologische und wirtschaftliche Alternative bei der Biogasproduktion sein kann (LWG 2009). Das Vorhaben mit Laufzeit bis Mitte 2011 hat das Ziel, aus dem reichhaltigen Spektrum der Wildpflanzen Arten zu finden, die in mehrjährigen Mischungen angesät werden können (Abbildung 31), eine auch ökonomisch interessante Alternative für den Biogasanbau sind und gleichzeitig den Wildtieren Lebensraum bieten. Hierbei wurden zwei grundsätzlich mögliche Ansätze verfolgt:

- Durch ausschließliche Verwendung heimischer Arten regionaler Herkünfte wird die Einbringung fremder Arten von vornherein ausgeschlossen (ökologische Mischungen). Wenn das Saatgut regionaler Herkünfte bereits verfügbar ist oder noch kurzfristig durch Samensammlung im Freiland gewonnen werden kann, wird dieses bereits im Versuch verwendet.
- Bei Verwendung im Gebiet fremder Arten werden keine Arten verwendet, die bekanntermaßen zur Auswilderung neigen oder bereits als invasive Neophyten in Erscheinung getreten sind. Ebenso werden Arten herausgenommen, die mit der regionalen

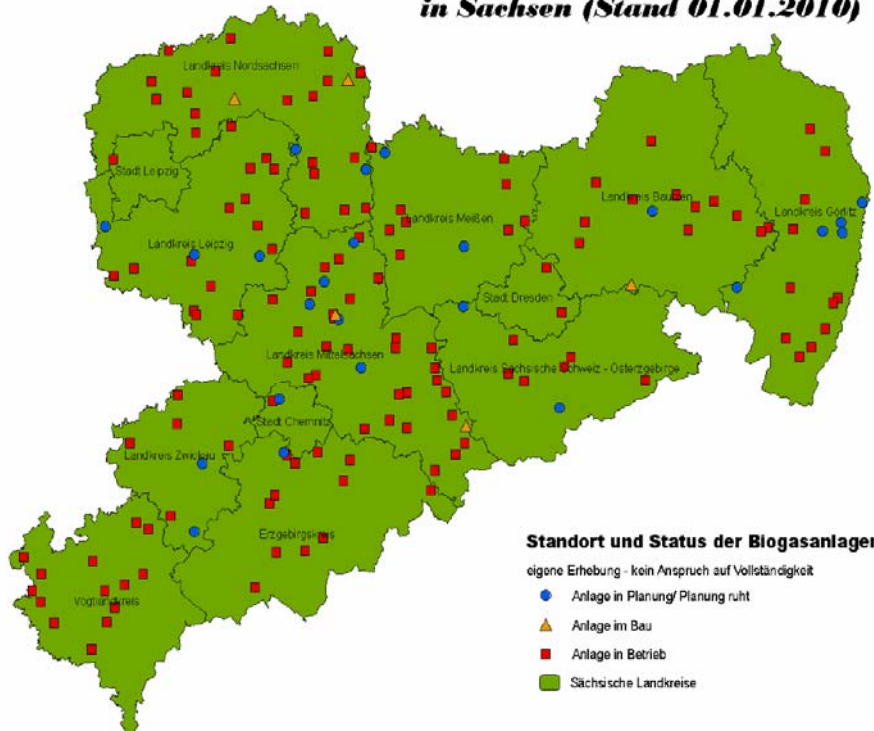
Wildflora näher verwandt sind, um die Gefahr der Einkreuzung zu minimieren. Aus den gebietsfremden Arten werden anschließend Arten mit hohen Biomasse- und Methanerträgen ausgesucht (ökonomische Mischungen).

Abbildung 32 zeigt erste Untersuchungsergebnisse zu Biomasse- und Methanerträgen der ökologischen und ökonomischen Wildpflanzenmischungen¹³. Es wird deutlich, dass einige Wildpflanzen ein dem Mais vergleichbares Ertragspotenzial aufweisen. Der Anbau von Energiepflanzen kann konsequent als ein Element einer umwelt- und naturverträglichen Landwirtschaft entwickelt werden. So wurden die bisherigen Praxisversuche generell ohne Düngung durchgeführt und erbrachten zum Teil dennoch sehr gute Biomassezuwächse. Die vorliegenden Ergebnisse lassen erwarten, dass für die Biogasproduktion eine ökologische Alternative zum Maisanbau zur Verfügung steht. Wie die ökonomischen Auswirkungen zu bewerten sein werden, muss nach Abschluss der aktuellen Pilotprojekte beantwortet werden.

¹³ Das Projekt wurde erst im Jahr 2009 gestartet. Die bisherigen Ergebnisse beziehen sich auf das 1. Erntejahr und sind somit noch nicht gesichert. Es bleibt abzuwarten, wie sich die Biomasse- und Methanerträge in den folgenden Standjahren entwickeln werden und welche Anbauempfehlungen zur Optimierung von Ernteterminen und Artenmischungen der Wildpflanzen gegeben werden können.



**Biogasanlagen von landwirtschaftlichen Betrieben
in Sachsen (Stand 01.01.2010)**



Quelle:
Geobasisdaten © 2009 Landesmessungsmitt. Sachsen
Karteninhalt:
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft
und Geologie Referat 26, Dr. Brückner - eigene Erhebung, kein Anspruch auf Vollständigkeit
GIS & Kartographie
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Referat 22, Ulrich, Januar 2010

Kein Anspruch auf Vollständigkeit

1:1.000.000

Abbildung 29: Zeitliche Entwicklung der Biogasanlagen und deren räumliche Verteilung in Sachsen (aus GRUNERT 2010)

Energiepflanzen für Biogas

Produktionskosten und Gasertrag

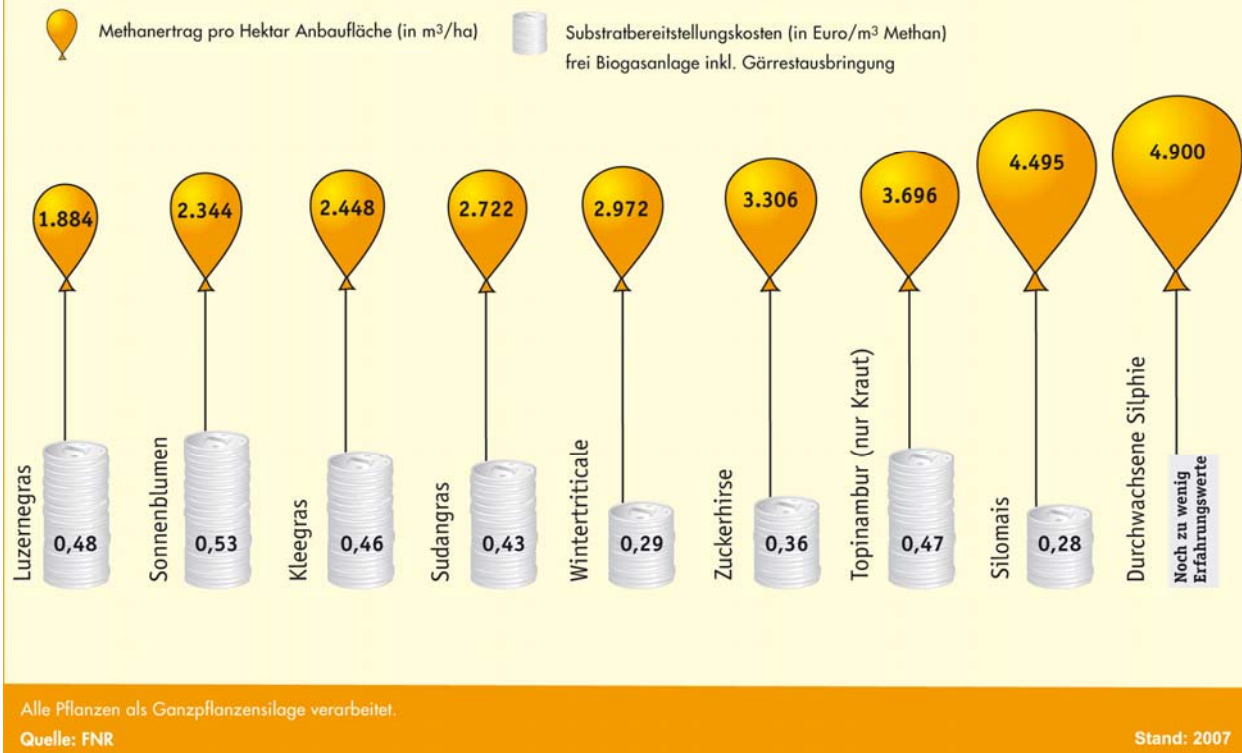


Abbildung 30: Gärsubstrate – Produktionskosten und Gaserträge unterschiedlicher Energiepflanzen

(Quelle: <http://www.fnr.de>)



Abbildung 31: Beispiele kräuterreicher Ansaaten zur energetischen Nutzung auf Versuchsfeldern der LWG

(Foto: A. Werner, LWG)

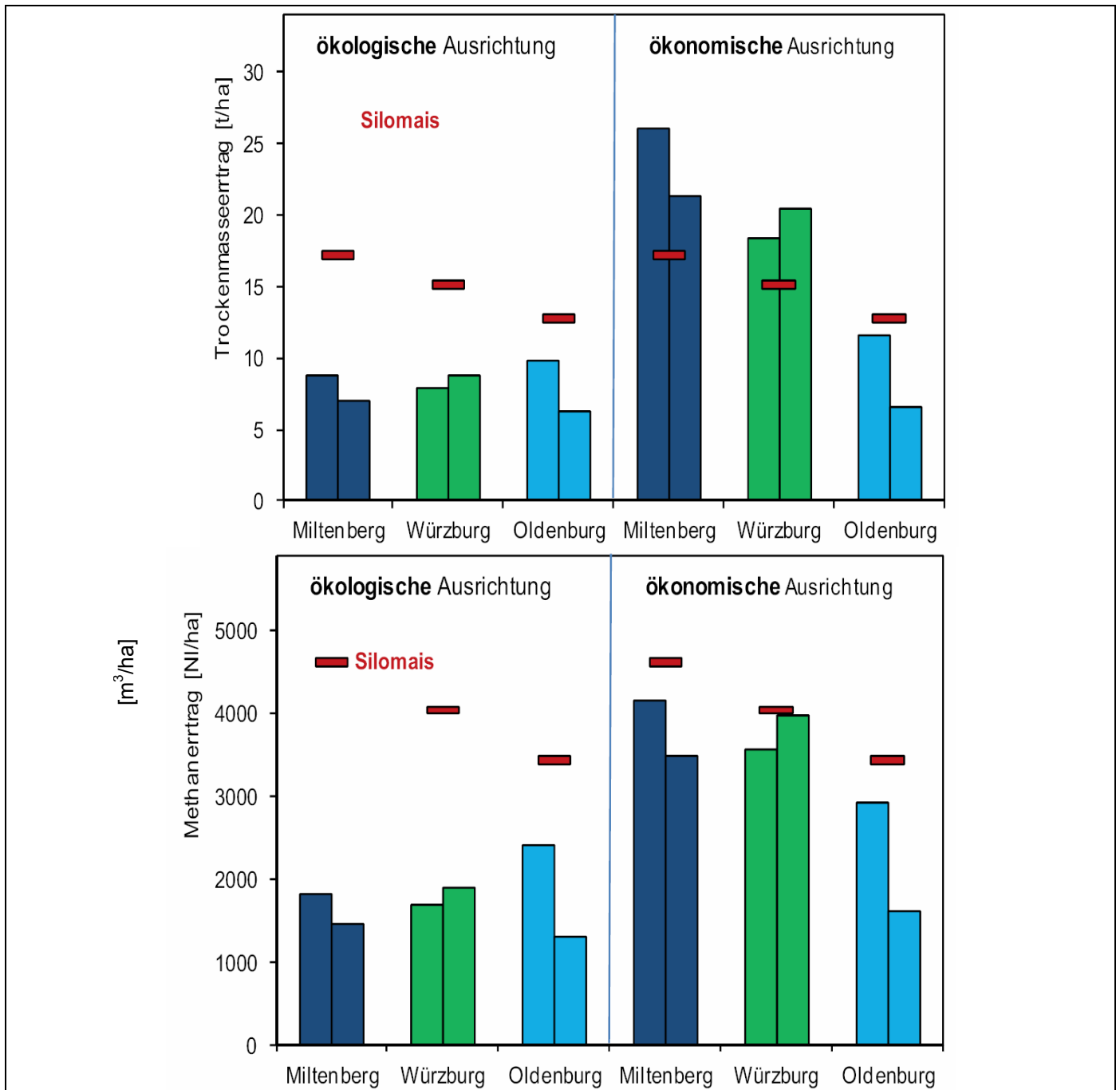


Abbildung 32: Biomasse- (oben) und Methanerträge (unten) der ertragreichsten ökologisch (nur heimische Wildpflanzen; linke Seite) bzw. ökonomisch (auch ertragsreiche fremde Wildpflanzen; rechte Seite) ausgerichteten Mischungsvarianten der Versuchsstandorte im Jahr 2009 (Einzelwerte aus zwei Wiederholungen). Zum Vergleich sind Silomaiserträge von Praxisbetrieben der Region dargestellt (VOLLRATH et al. 2010).

NEHRING & VETTER (2008) untersuchten Getreide-Ganzpflanzensilagen als Biogassubstrate. Die Autoren sehen insbesondere auf trockenen Standorten die Getreide-Ganzpflanzensilagen, zum Teil auch als Gemenge angebaut, als eine ertragssichere Alternative zum Maisanbau, die gleichzeitig befriedigende bis gute Gasausbeuten ermöglichen (Abbildung 33). Sowohl Triticale als auch die Artenmischung Winterweizen-Wintertriticale-Wintergerste können Methangasausbeuten erzielen, die mit Mais vergleichbar sind.

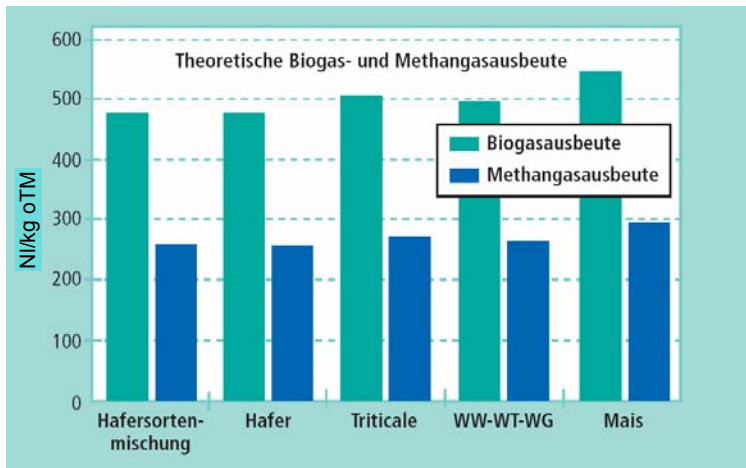


Abbildung 33: Theoretische Biogas- und Methangausbeute ausgewählter Fruchtarten (NEHRING & VETTER 2008)

Weitere Untersuchungen im Hinblick auf Alternativen zum Maisanbau können verschiedenen Projektberichten entnommen werden (u. a. VETTER et al. 2009b, RÖHRICHT & ZANDER 2008, RÖHRICHT et al. 2009). In Sachsen-Anhalt betreibt die Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau einen breit angelegten Versuch mit unterschiedlichsten Pflanzenarten (schriftliche Mitteilung DR. RUMPLER, LLFG vom 13.12.2010). Nach den vorläufigen Ergebnissen bieten nordamerikanische Präriegräser wie *Switchgras*, *Sida*, *Big Bluestem* etc. gute Biomasse- und Methanhektarerträge (Abbildung 34; bezüglich *Sida* vgl. auch BAR-KOWSKA et al. 2006). Auch hier bleibt es weiteren Untersuchungen vorbehalten, praxisreife Empfehlungen zur Optimierung von Anbauverfahren und Ernteterminen herauszuarbeiten.

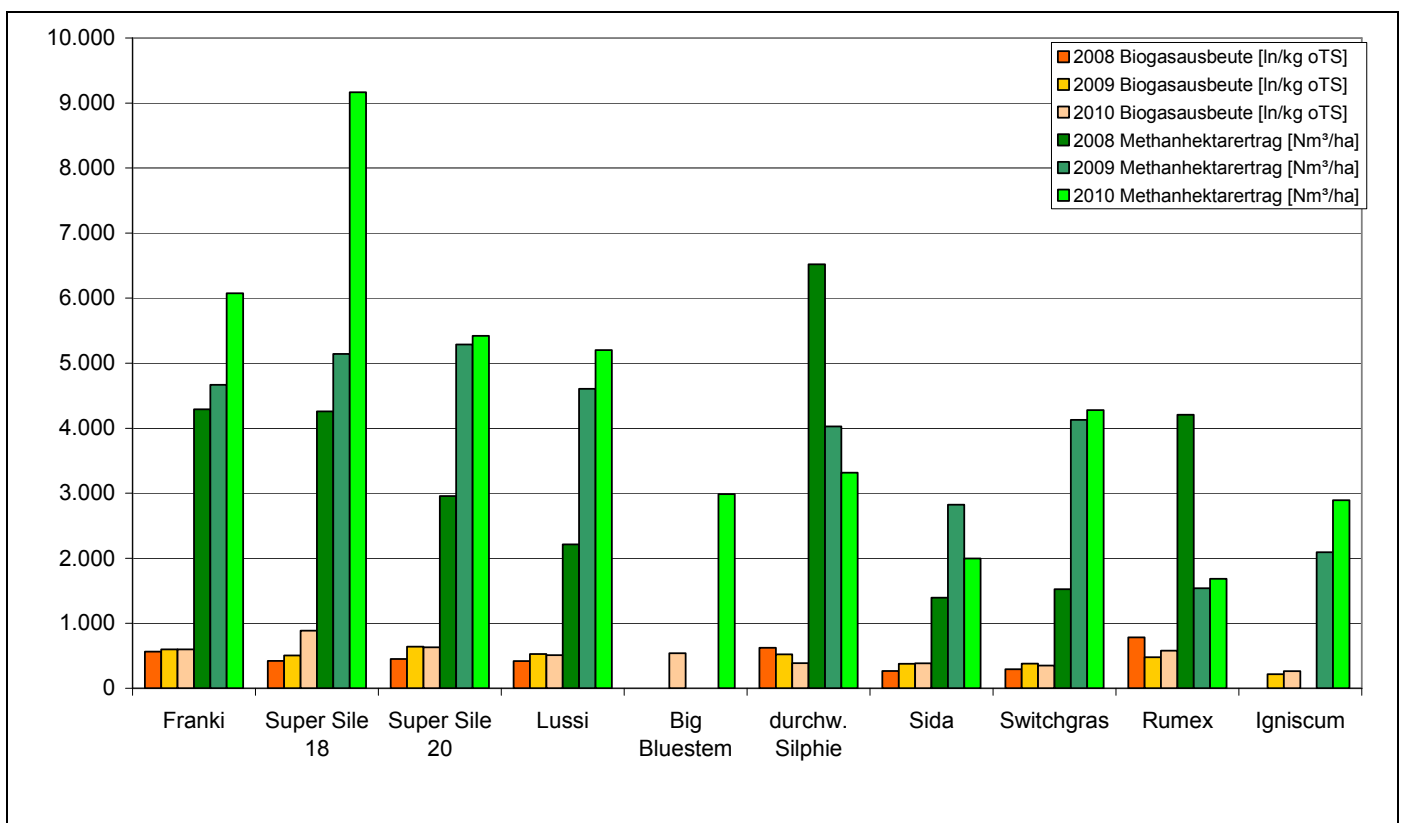


Abbildung 34: Biogasausbeute und Methanhektarerträge verschiedener Energiepflanzen

(Daten: LLFG Bernburg, Sachsen-Anhalt; schriftliche Mitteilung DR. RUMPLER vom 13.12.2010)

Erläuterungen zu den Pflanzenarten: Franki = Energiemaissorte; Super Sile 18 bzw. 20 = Zuckerhirsen; Lussi = Sudangrassorte; Big Bluestem = *Panicum gerardii* (Süßgras); durchwachsene Silphie = *Silphium perfoliatum* (Korbblütler); Sida = *Sida hermaphrodita* (Malvengewächs aus Nordamerika); Switchgras = *Panicum virgatum* (Rutenhirse); Rumex = Rumex OK2, Kreuzung aus Ampfer und Spinat; Igniscum = Kreuzung aus Japanischem und Böhmischem Knöterich

4 Umsetzungsempfehlungen für einen umweltgerechten Anbau von Energiepflanzen

4.1 Natur- und umweltverträglicher Anbau von Biomasse-Dauerkulturen

Vom Anbau mehrjähriger Energiepflanzen auf Ackerflächen – zum Beispiel in Form von Kurzumtriebsplantagen – gehen überwiegend positive Wirkungen aus, wenn die Anforderungen des Natur- und Umweltschutzes beachtet werden. Durch die Diversifizierung der Landschaftsstruktur wird die wildelebende Flora und Fauna deutlich gefördert.

Die Chancen für den Artenschutz werden durch eine möglichst breit differenzierte Anbaustruktur von Biomasse-Dauerkulturen gesteigert. Bei Kurzumtriebsplantagen wird als besonders vorteilhaft ein Nebeneinander unterschiedlich alter Bestände angesehen. Weiterhin können Arten- und Sortenmischungen der mehrjährigen Energiepflanzen sowie die Einbindung der Anbauflächen in die Landschaft mit Hilfe von Übergangshabitaten wie Hecken und Säumen deren naturschutzfachlichen Wert steigern. Beispielsweise sind in Kurzumtriebsplantagen positive Effekte für die Avifauna zu erwarten, wenn die Anbaustrukturen den Habitatansprüchen der Vogelarten entsprechen (DHONDT et al. 2004). Ansätze zur Gliederung von Landschaften mit Hilfe des Energieholzbaus oder anderer Dauerkulturen können den in Entwicklung befindlichen Agroforstsystemen entnommen werden. Unter bestimmten Voraussetzungen (abschnittsweise Beerntung, gut entwickelte Randstrukturen etc.) könnten KUP auch einen Beitrag zur Biotopvernetzung leisten, v. a. dann, wenn eine lange Standzeit gesichert werden kann (z. B. durch vertragliche Vereinbarungen).

Kurzumtriebsplantagen und andere Dauerkulturen tragen auch zum Boden- und Gewässerschutz bei, weil die Bodenerosion und die Auswaschung von Nährstoffen im Vergleich zur Ackernutzung deutlich reduziert werden kann. Der Schutz vor Erosion kann sowohl bei Gefährdungen auf den Anbauflächen selbst (On-Site) als auch bei Gefährdungen anderer Schutzgüter unterhalb potenzieller Erosionsflächen (Off-Site) wirksam werden.

Zeitlich begrenzte Gefährdungen in der Phase der Bestandsgründung sollten mit angepassten Bodenbearbeitungs- und Pflanzverfahren reduziert werden können; dazu bedarf es noch praxisgerechter Verfahrensentwicklungen, weil derzeit von der landwirtschaftlichen Beratung überwiegend konventionelle Bodenbearbeitungs- und Unkrautregulierungsverfahren empfohlen werden.

Das Bodengefüge und Bodenleben wird durch die Anlage von Dauerkulturen insgesamt positiv gefördert. Dem Gefügeschutz bei der winterlichen Ernte von schnellwachsendem Energieholz oder Miscanthus ist besondere Aufmerksamkeit zu widmen, weil bei den grundsätzlich hohen Bodenfeuchtegehalten im Winterhalbjahr massive Bodengefügeschäden nicht per se ausgeschlossen werden können. Auch hier besteht Entwicklungsbedarf für bodenschonende Ernteverfahren.

Aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes können im Wesentlichen folgende Empfehlungen zu Kurzumtriebsplantagen und anderen Dauerkulturen im Sinne von „ökologischen Leitplanken“ gegeben werden:

■ Flächeneignung:

KUP und andere hochwüchsige Dauerkulturen sollten nicht auf Flächen mit seltenen, schutzwürdigen Arten angelegt werden. Flächen mit strengem naturschutzfachlichen Schutzstatus (z. B. Naturschutzgebiete, FND, § 26 Biotope) sind vom Anbau von KUP regelmäßig auszunehmen. Im Falle von weniger strengen Schutzgebietskategorien wie Landschaftsschutzgebieten ist die Verträglichkeit des KUP-Anbaus mit den Zielen des Naturschutzes im Einzelfall (standortspezifische Bewertung) zu ermitteln (Kap. 2.2.6 und Abbildung 16). Die Kriterien des Teilvorhabens 2.1 bieten eine fachlich fundierte Entscheidungsgrundlage für die Auswahl geeigneter Flächen, auf denen Synergien zwischen dem Anbau von Energiepflanzen-Dauerkulturen wie KUP

oder Miscanthus und den Zielsetzungen des Boden- und Naturschutzes erwartet werden können (Kap. 2.2.6, speziell Tabelle 4). Der Anbau von Pflanzen zur energetischen Verwertung ist auf Ackerflächen grundsätzlich möglich. Ein Umbruch von Dauergrünland ist im Regelfall aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes abzulehnen.

■ **Flächengröße:**

Anstelle sehr großer Bestände sind viele kleinere Bestände aus naturschutzfachlicher Sicht vorzuziehen, weil damit ein größerer Grenzlinieneffekt erreicht werden kann.

■ **Flächenausrichtung:**

Die räumliche Anbindung an bestehende Biotope steigert den naturschutzfachlichen Wert von Dauerkulturen, weil sie von wildlebenden Pflanzen und Tieren besser als Teillebensraum genutzt werden können als isoliert liegende Dauerkulturen.

■ **Flächengestaltung, Strukturvielfalt:**

Eine möglichst hohe Strukturvielfalt der Dauerkulturen in Form von Begleitsäumen, Hecken, Fehlstellen bzw. Inselflächen natürlicher Vegetation etc. steigert deren naturschutzfachlichen Wert maßgeblich (vgl. Abbildung 12 bis Abbildung 15).

■ **Pflanzenauswahl:**

Die Strukturvielfalt von Dauerkulturen wird auch durch den Anbau unterschiedlicher Arten, Sorten bzw. Klone sowie durch räumlich gestaffelte Erntetermine gefördert. Der Anbau unterschiedlicher Arten, Sorten bzw. Klone kann in benachbarten Teilflächen oder in Pflanzstreifen erfolgen, um ggf. notwendigen abweichenden Ernteanforderungen gerecht werden zu können. Speziell in KUP sollte auch die Wuchsform berücksichtigt werden. Astreiche Wuchsformen bieten dem Grundsatz nach mehr Nistmöglichkeiten für Vögel als astarme Wuchsformen.

■ **Pflanzenschutz:**

Ein chemischer Pflanzenschutz sollte nur auf die Pflanzphase beschränkt werden, wenn mit anderen Mitteln eine hohe Anwuchsrate nicht sichergestellt werden kann.

■ **Düngung:**

Eine extensive Düngung ist an den Pflanzenentzügen unter Berücksichtigung der Bodenvorräte auszurichten. Auf eine Stickstoffdüngung kann zumeist verzichtet werden, weil zum einen die Ackerböden regelmäßig einen hohen N-Vorrat aufweisen und zum anderen die Ernteentzüge über die N-Einträge aus der Atmosphäre abgedeckt werden können. Weiterhin verringert die N-Düngung die Treibhausgasreduzierungsziele einer Dauerkultur zur energetischen Verwertung sehr stark, sodass auch aus diesem Grund nach Möglichkeit keine N-Düngung vorgenommen werden sollte.

■ **Bodengefügeschutz:**

Bodenbearbeitung, Ernte und Rückumwandlung von Dauerkulturen in Ackerflächen müssen dem Bodengefügeschutz ausreichend Rechnung tragen. Befahrungen im Winter zur Ernte sind nach Möglichkeit in Phasen mit Bodenfrost durchzuführen. Weiterhin kann die möglichst frühe Ernte Ende Oktober oder Anfang November – also unmittelbar nach Ende der Vegetationsperiode – zum Bodengefügeschutz beitragen, weil zu diesem Zeitpunkt die Böden im Regelfall nur oberflächlich wiederbefeuchtet sind, die Unterböden jedoch noch nicht. So können Gefügeschäden im Unterboden, die schlechter regenerieren als im Oberboden, vermieden werden. Zur bodenschonenden Rückumwandlung von Dauerkulturen besteht noch Entwicklungsbedarf.

■ **Schutz vor Bodenerosion (Wind, Wasser):**

Dauerkulturen bieten das Potenzial, um Wind- und Wassererosion zu vermeiden bzw. zu verringern. Dazu existiert eine Gebietskulisse aus dem Teilprojekt 2.1, die Bodenflächen mit standörtlichen Erosionsgefährdungen ausweist (Abbildung 16). In der Phase der Bestandsbegründung sollten offene Bodenoberflächen ohne Bewuchs oder Mulchdecke nach Möglichkeit vermieden werden, um der Erosionsgefährdung entgegenzuwirken. Ein Beispiel mit fehlender Bodenbedeckung vermittelt Abbildung 35.



Abbildung 35: KUP nach der Pflanzung

(Foto: © Ian Shield, Rothamsted Centre for Bioenergy and Climate Change, United Kingdom)

4.2 Natur- und umweltverträglicher Anbau von einjährigen Biomasse-Kulturen

Die Natur- und Umweltwirkungen des Anbaus einjähriger Kulturen werden im Wesentlichen durch die Fruchtfolgegestaltung, den Einsatz von Betriebsmitteln (Treibstoffe, Düngemittel und Pflanzenschutzmittel) und die Bodenbearbeitungsintensität gesteuert. Aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes sind vielfältige Fruchtfolgen mit geringen Dünge-, Pflanzenschutz- und Bodenbearbeitungsintensitäten grundsätzlich positiv zu beurteilen. Daraus folgt, jedwede Einschränkung der Anbauvielfalt und Intensivierung des Anbaus birgt Risiken für den Natur-, Boden- und Gewässerschutz.

Für die derzeitige Praxis des Anbaus einjähriger Energiepflanzen lässt sich festhalten, dass die Konzentration auf wenige rentable Kulturen, namentlich Mais und Raps, nicht den Zielsetzungen des Natur- und Umweltschutzes dient. In Sachsen sind landesweit betrachtet noch keine kritischen Anbauumfänge einzelner Kulturen erreicht. Jedoch ist auch in Sachsen auf Grund der Anbaugunst von Mais zur Biogasproduktion im Umfeld bestehender und geplanter Biogasanlagen lokal von kritischen Anbauumfängen auszugehen, die mit erhöhten Belastungen der Umwelt einhergehen können.

Vor diesem Hintergrund empfiehlt sich eine sächsische Energiepolitik, die die Risiken begrenzt, indem sie insbesondere vielfältige Fruchtfolgen mit standortangepassten Bewirtschaftungsintensitäten fördert. Positive Ansätze für eine Anbauvielfalt und für Alternativen zum Maisanbau liegen vor. Diese Ansätze gilt es aufzugreifen. Die Einführung in die landwirtschaftliche Praxis kann durch landwirtschaftliche Beratung und Demonstrationsvorhaben gefördert werden.

Aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes lassen sich folgende Anbauempfehlungen für einjährige Energiepflanzen formulieren: (vgl. u. a. MEYER-MARQUART et al. 2006, RODE et al. 2006, FNR 2010):

■ Vielfalt der Ackerkulturen:

Eine möglichst vielfältige Fruchtfolge ist anzustreben, die sowohl mit einer zeitlichen Aufweitung der Bearbeitungsverfahren als auch mit einer strukturellen Anreicherung der Feldflur verbunden ist. Eine Konzentration auf Mais oder Raps, die derzeit den Energiepflanzenanbau dominieren, ist aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes nicht zu empfehlen. Die positiven Ansätze zur Nutzung von Wildpflanzen oder neuer Kulturen als Alternativen zum Maisanbau sollten konsequent weiterverfolgt und mit Hilfe von Demonstrationsvorhaben in die Praxis eingeführt werden.

■ Mischfruchtanbau:

Mischsaaten bieten gegenüber Reinsaaten die Chance, dass auf Grund der unterschiedlichen Eigenschaften der Mischungspartner die Bestände stabiler auf Witterungsextreme reagieren können und der Schädlings- und Krankheitsdruck geringer ausfällt. Insofern ergeben sich Einsparpotenziale beim Betriebsmitteleinsatz (v. a. Pflanzenschutzmittel).

■ Zweikulturnutzungen:

Die Zweikulturnutzungen ermöglichen höhere Energieerträge. Jedoch stehen diesem Vorteil auch ökologische Nachteile gegenüber. Der frühe Erntetermin führt zu Störungen des Niederwildes oder der Bodenbrüter. Gleichzeitig wird im Vergleich zum klassischen Anbau von Winterungen die Erosionsgefährdung verstärkt, weil der schützende Pflanzenbestand zu einem Zeitpunkt abgeerntet wird, in dem die Wahrscheinlichkeit von Starkniederschlägen deutlich erhöht ist. Weiterhin ist in Regionen mit knappen Wasserangebot die Etablierung der Zweitkultur häufig nicht oder nur unsicher möglich, was eine weite Verbreitung dieser Nutzungsform in Sachsen einschränkt.

■ Zwischenfruchtanbau:

Der Zwischenfruchtanbau bietet nicht nur Chancen bei der Reduzierung der Erosionsgefährdung, der Stabilisierung des Bodengefüges und der Absicherung der Humusversorgung der Böden. Gleichzeitig kann der Aufwuchs prinzipiell auch noch einer energetischen Nutzung zugeführt werden. Im Interesse der eingangs genannten Bodenschutzziele sollte jedoch die Nutzung des Zwischenfruchtaufwuchses auf Standorte beschränkt werden, die keine besondere Erosionsgefährdung aufweisen. Auf erosionsgefährdeten Böden wird der Verbleib des Aufwuchses als schützende Mulchschicht für notwendig erachtet. Der Verbleib des Aufwuchses ist auch dann zu empfehlen, wenn eine Stabilisierung und Verbesserung des Bodengefüges sowie der Humusbilanz im Vordergrund stehen.

■ Bodenbearbeitung:

Unabhängig von der Verwendungsform von Nutzpflanzen als Nahrungs- oder Futtermittel bzw. als Energielieferant sollte die im letzten Jahrzehnt bereits erkennbare positive Entwicklung im Freistaat Sachsen hin zu mehr konservierenden Bodenbearbeitungsverfahren weiter vorangetrieben werden.

■ Anlagengröße:

Aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes werden kleinere, dezentrale Anlagen zur energetischen Verwertung von Biomasse bevorzugt. Mit dezentralen Anlagen lassen sich die negativen Anbaukonzentrationen im Umfeld von Großanlagen vermeiden.

5 Fachliche Gesamteinschätzung

Der Anbau von Energiepflanzen bietet für den Natur- und Umweltschutz Chancen, wenn Anforderungen an die Flächenauswahl und Bewirtschaftung berücksichtigt werden. Indes ist der Anbau von mehrjährigen Energiepflanzen nicht dazu geeignet, die Ziele des Natur- und Umweltschutzes umfassend zu erfüllen. Dies ist zum einen in divergierenden Nutzungszielen und zum anderen in der aktuell geringen Flächenausdehnung begründet. Der Energiepflanzenanbau in der Landwirtschaft zielt – ebenso wie die Produktion von pflanzlichen Lebens- und Futtermitteln – auf die betriebswirtschaftliche Optimierung der Biomasseproduktion ab. Dieses Ziel kollidiert mit den Anforderungen des Natur- und Umweltschutzes, die eher extensive Nutzungsformen erfordern. Weiterhin hat der Anbau ein- und mehrjähriger Energiepflanzen mit derzeit rund 1,83 Mio. Hektar Anbaufläche zwar einen Anteil von rund 15 Prozent der Ackerfläche Deutschlands erreicht (Quelle: <http://www.fnr.de>). Dennoch wird, auch wenn weitere Zuwächse zu erwarten sind, der Energiepflanzenanbau auch in absehbarer Zukunft die Produktion von Lebens- und Futtermitteln nicht von ihrer dominanten Position verdrängen. Auch aus diesem Grund sind keine durchgreifenden Änderungen zugunsten des Natur- und Umweltschutzes in der Landwirtschaft zu erwarten.

Anzustreben ist eine ausbalancierte Nutzungsvielfalt zwischen einer hinreichenden Eigenversorgung mit Nahrungs- und Futtermitteln auf der einen Seite und einem ergänzenden Anbau von Energiepflanzen auf der anderen Seite. Dabei sind die im Kap. 4 genannten Umsetzungsempfehlungen im Sinne von ökologischen Leitplanken soweit wie möglich umzusetzen.

Für die Energiegewinnung aus Biomasse sollten vorrangig organische Reststoffe wie tierische Exkremente, Erntereste, Landschaftspflegematerial oder Aufwuchs von Überschussgrünland verwendet werden. Ergänzend erfolgt der Anbau von Energiepflanzen. Durch eine gezielte Flächenauswahl lassen sich dabei Synergien für den Natur- und Umweltschutz realisieren. Hier bieten die Ergebnisse des Verbundvorhabens eine gute Grundlage, um Anbauflächen für Energiepflanzen mit Synergieeffekten für den Natur- und Umweltschutz auszuwählen.

Als ökologisch besonders vorteilhaft sind insbesondere der Streifenanbau bzw. die Agroforstsysteme zu bewerten. Der kleinräumige Wechsel zwischen klassischen Ackerkulturen und Energiepflanzen fördert auf Grund der damit verbundenen Rand- und Saumeffekte die Biodiversität.

Konkrete Hinweise auf einen natur- und umweltgerechten Energiepflanzenanbau gehen aus den zusammengestellten Forschungs- und Projektergebnissen hervor. Dabei trägt insbesondere eine standortangepasste Nutzungsvielfalt mit geringer Düngungs- und Pflanzenschutzintensität zu den Zielen des Natur- und Umweltschutzes bei. Die Nutzungsvielfalt kann durch den Anbau unterschiedlicher Energiepflanzen erreicht werden. Dazu bieten sich neben dem derzeit dominierenden Mais- und Rapsanbau vielfältige andere Pflanzenarten an, die zudem in extensiven Anbausystemen hohe Energieerträge und gleichzeitig geringe CO₂-Vermeidungskosten ermöglichen. Laufende Pilot- und Praxisversuche werden hier in naher Zukunft weitere Ergebnisse bereitstellen.

Gerade extensive Anbausysteme für Bioenergiepflanzen, die gleichzeitig hohe Energieerträge je Hektar und geringe CO₂-Vermeidungskosten miteinander verbinden, bieten die Chance, Produktions- und Schutzziele miteinander zu vereinen. Hierzu müssen kreative und betriebswirtschaftlich tragfähige Umsetzungsstrategien von den Akteuren vor Ort gefunden werden. Hinweise, wie Hemmnisse abgebaut und die Umsetzung gefördert werden können, liegen bereits vor. Die Landwirtschaft sollte die Chancen nutzen, mit dem Energiepflanzenanbau sowohl Ziele des Natur- und Umweltschutzes zu unterstützen als auch ihr Image in Politik und Bevölkerung zu verbessern.

Um die zum Teil gegenläufigen Erwartungen an den Energiepflanzenanbau aus landwirtschaftlicher und energiepolitischer Sicht auf der einen Seite und aus natur- und umweltschutzfachlicher Sicht auf der anderen Seite zu entflechten, sollte zwischen Vorrangflächen für die Produktion bzw. für den Natur- und Umweltschutz differenziert werden. Dieses im Naturschutz als partielle Segregation bezeichnete Nutzungskonzept, welches zwischen Nutz- und Schutzflächen in kleinflächigen Nutzungsmustern unterscheidet, bedeutet für den Energiepflanzenanbau im übertragenen Sinn, dass die Anbauintensität der Energiepflanzen standortabhängig variiert werden kann. Auf Standorten ohne besondere Risiken für den Natur- und Umweltschutz kann die Intensität des Energiepflanzenanbaus an den Anforderungen des Agrarrechts ausgerichtet werden, mithin also auch intensiver erfolgen, um optimale Energieerträge zu erwirtschaften. Im Gegensatz dazu bietet sich die Chance, auf Standorten mit erkennbaren Risiken für den Natur- und Umweltschutz die Anbauintensität zugunsten der spezifischen Schutzziele zurückzunehmen. Für Kurzumtriebsplantagen haben das z. B. CARLE & HOLMGREN (2008) und SCHMIDT & GEROLD (2010) beschrieben. Die partielle Segregation bietet die Chance, den nicht auflösbaren Konflikt zwischen der ausschließlichen Orientierung an Produktions- einerseits und den Natur-/Umweltschutzzielen andererseits zu entflechten und pragmatische bzw. umsetzbare Lösungen zu finden.

Für die Beurteilung der Flächeneignung zum Anbau von Energiepflanzen mit der spezifischen Zielsetzung „Natur- und Umweltschutz“ stehen fachlich fundierte Bewertungsmethoden zur Verfügung. FEGER et al. (2010) haben für Sachsen eine entsprechende Flächenkulisse für KUP abgeleitet. Innerhalb dieser Flächenkulisse kann anhand der Bedingungen vor Ort entschieden werden, ob mit dem Energiepflanzenanbau gleichzeitig Synergien zum Natur- und Bodenschutz ausgelöst werden können. Ähnliche Bewertungsansätze liegen zum Beispiel auch von BUSCH (2010) für Gemeinden in Niedersachsen vor. Spezifischen Auswirkungen auf die Zielsetzungen des Gewässerschutzes kann in Sachsen mit dem Modell STOFFBILANZ (GEBEL et al. 2010) nachgegangen werden.

Dennoch werden nicht alle Zielsetzungen des Natur- und Umweltschutzes allein durch einen angepassten, extensiven Energiepflanzenanbau realisiert werden können. So unterstreichen SCHÜMANN et al. (2009), dass mit der Definition von Naturschutzstandards für den Biomasseanbau allein die Ziele des Naturschutzes nicht erreicht werden können. Stattdessen empfehlen die Autoren die Integration extensiv oder nicht genutzter Flächen in die Agrarlandschaft sowie eine allgemeine naturschutzorientierte Anreicherung mit biotisch wichtigen Strukturelementen. Für diesen Ansatz prägten die Autoren den Begriff „Integrierte Biodiversitätsflächen“. Der Anbau von Energiepflanzen kann dazu einen Beitrag leisten, insbesondere wenn es sich um mehrjährige

Kulturen handelt. Angesichts dieser Zielsetzung werden die Weiterentwicklung und der Ausbau von Agrarumweltprogrammen als besonders sinnvoll und auch mittelfristig aussichtsreich angesehen, um integrierte Biodiversitätsflächen zu implementieren. Die Maßnahmen müssen dabei für die Partner (Landwirte) ausreichend finanziell attraktiv sein und stets eine betriebsbezogene Beratung beinhalten, um Akzeptanz und Effektivität sicherzustellen. Die Autoren sehen bei einer entsprechenden Gestaltung der Förderinstrumentarien die Chance, dass im Rahmen des EEG zum Beispiel für den Biomasseanbau in Form von integrierten Biodiversitätsflächen Anreize geschaffen werden.

Für die speziellen Zielsetzungen des Klimaschutzes sind eine möglichst hohe Energieeffizienz und möglichst geringe CO₂-Vermeidungskosten bedeutsam. Im Interesse einer günstigen Treibhausgasbilanz sollte auf eine mineralische Düngung – insbesondere eine mineralische Stickstoffdüngung – weitgehend verzichtet oder nur eine extensive Düngung vorgenommen werden.

Die Energieerzeugung mit Hilfe von Dauerkulturen wie zum Beispiel Kurzumtriebsgehölze, Miscanthus oder mehrjährige Kraut- und Gräseransaat ist vom Flächenumfang derzeit in Sachsen von geringer Bedeutung. Auf Grund der möglichen Synergien zum Natur-, Boden- und Gewässerschutz ist eine Ausdehnung des umweltgerechten Anbaus derartiger Dauerkulturen zu empfehlen. Damit könnten ökologische Zielsetzungen schutzgüterübergreifend durch einen räumlich gesteuerten Anbau von Energiepflanzen-Dauerkulturen im Agrarraum realisiert werden, ohne dass der landwirtschaftlichen Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln grundlegend Konkurrenz gemacht würde. Vom Grundsatz her basieren die aktuellen Projektergebnisse auf diversitätsfördernden Maßnahmen im Agrarraum wie sie für Sachsen bereits beispielhaft in den Berichten „Kriterienkatalog zur Gestaltung von Ackerschlägen im Agrarraum – Landschaftsökologische Aspekte“ von FELDWISCH et al. (2000) und „Ableitung ökologisch relevanter Flächennutzungsänderungen sowie zeitlich invarianter Nutzungen in einem Teilbereich des Mittelsächsischen Lösshügellandes“ vom LANDSCHAFTSPLANUNGSBÜRO GEOBILD (2002) formuliert wurden.

Um den Flächenumfang von Dauerkulturen mit Synergiewirkungen zum Natur-, Boden- und Gewässerschutz in Sachsen auszuweiten, bedarf es einer gezielten Agrar- und Umweltpolitik des Freistaates Sachsen. Diese politische Initiative kann in der Finanzierung von entsprechend ausgelegten Demonstrations- oder Forschungs- und Entwicklungsvorhaben münden. Ferner sollte über Agrarfördermaßnahmen und angepasste Steuerungsinstrumente im Zuge der EEG-Novellierung oder der Weiterentwicklung der Nachhaltigkeits-VO für den Anbau fester Biomasse zur energetischen Verwertung nachgedacht werden.

Diese politische Initiative sollte auf eine Gebietskulisse ausgerichtet werden, welche die energiepolitischen Zielsetzungen zur Steigerung des Energiepflanzenanbaus mit ökologischen Zielsetzungen des Natur-, Boden- und Gewässerschutzes in Einklang bringt. Neben der räumlichen Lenkungswirkung der zu entwickelnden Fördermaßnahmen sind auch ökologische Randbedingungen bei der Anlage und der Bewirtschaftung von Energiepflanzen zu berücksichtigen. Dazu gibt der vorliegende Bericht umfangreiche Hinweise.

Von zentraler Bedeutung für ökologische Vorteilswirkungen ist die Strukturvielfalt und Anbauintensität des Energiepflanzenanbaus. Hierzu bieten jüngste Projektergebnisse zur Anbauvielfalt auch bei einjährigen Energiepflanzen, insbesondere als alternative Gärsubstrate für Biogasanlagen anstelle der derzeit dominant verwendeten Maissubstrate, wichtige Praxishinweise. Bei Dauerkulturen sind naturnahe Saumstrukturen mit autochthonen Begleitgehölzen aus ökologischer Sicht zielführend. Durch die räumliche Lenkung des Energiepflanzenanbaus insbesondere von Dauerkulturen auf z. B. empfindliche Böden (Wind- und Wassererosion oder als Puffer um naturschutzfachlich bedeutsame Biotope und Lebensraumtypen) können landwirtschaftliche Zielsetzungen im Sinne des § 17 Bundes-Bodenschutzgesetz zur guten landwirtschaftlichen Praxis und ökologische Zielsetzungen miteinander in Einklang gebracht werden.

Derzeit noch vorhandene Hemmnisse eines verstärkten umweltgerechten Anbaus von Energiepflanzen wie zum Beispiel technische und logistische Praxislösungen für den dezentralen und streifenförmigen Anbau eines möglichst artenreichen Energiepflanzenspektrums sollten durch Forschungs- und Entwicklungsvorhaben ausgeräumt werden. Bereits praxismgerechte Lösungen können mit Hilfe von Praxis- und Demonstrationsvorhaben den praktizierenden Landwirten besser bekannt gemacht werden.

6 Literaturverzeichnis

- BACH, M. (2000): Gewässerrandstreifen – Aufgaben und Pflege. In: Konold, W., Böcker, R., Hampicke, U. (Hrsg.): Handbuch Naturschutz, Landschaftspflege. Loseblattsammlung XIII – 7.15, ecomed, Landsberg/Lech, S. 1-9.
- BACH, M. J. FABIS, H.-G. FREDE (1994): Schutzfunktionen von Uferstreifen für Gewässer im Mittelgebirgsraum. *Wasserwirtschaft* 84 (10), S. 524-527.
- BARDEN C. J., K. R. MANKIN, D. NGANDU, W. A. GEYER, D. L. DEVLIN, K. McVAY (2003): Assessing the Effectiveness of Various Riparian Buffer Vegetation Types. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service Manhattan, Kansas 66506. SRL 137, March 2003. <http://www.oznet.ksu.edu/library/forst2/SRL137.pdf>
- BARKOWSKA, H., B. STYK, R. MOLAS (2006): Staude mit Potential – Sida als Energie- und Faserpflanze. *Zeitschrift energiepflanzen II/2006*, S. 12-13.
- BAUM, S., M. WEIH, G. BUSCH, F. KROIHER, A. BOLTE (2009): The impact of Short Rotation Coppice plantations on phytodiversity. *Landbauforschung – vTI Agriculture and Forestry Research* 3 2009 (59), p. 163-170.
- BEDARD-HAUGHN, A., K. W. TATE, C. VAN KESSEL (2004): Using Nitrogen-15 to Quantify Vegetative Buffer Effectiveness for Sequestering Nitrogen in Runoff. *J. Environ. Qual.*, Vol. 33, p. 2252–2262, November–December 2004.
- BEMMANN, A., C. KNUST (Hrsg.): AGROWOOD – Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven. Weißensee Verlag, Berlin.
- BENDER, B., A. CHALMIN, T. REEG, W. KONOLD, K. MASTEL, H. SPIECKER (2009): Moderne Agroforstsysteme mit Werthölzern – Leitfaden für die Praxis. Broschüre, 51 S. <http://www.agroforst.uni-freiburg.de/download/agroforstsysteme.pdf>
- BfN – BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (2010a): Bioenergie und Naturschutz – Synergien fördern, Risiken vermeiden.
- BfN – BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (2010b): Energieholzanbau auf landwirtschaftlichen Flächen. Auswirkungen von Kurzumtriebsplantagen auf Naturhaushalt, Landschaftsbild und biologische Vielfalt. Anbauanforderungen Empfehlungen des BfN.
- BRUNS, E. (2008): Die naturschutzrechtliche Eingriffsregelung – Anforderungen an die Kompensation. Vortrag auf der Fachveranstaltung des BfN „Energieholz auf dem Acker – zwischen Eingriff und Ausgleich“ in der Internationale Naturschutzakademie Insel Vilm vom 01.09. bis 04.09.2008. http://www.bfn.de/0610_v_energieholz.html, Aufruf am 03.12.2010.
- BUND – BUND FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DEUTSCHLAND (2010): Kurzumtriebsplantagen für die Energieholzgewinnung – Chancen und Risiken. *BUNDpositionen* 55, Juli 2010.
- BURGER, F. J. (2010): Bewirtschaftung und Ökobilanzierung von Kurzumtriebsplantagen. Dissertation an der Technischen Universität München, Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt, Lehrstuhl für Holzkunde und Holztechnik. 167 S.
Link: http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=1010256432&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=1010256432.pdf
- BUSCH, G. (2010): Landschaftsökologische Bewertung – Projektergebnisse am Beispiel der Samtgemeinden Suderburg und Rosche im Landkreis Uelzen. In: DBU (2010): Kurzumtriebsplantagen – Handlungsempfehlungen zur naturverträglichen Produktion von Energieholz in der Landwirtschaft. Ergebnisse des Projektes Novalis. S. 54-73.
- BUTTERBACH-BAHL, K., C. WERNER, E. HAAS, J. PALM, C. SCHEER, S. BLAGODATZKY (2010): N₂O-Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden im Bundesland Sachsen 1996 – 2005. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.
- CARLE, J., P. HOLMGREN (2008): Wood from planted forests – A global outlook 2005-2030. *Forests Products Journal* 58 (12), p. 6-18.
- CHALMIN, A., K. MASTEL, A. MÖNDEL, M. OELKE, S. WEISSENBURGER (2009): Moderne Agroforstsysteme in Deutschland – Aspekte der landwirtschaftlichen Produktion von Agroforstsystemen. In: Spieker et al. (2009): Neue Optionen für eine nachhaltige Landnutzung – Schlussbericht des Projektes *agroforst*, S. 15-143.
http://www.agroforst.uni-freiburg.de/download/BMBF0330621_24-11-09.pdf
- DBU – DEUTSCHE BUNDESSTIFTUNG UMWELT (Hrsg.) (2010): Kurzumtriebsplantagen – Handlungsempfehlungen zur naturverträglichen Produktion von Energieholz in der Landwirtschaft. Ergebnisse des Projektes Novalis.
- DHONDT, A., P. H. WREGE, K. V. SYDENSTICKER, J. CERRETANI (2004): Clone preference by nesting birds in short-rotation coppice plantations in central and western New York. *Biomass and Bioenergy* 27, p. 429-435.
- DILLAHA, T.A., R.B. RENEAU, S. MOSTAGHIMI, D. LEE (1989): Vegetative filter strips for agricultural non point source pollution control. *Transactions of the ASAE*. 32/2, p. 513-519.

- DIMITRIOU, I., G. BUSCH, S. JACOBS, P. SCHMIDT-WALTER, N. LAMERSDORF (2009): A review of the impacts of Short Rotation Coppice cultivation on water issues. *Landbauforschung – vTI Agriculture and Forestry Research* 3 2009 (59), p. 197-206.
- DIMITRIOU, I. et al. (Autorenkollektiv) (2011): Quantifying environmental effects of Short Rotation Coppice (SRC) on biodiversity, soil and water. IEA BIOENERGY: Task 43: 2011:01.
 Link: http://142.150.176.36/task43/images/meeting%20documents/Quantifying%20environmental%20effects%20of%20SRC_draft%20for%20web%20110315.pdf
- DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL (2010): Erzeugung von Biomasse für die Biogasgewinnung unter Berücksichtigung des Boden- und Gewässerschutzes. DWA-Merkblatt 907, Hennef.
- FABIS, J. (1995): Retentionsleistung von Uferstreifen im Mittelgebirgsraum. *Boden und Landschaft. Schriftenreihe zur Bodenkunde, Landeskultur und Landschaftsökologie*, Bd. 2. Gießen: Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung.
- FEGER, K.-H., R. PETZOLD, P. A. SCHMIDT, T. GLASER, A. SCHROIFF, N. DÖRING, N. FELDWISCH, C. FRIEDRICH, W. PETERS, H. SCHMELTER (2010): Biomassepotenziale in Sachsen. Standortpotenziale, Standards und Gebietskulissen für eine natur- und bodenschutzgerechte Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung in Sachsen unter besonderer Berücksichtigung von Kurzumtriebsplantagen und ähnlichen Dauerkulturen. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.
- FELDWISCH, N. D. MEYER-MARQUART, K. MÜLLER-PFANNENSTIEL, R. SIGL, A. MÜLLER (2000): Kriterienkatalog zur Gestaltung von Ackerschlägen im Agrarraum – Landschaftsökologische Aspekte. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden. Bericht zum F&E-Vorhaben, Aktenzeichen: 13.8802.3564/1. <http://www.smul.sachsen.de/umwelt/8680.htm>
- FELDWISCH, N., I. MÜLLER, B. MARSCHNER (2004): Immobilisierung von Schadstoffen – ein neuer Weg der Gefahrenabwehr bei flächenhaften schädlichen Bodenveränderungen für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze? *Zeitschrift Bodenschutz* 4/04, S. 124-131.
- FNR – FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V. (Hrsg.) (2010): Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen. http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_335-eva_2010.pdf
- FRITSCH, U. R., K. J. HENNINGENBERG, A. HERMANN, K. HÜNECKE, R. HERRERA, H. FEHRENBACH, E. ROTH, A. HENNECKE, J. GIEGRICH (2010): Entwicklung von Strategien und Nachhaltigkeitsstandards zur Zertifizierung von Biomasse für den internationalen Handel. UBA-Texte 48/2010. <http://www.uba.de/uba-info-medien/3960.html>, Zugriff am 3.12.2010.
- GAUGER, T. (2008): Forschungsarbeiten an der Universität Stuttgart – Nationale wirkungsorientierte Kartierung der Luftschadstoff-Belastung in Deutschland. Vortrag auf dem 5. ESRI Anwendertreffen Baden-Württemberg, Stuttgart, 26.06.2008. (Online unter: http://www.hft-stuttgart.de/VermessungGeoinformatik/veranstaltungen/aktuell/esri/VermessungGeoinformatik/veranstaltungen/Vortragsdaten/esri2008/Gauger_2008.pdf)
- GAUL, T. (2010): Material aus der Landschaftspflege sinnvoll nutzen. *forum new power – magazin für erneuerbare rohstoffe und energie*, Ausgabe 3/2010, S. 26-27.
- GEBEL, M., HALBFAß, S., BÜRGER, S., UHLIG, M., GRUNEWALD, K., KAISER, M. (2009): STOFFBILANZ – Modellerläuterung. In: <http://www.stoffbilanz.de>, Zugriff am 30.04.2010.
- GEBEL, M. S. HALBFAß, S. BÜRGER, K. GRUNEWALD, C. LORZ (2010): Nachwachsende Rohstoffe – Wirkungen auf Wasserhaushalt und Gewässerschutz. Erfassung und Bewertung der im Zusammenhang mit dem Anbau nachwachsender Rohstoffe stehenden Wirkungen auf Wasserhaushalt und Gewässerschutz sowie Ableitung von Maßnahmen für eine gewässerschutzverträgliche Realisierung und Entwicklung des künftigen Anbaues nachwachsender Rohstoffe in Sachsen. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.
- GEOBILD (2002): Ableitung ökologisch relevanter Flächennutzungsänderungen sowie zeitlich invarianter Nutzungen in einem Teilbereich des Mittelsächsischen Lösshügellandes. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden.
- GEROLD, D., D. LANDGRAF, L. BÖCKER (2008): Vorschläge für Bewirtschaftungsstrategien von Kurzumtriebsplantagen basierend auf Erfahrungen der letzten Jahre. Vortrag auf der 3. Fachtagung „Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen“ am 28. bis 30. April 2008 in Cottbus.
- GLASER, T., P. A. SCHMIDT (2010): Auswirkungen von Kurzumtriebsplantagen auf die Phytodiversität. In: Bemann, A., C. Knust (Hrsg.): *AGROWOOD – Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven*. Weißensee Verlag, Berlin, S. 153-161.
- GRUNERT, M. (2010): Stand, Potentiale und Schwerpunkte für Bioenergie in Sachsen. Vortrag auf der LfULG-Veranstaltung „Energieerzeugung aus Biomasse – pro und kontra“, Dresden, 25.10.2010. http://www.bioenergieportal.info/fileadmin/bioenergie-beratung/sachsen/dateien/Vortraege/Vortrag_LfULG_-2010_10_25.pdf, Zugriff am 3.12.2010.

- HALBFAß, S., GEBEL, M., FRIESE, H., GRUNEWALD, K., MANNSFELD, M. (2009): Atlas der Nährstoffeinträge in sächsische Gewässer. Hrsg. v. Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.
- HEIMRICH, J., A. BEMMANN, D. GEROLD (2010): Integration einer Kurzumtriebswirtschaft in landwirtschaftliche Betriebe sowie innovative Managementsysteme. In: Bemann, A., C. Knust (Hrsg.): AGROWOOD – Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven. Weißensee Verlag, Berlin, S. 139-145.
- HELBIG, C., M. MÜLLER (2008): Potenzielle biotische Schadfaktoren in Kurzumtriebsplantagen. Vortrag auf der 3. Fachtagung „Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen“ am 28. bis 30. April 2008 in Cottbus.
- HELBIG, C., M. MÜLLER (2010): Habitatqualität von Kurzumtriebsplantagen für die epigäische Fauna am Beispiel der Laufkäfer (Coleoptera, Carabidae). In: Bemann, A., C. Knust (Hrsg.): AGROWOOD – Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven. Weißensee Verlag, Berlin, S. 147-152.
- HELLEBRAND, H. J., J. KERN, V. SCHOLZ (2003): Longterm studies on greenhouse gas fluxes during cultivation of energy crops on sandy soils. *Atmospheric Environment* 37, p. 1635–1644.
- KRAFT, W. (2008): Kurzumtriebsplantagen – Eignung als Kompensationsmaßnahme? Vortrag auf der Fachveranstaltung des BfN „Energieholz auf dem Acker – zwischen Eingriff und Ausgleich“ in der Internationale Naturschutzakademie Insel Vilm vom 01.09. bis 04.09.2008. http://www.bfn.de/0610_v_energieholz.html, Aufruf am 03.12.2010.
- KRÖBER, M., J. HEINRICH, P. WAGNER (2008): Energieholzanbau aus der Sicht des Landwirts – Dafür oder Dagegen? Vortrag auf der 3. Fachtagung „Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen“ am 28. bis 30. April 2008 in Cottbus.
- KRÖBER, M., J. HEINRICH, P. WAGNER, J. SCHWEINLE (2010): Ökonomische Bewertung und Einordnung von Kurzumtriebsplantagen in die gesamtbetriebliche Anbaustruktur. In: Bemann, A. & C. Knust (Hrsg.): AGROWOOD. Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven. Weißensee Verlag, Berlin. S. 217-229.
- KRÖHER, F. S. BAUM, A. BOLTE (2010): Pflanzenvielfalt. In: DBU (Hrsg.): Kurzumtriebsplantagen – Handlungsempfehlungen zur naturverträglichen Produktion von Energieholz in der Landwirtschaft. Ergebnisse des Projektes Novalis.
- LAMERSDORF, N., J. BIELEFELDT, A. BOLTE, G. BUSCH, A. DOHRENBUSCH, C. KNUST, F. KROIHER, U. SCHULZ, B. STOLL (2008): Naturverträglichkeit von Agrarholzanpflanzungen – Erste Ergebnisse aus dem Projekt NOVALIS. In DENDROM (Hrsg.) Holzerzeugung in der Landwirtschaft, Cottbuser Schriften zur Ökosystemgenese u. Landschaftsentwicklung 6, S. 19–32.
- LAMERSDORF, N., R. PETZOLD, K. SCHWÄRZEL, K.-H. FEGER, B. KÖSTNER, U. MODEROW, C. BERNHOFER, C. KNUST (2010): Bodenökologische Aspekte von Kurzumtriebsplantagen. In: Bemann, A., C. Knust (Hrsg.): AGROWOOD – Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven. Weißensee Verlag, Berlin, S. 170-188.
- LAMERSDORF, N., H. SCHULTE-BISPING (2010): Impact of short rotation forestry on soil ecological services. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. 1 – 6 August 2010, Brisbane, Australia. Published on DVD.
- LANDGRAF, D., L. BÖCKER (2010): Kurzumtriebsplantagen auf Sonderstandorten. In: Bemann, A., C. Knust (Hrsg.): AGROWOOD – Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven. Weißensee Verlag, Berlin, S. 54-63.
- LFL – SÄCHSISCHE LANDESANSTALT LANDWIRTSCHAFT (Hrsg.) (2003): Modellierung verschiedener Szenarien der Grünlandnutzung bei sinkenden Tierbeständen im Freistaat Sachsen. Abschlussbericht vom Mai 2003.
- LWG – BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WEINBAU UND GARTENBAU (2009): Energetische Verwertung von kräuterreichen Ansaaten in der Agrarlandschaft und im Siedlungsbereich – eine ökologische und wirtschaftliche Alternative bei der Biogasproduktion. 1. Zwischenbericht zum Forschungsvorhaben Nr. 22005308 (08NR053). Gefördert durch Fachagentur Wachsende Rohstoffe.
- MEYER-MARQUART, D., N. FELDWISCH, T. LENDVACZKY (2006) Vorstudie – Rahmenbedingungen und Potenziale für eine natur- und umweltverträgliche energetische Nutzung von Biomasse im Freistaat Sachsen. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden.
http://www.umwelt.sachsen.de/de/wu/umwelt/lfug/lfug-internet/documents/LfUG_Biomasse_Abschlussberichtneu.pdf
- MÖNDEL, A. (o. J.): Ertragsmessungen in Winterroggen – der Ertragseinfluss einer Windschutzanlage in der oberrheinischen Tiefebene. http://www.agroforst.uni-freiburg.de/download/ertrag_winterroggen.pdf, Zugriff am 3.12.2010.
- MÜNCH, J. (2008): Nachhaltig nutzbares Getreidestroh in Deutschland. Positionspapier des Instituts für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (IFEU) GmbH, Heidelberg.
- NABU – NATURSCHUTZBUNDE DEUTSCHLAND (2008): Energieholzproduktion in der Landwirtschaft – Chancen und Risiken aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes.

- NEHRING, A., A.VETTER (2008): Biogas aus Getreide. Welche Sorten- und Artenmischungen für den GPS-Anbau? Innovation 3/2008, S. 13-15. <http://www.dsv-saaten.de/data/pdf/0a/01/00/3-07-biogas-aus-getreide.pdf>, Zugriff am 3.12.2010.
- ÖKOTOP GbR (2010): Strategisches Maßnahmenkonzept und Abgrenzung einer Gebietskulisse zum Schutz des Feldhamsters im Raum Delitzsch. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.
- PRETZSCH, J., C. SKODAWESSELY (2008): Beratungsinstrumentarium zur Etablierung von Kurzumtriebsplantagen. Vortrag auf der 3. Fachtagung „Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen“ am 28. bis 30. April 2008 in Cottbus.
- PUSCHENREITER et al. (2008): SUMATECS – Sustainable management of trace element contaminated soils – Development of a decision tool system and its evaluation for practical application. Project No. SN-01/20, Final Research Report. http://www.snowman-era.net/downloads/SUMATECS_FINAL_REPORT.pdf, Zugriff am 3.12.2010.
- REICHENBERGER, S., M. BACH, A. SKITSCHAK, H.-G. FREDE (2007): Mitigation strategies to reduce pesticide inputs into ground- and surface water and their effectiveness; A review. Science of the Total Environment 384 (2007), p. 1-35.
- RL AuW/2007 (2010): Richtlinie des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft zur Förderung von flächenbezogenen Agrarumweltmaßnahmen und der ökologischen Waldmehrung im Freistaat Sachsen (Förderrichtlinie Agrarumweltmaßnahmen und Waldmehrung – RL AuW/2007) – SächsABl. Jg. 2007, Bl.-Nr. 49, S. 1694, ber. 2008, S. 228, Gkv-Nr.: 5563-V07.8, geändert mit Änderungsrichtlinie vom 30. Dezember 2009, Fassung gültig ab: 13.01.2010
- RL NE/2007 (2009): Richtlinie des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft für die Förderung von Maßnahmen zur Sicherung der natürlichen biologischen Vielfalt und des natürlichen ländlichen Erbes im Freistaat Sachsen (Förderrichtlinie Natürliches Erbe – RL NE/2007) – SächsABl. Jg. 2008, Bl.-Nr. 5, S. 218, Gkv-Nr.: 5563-V08.2, Fassung gültig ab: 14.08.2009.
- RODE, M., C. SCHNEIDER, G. KETELHAKE, D. REIßAUER (2006): Naturschutzverträgliche Erzeugung und Nutzung von Biomasse zur Wärme- und Stromgewinnung – Ergebnisse aus dem F+E-Vorhaben 80283040 des Bundesamtes für Naturschutz. BfN-Skripten, 136, Bonn, 183 S.
- RÖDL, A. (2008): Ökobilanzierung der Holzproduktion im Kurzumtrieb. Arbeitsbericht des Instituts für Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft Nr. 3/2008, Hamburg.
- RÖDL, A., J. SCHWEINLE (2010): Ökobilanz des Anbaus von Kurzumtriebsplantagen sowie der energetischen Verwendung des Holzes. In: Bemann, A., C. Knust (Hrsg.): AGROWOOD – Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven. Weißensee Verlag, Berlin, S. 189-207.
- RÖHLE, H., W. ALI, K.-U. HARTMANN, C. STEINKE (2010): Wachstum und Biomasseproduktion schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb. In: Bemann, A., C. Knust (Hrsg.): AGROWOOD – Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven. Weißensee Verlag, Berlin, S. 103-116.
- RÖHRICHT, C., K. RUSCHER (2004): Einsatz nachwachsender Rohstoffpflanzen als landschaftsgestaltendes Element – Feldstreifenanbau auf großen Ackerschlägen. In: BORNIMER AGRARTECHNISCHE BERICHTHE Heft 35 „Energieholzproduktion in der Landwirtschaft – Potenzial, Anbau, Technologie, Ökologie und Ökonomie“. Beiträge zum Seminar vom 29. Januar 2004 in Potsdam, S. 113-128.
- RÖHRICHT, C., D. ZANDER (2008): Anbau und Nutzung von Energiehirse als Alternative für ertragsschwache Standorte in Trockengebieten Deutschlands. Teilvorhaben des Verbundvorhabens „Energiepflanzen für die Biogasproduktion“, gefördert von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Heft 2/2008.
- RÖHRICHT, C., K. RUSCHER (2009): Anbauempfehlungen – Schnellwachsende Baumarten im Kurzumtrieb. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden
- RÖHRICHT, C., S. FREYDANK, S. SCHRÖDER (2009): Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime auf D-Südstandorten. Teilprojekt 1 des Verbundprojektes „Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands“. Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Heft 26/2009.
- RÖHRICHT, C., K. RUSCHER, F. ECKHARD, B. ZÖPHEL, I. AL HUSSEIN (2010): Nutzen und schützen – Anlage von Windschutzstreifen mit schnellwachsenden Baumarten. Neue Landwirtschaft 06 (2010), S. 76-79.
- RÖSCH, C., K. RAAB, J. SKARKA, V. STELZER (2007): Energie aus dem Grünland – eine nachhaltige Entwicklung? Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe.

- RÖSCH, C., J. SKARKA (2008): Maisfelder statt Wiesen? Grünland im Spannungsfeld verschiedener Nutzungskonkurrenzen. Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis, Nr. 2, 17. Jahrgang, S. 31 – 40.
<http://www.itas.fzk.de/tatup/082/rosk08a.htm>, Zugriff am 3.12.2010.
- ROSELT, K., A. HOMUTH, C. SCHEIBERT, D. D. GENSKE, N. STUTH, K. ZUBER, C. DÜTSCH, R. SCHNELLE (2010): ALTE FLÄCHEN – NEUE ENERGIEN. Energetische Nachnutzung brachliegender, ökologisch beeinträchtigter Flächen im ländlichen Raum Thüringens – Leitfaden. Im Auftrag des Thüringer Ministeriums für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz (TMLFUN).
<http://www.thueringen.de/imperia/md/content/landentwicklung/flaechenhaushaltspolitik/5535-100512-leitfaden.pdf>,
 Zugriff am 25.02.2011
- SABBAGH, G. J., G. A. FOX, A. KAMANZI, B. ROEPKE, J. Z. ZHANG (2009): Effectiveness of Vegetative Buffer Strips in Reducing Pesticide Loading: Quantifying Pesticide Trapping Efficiency. J. Environ. Qual. 38, p. 762-771.
- SCHMIDT, P. A., D. GEROLD (2010): Nachhaltig bewirtschaftete Wälder versus Kurzumtriebsplantagen versus Agroforstsysteme. In: Bemann, A., C. Knust (Hrsg.): AGROWOOD – Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven. Weißensee Verlag, Berlin, S. 208-216.
- SCHMIDT, P. A., T. GLASER (2010): Naturschutzfachliche Bewertung von Kurzumtriebsplantagen. In: Bemann, A., C. Knust (Hrsg.): AGROWOOD – Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven. Weißensee Verlag, Berlin, S. 162-169.
- SCHULTE, M., K. MICHALK, T. GLASER, C. KNUST, P. LOHNER, A. BEMMANN (2010): Rahmenbedingungen. In: Bemann, A., C. Knust (Hrsg.): AGROWOOD – Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven. Weißensee Verlag, Berlin, S. 15-29.
- SCHULTZE, M., P. FIEDLER, H. SONNTAG (2008): Regionale Logistikstrategien zur Bereitstellung von Dendromasse. Vortrag auf der 3. Fachtagung „Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen“ am 28. bis 30. April 2008 in Cottbus.
- SCHULZ, U., O. BRAUNER, H. GRUß (2009): Animal diversity on short-rotation coppices – a review. *Landbauforschung – vTI Agriculture and Forestry Research* 3 2009 (59), p.171-182.
- SCHULZ, U., O. BRAUNER, H. GRUß, C. MANNHERZ (2010): Zoodiversität – Förderung der Tierwelt durch Kurzumtriebsplantagen. In: DBU (Hrsg.): Kurzumtriebsplantagen – Handlungsempfehlungen zur naturverträglichen Produktion von Energieholz in der Landwirtschaft. Ergebnisse des Projektes Novalis.
- SCHUMACHER, H., S. SIEBER, K. WEBER, B. BURMEISTER (2010): Versuchs- und Demonstrationspflanzung „Biomassehecken“. Forschungsprojekt „Energiegarten® der FH Erfurt“. <http://www.fh-erfurt.de/lgf/la/forschung/projekte/energiegarten/>
http://www.fh-erfurt.de/lgf/fileadmin/LA/Forschung/EG/Forschungsbericht_Biomassehecken_12.2010.pdf
- SCHÜMANN, K., F. WAGNER, R. LUICK (2009): Naturschutzstandards für den Biomasseanbau. Abschlussbericht im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz, Forschungskennzahl 3507 82 150.
- SCHWARZE, H., C. RÖHRICHT (2006): Untersuchungen zum Pappel- Und Weidenanbau im Kurzumtrieb auf landwirtschaftlichen Flächen. Vortrag auf der Fachtagung „Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen“ am 6. und 7. November 2006 an der TU Dresden in Tharandt.
http://www.agrowood.de/download/19_Roehricht_Untersuchungen_zu_KUP.pdf
- SKODAWESSELY, C., J. PRETZSCH, A. BEMMANN (2010): Beratungshandbuch zu Kurzumtriebsplantagen. Entscheidungsgrundlagen zur Etablierung von Kurzumtriebsplantagen in Deutschland. Eigenverlag TU Dresden, Dresden.
- SMUL – SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (Hrsg.) (2007): Energie für die Zukunft – Sachsens Potenzial an nachwachsenden Rohstoffen / Biomasse.
- SPIEKER et al. (2009): Neue Optionen für eine nachhaltige Landnutzung. Schlussbericht des Projektes *agroforst*. Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF, Förderkennzeichen 0330621. Juni 2009.
<http://www.agroforst.uni-freiburg.de>
- STEGNER, J., U. KLEINKNECHT, S. LAKNER, K. FLEISCHER, C. CHAMSA (2010): Rahmenkonzept zur energetischen Verwertung von Biomasse aus der Landschaftspflege im Freistaat Sachsen. Im Auftrag des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft. Abschlussbericht vom November 2010.
- STOLL, B., A. DOHRENBUSCH (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. Landschaftsentwicklung* 6, S. 163–166.

- TEEPE, R. (1999): Quantifizierung der klimarelevanten Spurengasflüsse Lachgas (N²O) und Methan (CH₄) beim Anbau der nachwachsenden Rohstoffe Pappelholz und Rapsöl. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe A, Bd. 158, 126 S.
- TLL – THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (ohne Jahresangabe): AgroForstEnergie – Ökonomische und ökologische Bewertung von Agroforstsystemen in der landwirtschaftlichen Praxis. <http://www.tu-cottbus.de/multiland/de/pages/projekte-agroforstenergie.html>; Zugriff 13.04.2011.
- UBA – UMWELTBUNDESAMT (2010): Ja zur Biomasse, aber nicht auf Kosten von Biodiversität und Klimaschutz. Presse-Information 052/2010, http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/2010/pd10-052_ja_zur_biomasse_aber_nicht_auf_kosten_von_biodiversitaet_und_klimaschutz.htm
- VETTER, A., C. STRAUß, A. NEHRING (2009a): Ergebnisse aus der Fruchtfolgeforschung im EVA-Verbund. Gülzower Fachgespräche, Band 34, 2. Symposium Energiepflanzen 2009, S. 39-58.
- VETTER, A., M. CONRAD, A. BIERTÜMPFEL (2009b): Optimierung der Verfahrenskette der Bereitstellung und Nutzung von Energiepflanzen zur Kofermentation im Biogasreaktor. Teilvorhaben 2 des Verbundvorhabens „Energiepflanzen für die Biogasproduktion“, gefördert von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., FKZ: 22020903. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft.
- VOLLRATH, B., A. WERNER, M. DEGENBECK, W. KUHN, C. THOSS, P. RÖSEN, K. MARZINI, J. ZELLER (2009): Energetische Verwertung von kräuterreichen Ansaaten in der Agrarlandschaft und im Siedlungsbereich – eine ökologische und wirtschaftliche Alternative bei der Biogasproduktion. 1. Zwischenbericht zum Forschungsvorhaben Nr. 22005308 (08NR053) im Auftrag der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.
- VOLLRATH, B., W. KUHN, A. WERNER (2010): „Wild“ statt „mono“ – neue Wege für die Biogaserzeugung. LandInForm 1/2010, Seite 42-43. Nachdruck des Beitrags: http://www.lwg.bayern.de/landespflege/landschaftspflege/39010/biogas_ansaat.pdf
- VON KORFF, J., U. MIXDORF, J. WITT, A. BRÜCKNER (2008): Datenbank Biomassepotenziale. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Heft 12/2008. http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/3535_2.pdf
- VOß, J., A. SCHWAN, W. HEYNE, N. MÜLLER (2010): Erosionsschutz in reliefbedingten Abflussbahnen – Entwicklung von Umsetzungsstrategien und -planungen für eine natur- und bodenschutzgerechte dauerhafte Begrünung von besonders erosionswirksamen Abflussbahnen. Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Heft 13/2010.
- WAGENER, F. (2008): Möglichkeiten zur Flexibilisierung des Kompensationsinstrumentariums. Vortrag auf der Fachveranstaltung des BfN „Energieholz auf dem Acker – zwischen Eingriff und Ausgleich“ in der Internationale Naturschutzakademie Insel Vilm vom 01.09. bis 04.09.2008. http://www.bfn.de/0610_v_energieholz.html, Aufruf am 03.12.2010.
- WBA – WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT AGRARPOLITIK DES BUNDESMINISTERIUMS FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2007): Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung – Empfehlungen an die Politik.
- ZIEGLER, S., P. HALLER, D. KRUG, S. TOBISCH, A. BERGER (2010): Stoffliche Einsatzmöglichkeiten von Holz aus Kurzumtriebsplantagen. In: Bemann, A., C. Knust (Hrsg.): AGROWOOD – Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven. Weißensee Verlag, Berlin, S. 256-270.
- ZÖPHEL, B. (2010): Floristisch-vegetationskundliche Bewertung von Untersuchungsflächen im Rahmen des Projektes „Demonstrationsanbau von schnellwachsenden Baumarten auf großen Ackerschlägen als Feldstreifen“. Unveröffentlichter Untersuchungsbericht im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Dresden, 30.10.2010.

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
Telefon: + 49 351 2612-0
Telefax: + 49 351 2612-1099
E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de
www.smul.sachsen.de/lfulg

Autor:

Dr. agr. Norbert Feldwisch
Ingenieurbüro Feldwisch, Karl-Philipp-Straße 1, 51429 Bergisch Gladbach
Telefon: + 49 2204 4228-50
Telefax: + 49 2204 4228-51
E-Mail: n.feldwisch@ingenieurbuero-feldwisch.de
Internet: <http://www.ingenieurbuero-feldwisch.de>

Redaktion:

Christoph Moormann
LfULG, Abteilung Grundsatzfragen Umwelt, Landwirtschaft, Ländliche
Entwicklung/Referat Grundsatzangelegenheiten
Telefon: + 49 351 2612-2104
Telefax: + 49 351 2612-2099
E-Mail: Christoph.Moormann@smul.sachsen.de

Titelfoto:

Rainer Petzold, TU Dresden

Redaktionsschluss:

07.09.2011

ISSN:

1867-2868

Hinweis:

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <http://www.smul.sachsen.de/lfulg/6447.htm> heruntergeladen werden.

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.