

Konzepte alternativer Landnutzung durch den Anbau spezieller Energiepflanzen

Produkt 3.3.1f

Version:
Status: Entwurf/final
Datum: 30.11.2012

TP 3.3.1 - Anpassungsstrategien für den regionalen Pflanzenbau

TP-Leiter: Dr. Eberhard Bröhl
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)

Bearbeiter: Dr. Marco Lorenz
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)

Kontakt: Dr. Marco Lorenz
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)
Waldheimer Straße 219, 01683 Nossen
Tel.: 035242-631-7002
Fax: 035242-631-7099
E-Mail: Marco.Lorenz@smul.sachsen.de

REGKLAM

Entwicklung und Erprobung eines Integrierten Regionalen Klimaanpassungsprogramms für die Modellregion Dresden

Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung
Förderkennzeichen: 01 LR 0802

Koordination: Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V. (IÖR)
Weberplatz 1, 01217 Dresden
Projektleiter: Prof. Dr. Dr. h.c. Bernhard Müller
www.regklam.de

Inhaltsverzeichnis

1. f.) Prüfung alternativer Landnutzung durch den Anbau von speziellen Energiepflanzen sowie der stofflichen Nutzung landwirtschaftlicher Rohstoffe	6
1.1. Möglichkeiten des Energiepflanzenanbaus in Sachsen und der Regklam-Region	7
1.2. Agroforstsysteme und Anbau von schnellwachsenden Baumarten in Kurzumtriebsplantagen	17
1. <i>Agroforstsysteme</i>	17
2. <i>Kurzumtriebsplantagen</i>	23
1.3. Stoffliche und Energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe.....	31
3. <i>energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe</i>	31
4. <i>stoffliche Nutzung</i>	47
1.4. Fördermöglichkeiten beim Anbau von Energiepflanzen	52
1.5. Zusammenfassende Schlussbetrachtung	57
Literatur	60
Anhang	63

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch in Sachsen (Marx 2011)	7
Abbildung 2: Anzahl der Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien in Sachsen 2010/7	
Abbildung 3: Einige Energiepflanzen, deren Standortansprüche, Erträge und Verwendung (LfULG 2011a)	9
Abbildung 4: Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland (FNR 2012a)	10
Abbildung 5: Möglichkeiten des Energiepflanzenanbaus in Sachsen – Einjährige Kulturen (Grunewald 2012)	11
Abbildung 6: Möglichkeiten des Energiepflanzenanbaus in Sachsen – Mehrjährige Kulturen (Grunewald 2012)	12
Abbildung 7: Sommer- und Winterzwischenfrüchte mit Produktionstechnischen Daten, Anbaubedingungen und Hauptverwendungszweck (Grunewald 2012)	15
Abbildung 8: Übersicht der Kombinationsmöglichkeiten eines AFS mit Dominanz der Feldkulturen, nach Zehlius-Eckhart et al. (2010)	18
Abbildung 9: Veranschaulichung der Einflüsse von Bäumen auf landwirtschaftliche Kulturen mit Nennung entsprechender Untersuchungen, aus CHALMIN (2009)	20
Abbildung 10: Veränderungen für die Ackerkultur im Mikroklima auf der Wind abgewandten Seite, durch die Anlage von Baumreihen quer zur Hauptwindrichtung, nach Quinkenstein et al. 2008.	21
Abbildung 11: Veränderungen verschiedener Randbedingungen mit Abstand von der Baumreihe und der Windrichtung (Schwabe 2005, nach Schulte 1993, Buchner 1999) ..	22
Abbildung 12: AFS bei teilweiser Reihenbeerntung zum Erhalt der Windschutzwirkung (Quinkenstein et al. 2008)	22
Abbildung 13: Energieholzproduktion - Einordnung in die Landwirtschaft (Grunert 2010)	24
Abbildung 14: Kurzumtriebsplantagen Standorte in Sachsen	25
Abbildung 15: KUP aus Sicht der Bodenfruchtbarkeit.....	28
Abbildung 16: Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland und Anteile stofflicher und energetischer Nutzung (FNR 2012a)	31
Abbildung 17: Möglichkeiten der energetischen Nutzung von Biomasse (aus Grunert 2010a).....	32
Abbildung 18: Schema einer landwirtschaftlichen Biogasanlage (FNR 2012a)	32
Abbildung 19: Energetische Verwertung von Biomasse, Kurzcharakterisierung (Grunert 2010a).....	33
Abbildung 20: Anzahl und installierte elektrische Leistung von Biogasanlagen in Deutschland (FNR 2012a).....	34
Abbildung 21: Entwicklung der Anzahl von Biogasanlagen in Landwirtschaftsbetrieben in Sachsen (Brückner & Zschoche 2012; Stand: 31.12.2011, kein Anspruch auf Vollständigkeit)	34

Abbildung 22: Standorte landwirtschaftlicher Biogasanlagen in Sachsen (verändert nach Brückner & Zschoche 2012; Stand: 31.12.2011; kein Anspruch auf Vollständigkeit)	35
Abbildung 23: Substrateinsatz in Biogasanlagen in Deutschland (DBFZ, FNR 2012a).....	35
Abbildung 24: Angaben der Anlagenleistung nach Landkreisen, Stand: 31.12.2011 (Brückner & Zschoche 2012).....	36
Abbildung 25: Wärmenutzung in landwirtschaftlichen Biogasanlagen, Betriebsbefragung (Brückner & Zschoche 2012).....	37
Abbildung 26: Biogasausbeuten und Methangehalte unterschiedlicher Substrate (FNR 2012a).....	38
Abbildung 27: Holznutzung in Deutschland 2010 (Mantau 2012, FNR 2012a)	39
Abbildung 28: Anlagenbestand und installierte elektrische Leistung von Biomasse(heiz)kraftwerken in Deutschland (DBFZ 2012, FNR 2012a).....	39
Abbildung 29: Standorte von Biomasseheizkraftwerken(BHKW) in Sachsen und der Regklam Region (verändert nach SAENA 2012)	39
Abbildung 30: Anzahl und Leistungsklassen von Biomasseheizkraftwerken (BHKW) in Sachsen	40
Abbildung 31: Zentrale Ölmühlen in Deutschland (SAENA 2012)	42
Abbildung 32: Ölsaatenverarbeitungsanlagen im Freistaat Sachsen und deren Absatzbereiche (Grunert 2010b, Stand 2010)	42
Abbildung 33: Betreiber dezentraler Ölmühlen in Sachsen (Grunert 2010b)	43
Abbildung 34: Absatzfelder des Pflanzenöls dezentraler Ölmühlen in Sachsen (Grunert 2010)	43
Abbildung 35: Kraftstoffverbrauch und Biokraftstoffverbrauch in Deutschland 2011 (FNR 2012a).....	45
Abbildung 36: Entwicklung Biodiesel: Produktion und Absatz in Deutschland (FNR 2012a)	46
Abbildung 37: Entwicklung Bioethanol: Produktion und Absatz in Deutschland (FNR 2012a).....	46
Abbildung 38: Entwicklung der Biokraftstoffe in Deutschland (FNR 2012a).....	47
Abbildung 39: Einsatzmengen von Stärke, Zucker und Chemiezellstoff in Deutschland (FNR 2012a).....	50

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Maisanbaufläche in Deutschland nach Bundesländern und Nutzungsrichtung, Sortiert nach dem Anteil der Maisfläche an der jeweiligen Ackerfläche (Statistisches Bundesamt 2012, links), sowie Aufteilung nach der Nutzung (FNR 2012a, rechts)	16
Tabelle 2: Vor- und Nachteile von AFS bezüglich Gemeindegpartnern, Umwelt und Nutzer. (nach Batish et al. 2008, ergänzt nach Grünewald und Reeg 2009, und Zehlius-Eckert et al. 2010).	19
Tabelle 3: Eine Auswahl an Gehölzen als Überträger von Schaderregern nach Chalmin et al. 2009	23
Tabelle 4: Bioenergie aus Raps, Chancen und Risiken (Grunert 2010a)	44
Tabelle 5: Stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe in Deutschland (FNR 2012a) ..	48
Tabelle 6: Stärkeliefernde Pflanzen für den einheimischen Anbau (LfULG 2010b)	48
Tabelle 7: Einsatzstoffvergütungsklassen nach EEG 2012	53

1. f.) Prüfung alternativer Landnutzung durch den Anbau von speziellen Energiepflanzen sowie der stofflichen Nutzung landwirtschaftlicher Rohstoffe

Primäre Aufgabe der Landwirtschaft ist die Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln von hoher Qualität. Um dieser Aufgabe in Zukunft, unter veränderten Klimabedingungen und steigendem Anspruch der Produktion nachwachsender Rohstoffe, gewachsen zu sein, ist die Sicherung, Umsetzung und Etablierung einer ausgewogenen und nachhaltigen Produktion mit entsprechend angepassten landwirtschaftlichen Systemen ein wichtiger Punkt. Hierfür sind zum einen Maßnahmen zur Sicherung der Ertragshöhen und –stabilität, sowie Qualitäten, z.B. durch ein angepasstes Düngemanagement v.a. auf Trockenstandorten oder wassereffiziente Bewässerungsverfahren zu integrieren, zum anderen aber auch Maßnahmen zur Diversifizierung, z.B. KUP, Agroforst, trockenstresstolerantere Arten (Hirsen u.a.), auch im Hinblick auf die nachhaltige Erzeugung nachwachsender Rohstoffe zur energetischen und stofflichen Nutzung, zu berücksichtigen.

In den letzten Jahren hat ein sprunghafter Anstieg des Einsatzes und der Verwendung nachwachsender Rohstoffe zur stofflichen und energetischen Nutzung stattgefunden. Durch steigende Energiepreise und die Abhängigkeit von Ölpreisen und –förderländern wird in Zukunft mit einem weiteren Anstieg der Nachfrage zu rechnen sein. In Kombination mit den zu erwartenden Klimaveränderungen müssen hierfür geeignete Anpassungsmaßnahmen entwickelt und umgesetzt werden, um zum einen negative Entwicklungen zu vermeiden und andererseits mögliche positive Synergien (z.B. zwischen Land- und Forstwirtschaft) zu nutzen.

Der Anbau nachwachsender Rohstoffe, u.a auch in Konzepten wie Agroforstsystemen oder KUP, bietet unter dem Aspekt des Klimawandels eine Vielzahl von Anpassungsmöglichkeiten. Durch den Anbau von Energiepflanzen bestehen Möglichkeiten zur Auflockerung enger Fruchtfolgen und zur Diversifizierung des betrieblichen Anbauspektrums, sofern weitere Kulturen zum Rohstoffmix, z.B. von Biogasanlagen, hinzukommen. Hierbei sind die Änderungen der EEG Novelle und die weiteren Diskussionen um die Einbindung von Kulturen in die Einsatzstoffvergütungsklassen des EEG sowie die aktuellen Diskussionen um die GAP zu beachten.

In diesem Teilbericht wird im ersten Teil die derzeitige Situation des Anbaus nachwachsender Rohstoffe in Sachsen und der Regklam-Region Dresden sowie die verschiedenen Anbaualternativen und –möglichkeiten aufgezeigt und dargestellt. Im zweiten Teil werden Möglichkeiten und Effekten von Agroforstsystemen und Kurzumtriebsplantagen unter dem Gesichtspunkt des Klimawandels erläutert. In einem weiteren Kapitel werden die Möglichkeiten und die Situation der stofflichen und energetischen Nutzungen nachwachsender Rohstoffe dargestellt und erläutert. Abschließend werden die Möglichkeiten und Grenzen des Anbaus nachwachsender Rohstoffe als Anpassungsmöglichkeit an klimatische Veränderungen für die Regklam-Region Dresden zusammenfassend diskutiert.

Der Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch hat in Sachsen in den letzten Jahren stark zugenommen (vgl. Abb.1). Er liegt derzeit bei rd. 15,5%. Die Nutzung von Biomasse rangiert dabei, nach der Windenergie, auf dem 2. Platz (Marx 2011). Abbildung 2 zeigt die Anzahl der Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien in Sachsen im Jahr 2010. Hier rangiert die Biomasse, hinter Photovoltaik und Wind, auf Platz 3. Nach Vorga-

ben der Staatsregierung soll der Anteil erneuerbarer Energie am Bruttostromverbrauch bis zum Jahr 2020 auf 33 % gesteigert und damit mehr als verdoppelt werden. Schaut man sich die Zunahme der letzten 10 Jahre an, wird deutlich, dass dies ein sehr anspruchsvolles Ziel ist, dass ohne weitere Steuerungsmaßnahmen, auch von Seiten der Landesregierung, und unter den derzeitigen Rahmenbedingungen (EEG, GAP etc.) nicht ohne weiteres zu realisieren ist.

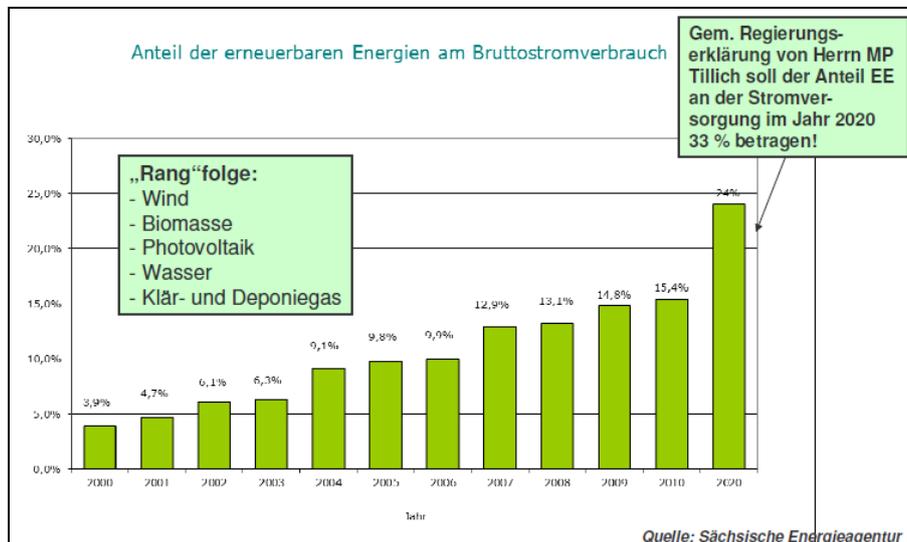


Abbildung 1: Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch in Sachsen (Marx 2011)

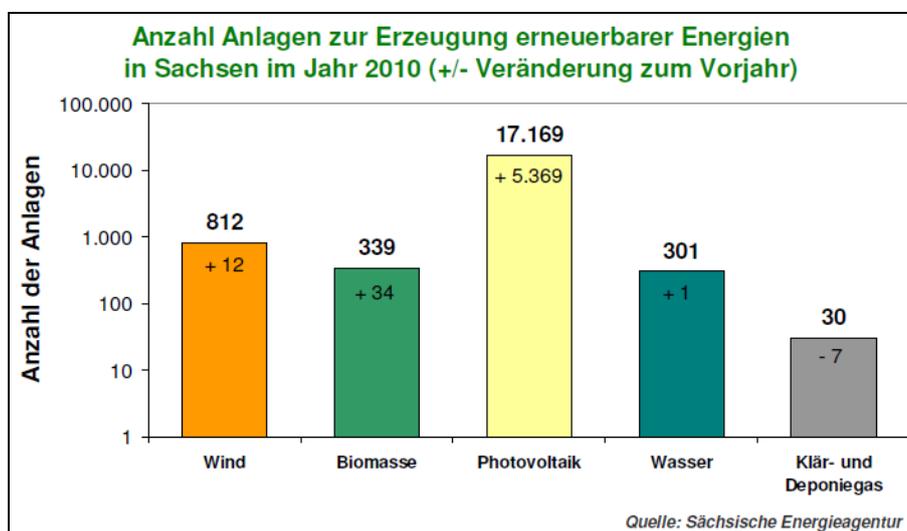


Abbildung 2: Anzahl der Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien in Sachsen 2010

1.1. Möglichkeiten des Energiepflanzenanbaus in Sachsen und der Regklam-Region

Unter nachwachsenden Rohstoffen werden nach Grunert (2010b) Produkte pflanzlicher und tierischer Herkunft verstanden, die im Nicht-Nahrungs- und Nicht-Futtermittelsektor verwertet werden. Hierzu gehören u.a.:

- Pflanzen aus dem landwirtschaftlichen Anbau (z. B. Energiepflanzen, öl- und stärkehaltige Pflanzen, ein- und mehrjährige Gräser, Faserpflanzen) und
- Nebenprodukte der Land- und Forstwirtschaft (z. B. Stroh, Holz aus Waldpflege, Biomasse aus der Landschaftspflege),
- unbehandelte Abfallstoffe der Biomasseverarbeitung (Bau- und Industrierestholz, Hobel- und Sägespäne u. a.).

Die Nutzung nachwachsender Rohstoffe bietet unter optimalen Bedingungen eine Reihe von **Vorteilen**, die z.T. auch unter dem Aspekt des Klimawandels relevant werden:

- Schonung natürlicher und fossiler Ressourcen,
- positive Energie- und Treibhausgasbilanz (zukünftig Nachweis durch Zertifizierung inkl. Treibhausgasbilanzierung)
- geringere Abhängigkeit von Rohstoffimporten
- Schaffung regionaler Kreisläufe,
- Schaffung von (innerbetrieblichen) Stoffkreisläufen,
- Nutzung schadstoffbelasteter Ackerflächen, z.B. zum Anbau schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb
- Anbaualternative auf Trockenstandorten durch neue Arten und Sorten (Anpassung an Klimawandel)
- Erhalt und Bereicherung der Kulturlandschaft,
- Verarbeitungskapazitäten und Arbeitsplätze im ländlichen Raum durch dezentrale Produktion und Verarbeitung,
- Einschränkung/Minderung von Transportwegen durch lokale Verfügbarkeit und lokale Nutzungsmöglichkeiten

Im nachfolgenden werden beispielhaft einige Pflanzen und deren Verwendungen als nachwachsende Rohstoffe (LfULG 2010a) genannt:

Ölpflanzen: Raps, Sonnenblume, Öllein, Leindotter, Krambe, Nachtkerze, Iberischer Drachenkopf, Mohn, Senf u. a.

Verwendung u.a. als: Kraftstoffe, biologisch abbaubare Schmiermittel/Hydrauliköle, Farben, Lacke, Firnis, Linoleum, Kitt, Tenside, Weichmacher, Alkydharze, Syntheserohstoffe, Wachse, Bitumenemulsion u. a.

holzartige Biomasse: Waldrestholz, Stroh, Miscanthus, schnellwachsende Hölzer, unbehandeltes Industrierestholz u. a.

Verwendung u.a. als: Festbrennstoffe, Biokraftstoffe der 2. Generation (BtL), Dämmstoffe, Bauplatten, Verpackungen, Spezialpapier, Bindemittel u. a.

Biogas: Mais, Getreide (GPS), Gräser, organische Reststoffe, u. a.

Verwendung u.a. als: energetische Verwertung über Biogas, u. a.

Pflanzenfasern: Faserlein (Flachs), Hanf, Fasernessel, Kenaf

Verwendung u.a. als: stoffliche Nutzung als Garne, Textilien, Vliese, Formpressteile, Geotextilien, Dämm- und Baustoffe, Verbundwerkstoffe, Seile, Bindfäden, Papier u. a.

Stärke und Zucker: Weizen, Kartoffel, Mais, Erbse, Zuckerrübe, Topinambur, Zichorie, Zuckerhirse

Verwendung u.a. als: Bioalkohol als Kraftstoff, Papier/Pappe, Bau- und Klebstoffe, Lösungsmittel, abbaubare Werkstoffe/Folien, Emulgatoren, Weichmacher, Tenside, Zitronensäure, Aminosäuren, Vitamine, Kosmetika u. a.

Pharmazeutika, Duft- und Farbstoffe

Kamille, Pfefferminze, Salbei, Kümmel, Mariendistel, Johanniskraut, Krapp, Goldrute, Saflor, Waid u. a.

Verwendung u.a. als: Arzneimittel, Tees, Duft-, und Aromastoffe, Extrakte für Kosmetika, Anstriche, Farben, Holzschutzmittel, Keimhemmer u. a.

Abbildung 3 zeigt ergänzend dazu einige ausgewählte Energiepflanzen, deren Standortansprüche, Erträge und Verwendung (LfULG 2011a).

	Mais <i>Zea mays</i> L.	Sudangras <i>Sorghum sudanense</i>	Zuckerhirse <i>Sorghum bicolor</i> var. <i>saccharatum</i>	Getreideganzpflanze (Winterroggen u. a.)	Rutenhirse, Switchgras <i>Panicum virgatum</i> L.	Chinaschilf <i>Miscanthus sinensis</i> x <i>giganteus</i>	Pappel <i>Populus balsamifera</i> L. und subspecies	Weide <i>Salix viminalis</i> L. und subspecies
Beschreibung	aufrechte, markierförmige Halme, Kolben, WH 3 – 3,5 m, frostempfindlich, wärmeliebend, nährstoff- und wassereffizient	aufrechte, markierförmige Halme, Rispe, WH 2,5 – 3,5 m, Bildung von Seitentrieben an der Basis, Feinwurzelsystem, sehr frostempfindlich, wärmeliebend, nährstoff- und wassereffizient	aufrechte, markierförmige Halme, Rispe, WH 2,5 – 4 m, Bildung von Seitentrieben an der Basis, Feinwurzelsystem, sehr frostempfindlich, wärmeliebend, nährstoff- und wassereffizient	WH 1,5 m, sehr intensive Bestockung, selbstverträglich	ausdauerndes Gras, Rhizombildung, WH 2,5 m, amerikanisches Präriegras	ausdauerndes Horstgras, reichblättrige Halme, WH 3 m, Anlage von Rhizomen, Heimatgebiet in Subtropen, Tropen	WH 7 – 8 m im Kurztrieb, ein- bis schwachmehrstämmig im Wiederaustrieb	strauchartiger Wuchs, WH 7 – 8 m
Standortanspruch	geringe Bodenansprüche, warme Anbauanlagen	geringe Bodenansprüche, warme Anbauanlagen	geringe Bodenansprüche, warme Anbauanlagen	geringe Bodenansprüche, leichte bis gute Böden geeignet, geringer Wärmehaushalt, sehr frostresistent	breites Bodenspektrum, leicht erwarmbare Böden, winterfest	breites Bodenspektrum, optimal: sandige Lehme, Maisanbauanlagen, trocken-tolerant, ab 3. Standjahr winterfest	leichte bis gute Böden, gut durchwurzelbare grundwasserbeeinflusste Böden ohne Staunässe	breites Bodenspektrum, wechselfeuchte bis feuchte Standorte ohne Staunässe, frosthart, mittlerer Nährstoffanspruch
Nutzungsdauer	einjährig	einjährig	einjährig	einjährig	ca. 10–15 Jahre, jährliche Ernte	ca. 20 Jahre, jährliche Ernte	ca. 20 Jahre, Ernte alle 3–20 Jahre	ca. 20 Jahre, Ernte alle 2–10 Jahre
Ertrag	14 – 20 t TM/ha je nach Standort	8 – 16 t TM/ha je nach Standort	12 – 18 t TM/ha je nach Standort	8 – 12 t TM/ha je nach Standort	8 – 17 t TM/ha ab 3. Standjahr, zur Ernte ca. 85% TS	8 – 20 t TM/ha ab 2. Standjahr je nach Standort, zur Ernte ca. 85% TS	8 – 18 t TM/ha je nach Standort und Umtriebszeit, zur Ernte ca. 45% TS	8 – 18 t TM/ha je nach Standort und Umtriebszeit, zur Ernte ca. 50% TS
Verwendung	Co-Ferment in Biogasanlagen, gute Silierbarkeit ab 30% TS, Methanausbeute 357 l/kg oTS	Co-Ferment in Biogasanlagen, gute Silierbarkeit ab 28% TS, Methanausbeute 313 l/kg oTS	Co-Ferment in Biogasanlagen, gute Silierbarkeit ab 28% TS, Methanausbeute 350 l/kg oTS	Brennstoff (17 MJ/kg TM), Aschegehalt ca. 5%	Brennstoff (17 MJ/kg TM), Aschegehalt ca. 5%	trockenes Halmgut, Brennstoff (17,6 MJ/kg TM), Aschegehalt 5%; Rohstoff für Verbundwerkstoffe (Bau-, Faserplatten usw.)	Brennholz (18,5 MJ/kg TM), 1,8% Asche, Papierrohstoff ab 12 cm Stammdurchmesser	Brennholz (18,4 MJ/kg TM), Aschegehalt 2%
Bei energetischer Verwertung beachten: Verschlackungsneigung, Chlorwasserstoffbildung, Staubemission								

TS = Trockensubstanz oTS = organische Trockensubstanz TM = Trockenmasse WH = Wuchshöhe
weitere mögliche Arten: Robinie, Birke, Erle, Esche, Trauben-/Stiel-/Roteiche, durchwachsende Silphie, Grünlandaufwüchse, Topinambur, Getreidestroh, Landschaftspflegematerialien u. a.

Abbildung 3: Einige Energiepflanzen, deren Standortansprüche, Erträge und Verwendung (LfULG 2011a)

Abbildung 4 zeigt die landwirtschaftlichen **Anbauflächen** für nachwachsende Rohstoffe in Deutschland (FNR 2012a) unterschieden nach stofflicher (Industriepflanzen) und energetischer (Energiepflanzen) Nutzung. Es wird deutlich, dass die energetische Nutzung bei Weitem überwiegt. Die Anbauflächen sind um das mehr als 5-fache höher als bei der stofflichen bzw. industriellen Nutzung. Beim Anbau nachwachsender Rohstoffe zur energetischen Nutzung dominieren Pflanzen für die Biogasproduktion und Rapsöl für die Biodiesel- und Pflanzenölproduktion mit jeweils über 900.000 ha. Pflanzen für die Festbrennstoffproduktion nehmen dagegen mit 6.500 ha nur einen geringen Teil ein. Bei der stofflichen Nutzung sind v.a. die Industriestärke mit 160.000 ha und technisches Rapsöl mit 120.000 ha zu nennen. Die restlichen Nutzungen liegen jeweils meist unter 10.000 ha, jedoch mit z.T. ansteigenden Tendenzen.

ANBAU NACHWACHSENDER ROHSTOFFE IN DEUTSCHLAND (ha)			
Pflanzen	Rohstoff	2011	2012*
Industriepflanzen	Industriestärke	160.000	245.000
	Industriezucker	10.000	12.000
	technisches Rapsöl	120.000	120.000
	technisches Sonnenblumenöl	8.500	8.500
	technisches Leinöl	2.500	2.500
	Pflanzenfasern	500	500
	Arznei- und Farbstoffe	10.000	13.000
	Summe Industriepflanzen		311.500
Energiepflanzen	Rapsöl für Biodiesel/Pflanzenöl	910.000	913.000
	Pflanzen für Bioethanol	240.000	243.000
	Pflanzen für Biogas	900.000	962.000
	Pflanzen für Festbrennstoffe (u. a. Agrarholz, Miscanthus)	6.000	6.500
	Summe Energiepflanzen		2.056.000
Gesamtanbaufläche NR		2.367.500	2.526.000

Quelle: FNR (2012) * Werte für 2012 geschätzt
© FNR 2012

Abbildung 4: Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland (FNR 2012a)

Im Weiteren werden die **Anbaumöglichkeiten** von landwirtschaftlichen Kulturen zur Nutzung als nachwachsender Rohstoff und einige Fruchtfolgeaspekte für Sachsen und die Regklam-Region Dresden dargestellt und erläutert.

Die meisten der angebauten landwirtschaftlichen Kulturen in Sachsen und der Regklam Region Dresden lassen sich auch auf verschiedenste Weise als nachwachsender Rohstoff nutzen. Diese Energiepflanzen lassen sich entsprechend in die Fruchtfolgen integrieren. Bei einigen Nutzungen, z.B. von Getreide-GPS sind hierbei jedoch, im Gegensatz zur Kornnutzung, verschiedene Dinge, wie z.B. die Silierfähigkeit etc. zu beachten, wodurch es hinsichtlich der Termine (z.B. Ernte) zu Verschiebungen kommt, die Einfluss auf die jeweilige Fruchtfolgegestaltung haben. Grunewald (2012) hat die Möglichkeiten des Energiepflanzenanbaus in Sachsen sowohl für einjährige Kulturen (Abbildung 5) als auch mehrjährige Kulturen (Abbildung 6) zusammengetragen und gibt sowohl die jeweiligen Ansprüche der Pflanzen als auch einen mittleren Trockenmasseertrag für Diluvial-, Löss- und Verwitterungsstandorte an. Die Angabe des Trockenmasseertrags ist z.B. für die Verwendung als Biogassubstrat wichtig.

Hinsichtlich der Trockenmasseerträge liefert der Mais über alle Standorte mit die höchsten Werte. Jedoch können auch die Getreide-GPS (z.B. Wintertriticale-GPS) durchaus mithalten und ähnlich hohe Erträge liefern. Auf trockenen Standorten können in Einzeljahren auch die Futter-, Zuckerhirsen und Sudangrashybriden ähnlich hohe Trockenmasseerträge wie Mais erzielen. In der Summe der untersuchten Jahre lagen sie jedoch im Schnitt etwas, z.T. deutlich, unter dem Mais; in Einzeljahren, je nach Witterungsverlauf auch darüber.

Auf den besseren Standorten (Lössregion) sind weiterhin die Stärkekartoffeln und v.a. die Energierüben mit hohen Trockenmasseerträgen zu nennen.

Die Sommergetreide liegen, aufgrund der kürzeren Vegetationszeit, in allen Regionen ertraglich deutlich hinter der jeweiligen Winterung.

Fruchtart	Bodenanspruch	Wärmebedarf	Wasserbedarf	Trockentoleranz	erzielbare Trockenmasseerträge ⁵ (dt TM/ha* Jahr)			TS-Gehalte ⁶ (%)	Ø CH ₄ -Ausbeuten (l/kg oTS)
					D	Löss	V		
Einjährige Energiepflanzen									
Mais	+ bis ++	++	++/~	+ (bis ++)	90-140	100-200	90-140	28-35	340-350 ⁷
Winterroggen	+	+	+ bis ++	++	75-110	90-160	80-140	35-40	355 ²
Wintertriticale	+ bis ++	+	+ bis ++	+ bis ++	60-120	95-200	60-130	35-40	365 ²
Winterweizen	++ bis +++	+ bis ++	++ bis +++/~	+	70-90	110-170	-	35-40	385 ²
Wintergerste	++	+ bis ++	++	++	60-110	100-170	70-130	30-35	395 ²
Sommerroggen	+	+	+ bis ++	++	55-60	90-120	55-60	35-40	300 ²
Sommergerste	++	+ bis ++	++	++	55-60	90-120	50-70	30-35	320 ²
Sommerhafer	+ bis ++	+ bis ++	++	+	40-60	80-110	40-80	35-40	290 ²
Futter-/Zuckerhirsen	+ bis ++	+++	++	++	70-145	70-160	-	24-27	300-330 ²
Sudangrasyhybride	+ bis ++	+++	++	++	60-130	60-140	-	26-29	300-330 ²
Sonnenblumen	++	+++	++	++	70-110	um 150	-	20-24	270-300 ²
Winterraps	++ (bis +++)	+ bis ++	+++	+	30-60	50-90	30-60	Ø 20	335 ¹
Kartoffeln	+	+ bis ++	++ bis +++/~	+	70-90	bis 100	70-90	≤ 20	350 ²
Zuckerrübe					> AZ 35				
Körper	+++	+++	+++/~	+	80-160	100-190	-	Ø 24	350-360 ¹
Blatt					20-60	20-60		Ø 15	270-335 ²
Futterrübe									
Körper	+ bis ++	++	++	++	100-180 (Rübe + Blatt)	110-200 (Rübe + Blatt)	100-180 (Rübe + Blatt)	Ø 17	350-360 ¹
Blatt								Ø 15	270-335 ²

Merkmalsausprägung:

+ gering – mäßig

++ mittel

+++ hoch

~ In trockenen Lagen und auf leichten Böden kann eine Beregnung ökonomisch sinnvoll sein.

Methan ausbeuten:

¹ KTBL-Richtwert

² experimentell bestimmt vom „Biogas-Forum Bayern“, Dr. Sticksel (Methode nach HEUMINKEL et al. 2009 –

³ ermittelt in Batch-Versuchen (VDI-Richtlinie 4630)

⁴ berechnete, theoretische Methan ausbeute nach BASERGA mithilfe der WEENDER-Inhaltsstoffe und den Verdaulichkeiten aus der DLG-Futterwerttabelle – Wiederkäuer der Universität Hohenheim

⁵ Die erzielbaren Erträge und TS-Gehalte wurden zu größten Teil aus Projektergebnissen abgeleitet und sind deshalb nur als Richtwert zu sehen.

Abbildung 5: Möglichkeiten des Energiepflanzenanbaus in Sachsen – Einjährige Kulturen (Grunewald 2012)

Bei den mehrjährigen Kulturen treten v.a. die durchwachsene Silphie, Topinambur und verschiedene Energiegräser mit höheren Trockenmasseerträgen hervor. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass sich diese Kulturen z.T. nur schwer bis gar nicht in bestehende Fruchtfolgen integrieren lassen. Daher sollten die Flächen beim Anbau dieser Kulturen, z.B. durchwachsene Silphie, über mehrere Jahre für den Energiepflanzenanbau genutzt und verplant werden. Des Weiteren treten bei diesen Kulturen z.T. erst im zweiten oder dritten Jahr die angestrebten Zielerträge auf, so dass die z.T. hohen Kosten der Etablierung erst nach mehrjähriger Nutzung kompensiert sind. Des Weiteren ist darauf hinzuweisen, dass bei einigen der aufgeführten Kulturen nur wenige, langjährige Anbauerfahrungen, zum Teil aus Versuchsanlagen vorliegen und diese bis dato noch keine Praxisrelevanz erlangen konnten.

Fruchtart	Bodenanspruch	Wärmebedarf	Wasserbedarf	Trockentoleranz	erzielbare Trockenmasseerträge ⁵ (dt TM/ha* Jahr)			TS-Gehalte ⁶ (%)	Ø CH, Ausbeuten (l/kg oTS)		
					D	Löss	V				
Mehrwährige Energiepflanzen											
Topinambur	+++	+++	+++	+	k. A.	80-200	-	> 27	230 ⁹		
Blätter						40-130				Ø 21	k. A.
Knolle						65-130					
Rotklee gras	+	+	++ bis +++	+	k. A.	65-130	65-110	k. A.	310 ⁹		
Luzerne(Klee) gras	+	+ bis ++	+	++	60-100	65-130	k. A.	k. A.	290-300 ⁹		
Gräsermischungen	+	+	++ bis +++	+	k. A.	70-150	70-130	k. A.	320-330 ⁹		
Wildpflanzenmischungen	+	+ bis ++	++	++	50-120	50-150	50-120	k. A.	250-320 ⁹		
D. Silphie	+	+	++	++ bis +++	140-180	150-200	140-180	24-30	310-320 ⁹		
Ung. Energie gras	+	+	+	+++	bis 180	bis 190	bis 180	k. A.	350 ⁹		
Rutenhirse	+	++ bis +++	+	+++	80-150	80-150	-	> 28	350 ⁹		
Virginiamalve	+	+	++	++	ca. 80	80-120	ca. 80	k. A.	280 ⁹		
Igniscum ⁸ -Knöterich	+	+	+	+++	> 50 je Schnitt	> 50 je Schnitt	> 50 je Schnitt	k. A.	290 ⁹		
Rumex Schavnat	+	+	++ bis +++	+	20-50 je Schnitt	20-50 je Schnitt	20-50 je Schnitt	> 28	k. A.		

Art zum Anbau in diesem Gebiet geeignet und/oder empfohlen
 Anbau eingeschränkt empfohlen/nach möglich (z.B. bei besserer Bodengüte, Beregnung, ...)
 Anbau nicht empfohlen
D = leichte Böden Nordsachsens, zum Teil mit ausgeprägter Vorsommertrockenheit
Löss = Lössgebiet Mittelsachsens
V = Verwitterungsregion in Vorgebirgs- und Höhenlage

Abbildung 6: Möglichkeiten des Energiepflanzenanbaus in Sachsen – Mehrjährige Kulturen (Grunewald 2012)

Möglichkeiten der Fruchtfolgegestaltung beim Anbau von Energiepflanzen

Hinsichtlich der Integration in die Fruchtfolgen sind die einjährigen Energiepflanzen ebenso in die Fruchtfolgen zu integrieren wie bei anderen Nutzungen. Es sollte jedoch unbedingt auf eine nutzungs- und standortangepasste Sortenwahl geachtet werden. Weiterhin führt z.B. die Nutzung von Getreide-GPS zu zeitlichen Veränderungen in der Fruchtfolge, die entsprechend anzupassen ist (Folgekultur, Zwischenfruchtanbau etc.). Grunewald (2012) nennt auf der Grundlage langjähriger Untersuchungen von unterschiedlichen (Energie-) Fruchtfolgen in Sachsen Ergebnisse zu einzelnen Kulturen/Kulturfolgen und gibt nachfolgend zusammengefasste Empfehlungen hinsichtlich der Eignung als Biogassubstrat:

1. D-Standorte: vorwiegend leichte, sandige Böden Nordsachsens z.T. mit ausgeprägter Vorsommertrockenheit

In dieser Region liefern v.a. Fruchtfolgen mit Mais, Wintergetreideganzpflanzen, insbesondere Winterroggen, Wintertriticale und Wintergerste, sowie z.T. Sorghumhirsen hohe Trockenmasseerträge. „Im Vergleich zu Mais besitzen die wärmeliebenden Zucker- bzw. Futterhirsen und Sudangrashybride ein höheres Bodenwasserausschöpfungsvermögen aufgrund eines ausgedehnten Faserwurzelsystems sowie eine größere Hitze- und Trockentoleranz und können somit vor allem in wasserarmen Jahren und in Regionen mit ausgeprägten Trockenphasen das Ertragsrisiko deutlich senken.“(Grunewald 2012). Jedoch können auch hier längere Trockenphasen nach Aussaat und im frühen Jugendwachstum zu erheblichen Ertragsdepressionen führen. Im späteren Wachstumsverlauf sind sie dann jedoch Hitze- und Trockenstresstoleranter und können ihre Vorteile in Trockenphasen ausspielen. In Einzeljahren haben sie jedoch auch in feuchteren Sommern eine gute bis sehr gute Ertragsentwicklung gezeigt und das verfügbare Wasser sehr gut in Ertrag umgesetzt.

Zur Auflockerung enger, Getreide betonter Fruchtfolgen können Fruchtarten, wie Sonnenblume, auf besseren Standorten auch Zucker- bzw. Futterrüben und Kartoffeln als Marktfrüchte oder Energiepflanzen integriert werden. Eine mehrjährige (2-3 jährige) Nutzung von Leguminosengemengen kann, bei gleichzeitiger Nutzung z.B. als Biogassubstrat, auf Standorten mit niedrigen Humussalden, auch unter Klimawandelgesichtspunkten (vgl. Teilbericht 3.3.1 a) zur Humusstabilisierung eingesetzt werden. Mit dem Anbau von Zwischenfrüchten können auch unter dem Gesichtspunkt des Klimawandels positive Effekte erzielt werden. Bei Nutzung als Gründüngung wirken diese positiv auf die Bodenfruchtbarkeit, die Humusgehalte und damit u.a. auch auf die Stabilität des Bodengefüges und tragen darüber hinaus durch die Bodenbedeckung zur Minderung des Erosionsrisikos in diesen Phasen bei. Des Weiteren vermindert sich das Risiko von Stickstoffauswaschungen ins Grundwasser (WRRL). Für die Gründüngung kommen z.B. Gelbsenf, Ölrettich oder Phacelia in Frage (LfULG 2011b). Für die Nutzung als Biogassubstrat kommen nach den Ergebnissen von Grunewald (2012) auf leichten, wasserärmeren Böden Sudangrashybride mit guter Abreife (z.B. „Lussi“), Buchweizen und Winterrüben in Frage. Bei fortschreitendem Klimawandel und einem damit einhergehenden Temperaturanstieg und einer Verlängerung der Vegetationsperiode könnte, unter Berücksichtigung der Wasserversorgung, ggf. Zweikulturnutzungssystem zukünftig interessant werden. Nach den Ergebnissen von Grunewald (2012) aus dem EVA-Projekt (www.eva-verbund.de) eignen sich unter trockeneren Bedingungen Grünroggen, auf besseren Standorten mit höherem Niederschlagsangebot Landsberger Gemenge als Wintervorfrüchte zur Zweitkultur Mais.

2. Lö-Standorte: Lössböden Mittelsachsens, zum Teil mit ausgeprägter Frühsommertrockenheit

Auf diesen Standorten zeigten ebenfalls Fruchtfolgen v.a. mit Mais und Wintergetreideganzpflanzen, insbesondere Wintertriticale, Winterweizen und Wintergerste, sowie z.T. Sorghumhirsen hohe Trockenmasseerträge. Sorghum bicolor x sudanense ist ebenfalls geeignet, war jedoch durch starke Ertragsschwankungen in Abhängigkeit von der jeweiligen Witterung gekennzeichnet.

Zur Auflockerung sehr enger Getreide- und Rapsbetonter Fruchtfolgen bieten sich der Anbau von Zuckerrüben oder Sonnenblumen, sowie der konsequente Zwischenfruchtanbau an. Die Einbindung mehrjähriger Ackergras- und Leguminosen-Grasmischungen in die Fruchtfolgen bietet Vorteile für den Nährstoff- und Humushaushalt, bei gleichzeitiger Möglichkeit der energetischen Nutzung.

Auf erosionsgefährdeten Standorten kann der Zwischenfruchtanbau für eine erosionsmindernde/-verhindernde Bodenbedeckung sorgen. Zur Biogaserzeugung kommen auf etwas trockeneren Standorten Sudangrashybride und bei einem etwas besseren Wasserangebot Weidelgräser, Raps und Rüben in Frage. Für die Gründüngung können Gelbsenf, Ölrettich oder Phacelia etc. verwendet werden.

Für eine mögliche Zweikulturnutzung werden von Grunewald (2012) Anbausysteme mit Grünroggen als Winterzwischenfrucht und Mais als Zweitfrucht empfohlen.

3. V-Standorte: Kühl-feuchte Verwitterungsstandorte in Vorgebirgs- und Gebirgslage

Für diese Gebiete sind v.a. Fruchtfolgen mit Mais und Getreide-GPS, z.B. Wintertriticale-, Winterroggen-GPS am leistungsstärksten. Aufgrund der z.T. sehr kurzen Vegetationszeit ist besonders auf eine angepasste Sortenwahl zu achten, um die Abreife der Kulturen

bzw. den angestrebten Trockenmasseertrag auch zu realisieren. Zur Verbesserung der Nährstoff (N-) und Humusbilanz des Bodens ist auch der Anbau von Wickroggen als Biogassubstrat möglich.

Neben diesen Kulturarten liefern auf den Verwitterungsstandorten, auch aufgrund der guten Niederschlagsverteilung, v.a. mehrjährige Ackergrasmischungen (Rotklee gras, Weidelgras betonte Mischungen und Gräsermischungen) hohe Erträge. In Hanglagen kann der Zwischenfruchtanbau zur erosionsmindernden Bodenbedeckung eingesetzt werden. Hierzu werden nach der Hauptkultur jedoch noch ca. 60-80 Tage Vegetationszeit optimal, die auf diesen Standorten, auch in Abhängigkeit der jeweiligen Fruchtfolge und dem Witterungsverlauf, jedoch nicht immer gegeben sind. Als Zwischenfrüchte kommen nach Grunewald (2012) Weidelgräser (auch als Biogassubstrat), Ölrettich und Gelbsenf in Frage.

Nach Aussagen von Grunewald (2012) sind Zweikulturnutzungssysteme mit Grünroggen, Landsberger Gemenge oder Wickroggen als Vorfrüchte auf diesen Standorten nur mit sehr frühreifen Mais-Sorten möglich. Aufgrund der kurzen Vegetationszeit und des damit verbundenen hohen Risikos wird hiervon jedoch derzeit abgeraten. In der Nutzung eines Zweikultursystems auf diesen Standorten wird bei weiter fortschreitendem Klimawandel mit weiter ansteigenden Temperaturen und einer Verlängerung der Vegetationsperiode allenfalls langfristig eine mögliche Option gesehen.

Nutzung von Zwischenfrüchten als Biogassubstrat

Nach der Ernte der Hauptkultur (z.B. Getreide, Raps) steht oft noch genügend Vegetationszeit zur Verfügung, die für den Anbau von Zwischenfrüchten als Biogassubstrat sinnvoll genutzt werden sollten. Generell sollten nach der Ernte der Hauptfrucht jedoch noch 68-80 Tage zur Verfügung stehen, um einen erntewürdigen Aufwuchs realisieren zu können.

Zwischenfrüchte können bei massigem, erntewürdigem Aufwuchs als Biogassubstrat verwendet werden oder ggf. als Gründüngung zur Sicherung der Humusgehalte und Verminderung der winterlichen N-Auswaschung. Hierdurch kann im optimalen Fall zusätzliche Biomasse erzeugt werden oder zumindest eine Gründüngung mit den geschilderten positiven Effekten. Der Gründüngungsaspekt des Zwischenfruchtanbaus ist besonders in viehlosen Betrieben, bei intensiven Energiepflanzenfruchtfolgen (Fruchtfolgen mit Betonung auf Ganzpflanzennutzung) und auf humusarmen Böden hervorzuheben.

Weitere Vorteile des Zwischenfruchtanbaus:

- zusätzliche Auflockerung enger Fruchtfolgen
- Bindung von Reststickstoff nach der Haupternte (Wasserrahmenrichtlinie)
- Erosionsschutz durch Bodenbedeckung
- z.T. intensive Durchwurzelung des Bodens, Auflockerung des Bodens durch Wurzelmasse, Förderung der Bodengare, Stabilisierung des Bodengefüges, Schutz vor Verdichtung
- Beitrag zur Humusreproduktion und Erhalt der Bodenfruchtbarkeit
- Erweiterung des Ausbringungsfensters für Wirtschaftsdünger
- Unterdrückung von Unkräutern und Ungräsern

- viele Zwischenfrüchte sind Gesundheitspflanzen, u.a. Unterbrechung von Infektionslinien bei engen Fruchtfolgen und intensiver landwirtschaftlicher Produktion in einer Region

Nachfolgend sind in Abbildung 7 einige Zwischenfrüchte, deren Eigenschaften, Bewirtschaftungshinweise und Standortbedingungen nach Grunewald (2012) aufgelistet.

	Saattermin	Saatstärke kg/ha	Saattiefe cm	N-Düngung kg/ha	TM-Ertrag* dt/ha	pro	contra	Standortbedingungen	Nutzung
Sommerzwischenfrüchte									
Sommerraps (Kreuzblütler)	Anfang - Ende August	8-12	1-2	80-100	20-40		nicht in Fruchtfolgen mit Raps	nährstoffreiche LÖB- und Lehmböden, gute Wasserversorgung	B
Weisches Weidelgras (Sußgras)	Mitte Juli - Mitte August	40	1-2	30-100	20-50	schnellwüchsig		für niederschlagsreiche Lagen (auch höhere Lagen)	B
Einjähriges Weidelgras (Sußgras)	Ende Juli - Anfang August	40	1-2	30-100	20-40	schnellwüchsig		für niederschlagsreiche Lagen, auch für leichtere und V-Böden geeignet, aber ausreichend Niederschlag	B
Sandhafer (Sußgras)	Juli - August	25	2-4	40-80	k. A.	hohe Aufwuchsrate (bis 1,60 m), verspricht hohe TM-Erträge, für Mischungen geeignet		Bodenansprüche gering, aber gute Wasserversorgung	B
Persischer und Alexandrinerklee (Leguminose)	Ende Juli - Mitte August	20-30	1-2	0-20	15-40	optimal in Mischungen mit z. B. Phacelia oder Weidelgras	„Schneckenfutter“	braucht Wärme und Feuchtigkeit, für N-arme Böden	G, B
Blaue Lupine (Körner-Leguminose)	Ende Juli - Mitte August	120-170	2-4	0-20	20-40	Unterbodenlockerung (tief wurzelnd), kräftige Wurzel/Auflösung von Bodenverdichtung	Mehltauanfällig, „Hasenfutter“, hohe Saatgutpreise, 5-6 Jahre Anbaupausen (Anthraxnose)	für leichte Böden und Trockengebiete, für sandigere Böden: „Gelbe Lupine“, für N-arme Böden	G, B
Ackerbohne/Futterbohne (Körner-Leguminose)	Mitte Juli - Anfang August	150-200	7-8/4-6	0-20	20-45	Unterbodenlockerung (tief wurzelnd), optimal in Mischungen mit Wicke	hohe Saatgutpreise	leichte-mittlere Böden (LÖB), gute Wasserversorgung, nicht in Trockengebieten, für N-arme Böden	G, B
Sommerwicke (Körner-Leguminose)	Mitte Juli - Anfang August	90-120	3-5	0-20	20-35	in Gemenge mit Erbse/Ackerbohne, für Zuckerrüben-FF geeignet	hohe Saatgutpreise	für N-arme Böden, auch für leichtere und trockenere Standorte	G, B
Buchweizen (Knoterichgewächs)	Anfang - Mitte August	70-90	2-3	0-40	20-50	gut geeignet für Mischungen (z. B. mit Senf/Olretich oder Mungo/Phacelia)	schwach durchwurzelnd, geringe Unkraut-Unterdrückung	für leichte Böden + wasserarme Regionen, auch für V-Standorte, toleriert niedrige pH-Werte, Sorten für Gründüngung verwenden (nicht Kornnutzung)	B
Örtlich (Kreuzblütler)	Mitte August - Anfang September	25-30	1-2	0-40	15-40	Unterbodenlockerung (tief wurzelnd)	nicht in Raps-betonen FF (Kreuzblütler, Kohlerrie)		G, B, M
Gelbsenf (Kreuzblütler)	Mitte August - Mitte (Ende) September	15-25	1-2	0-40	15-40	für sehr späten Anbau geeignet (bei später Vorrüchtern)	nicht in Raps-betonen FF (Kreuzblütler - Kohlerrie) und Kartoffel-FF (Eisenfleckigkeit)	geringe Ansprüche an Boden + Klima, auch für V-Standorte, für trockenere Regionen geeignet, in Rüben-FF auf Nematodenresistenz achten	G, B, M
Phacelia (Wasserblattgewächs)	Juli - Ende August	8-14	1	0-40	15-40	ökologischer Aspekt - „Bienenweide“, Wasserblattgewächs (kaum Krankheitsüberträger), ideal für Rüben-FF	nicht in Kartoffel-FF (Eisenfleckigkeit)	geringe Bodenansprüche, auch für sandigere Böden, nicht zu feucht, auch für Trockenregionen, für Höhenlagen ungeeignet	G, B, M
Mungo (Korbblütler)	Juli - Anfang August	8-10	1-2	k. A.	k. A.	hohe Biomasseaufwuchse (1 m), geringe Lignin-Gehalte, für Raps- und Rüben-FF	nicht als Reinsaat (z. B. mit Buchweizen, Phacelia)	geringe Bodenansprüche, für Trockenregionen geeignet	B, G, M
Sudangrasybrid (Sußgras)	Juli	15-40	2-3	100-120	30-80	hohe Aufwuchse (> 1,20 m), akzeptable TS-Gehalte (z. B. Sorte „Lussi“)	keine Gemenge bekannt	auch für wärmeren Standorte und leichte Böden, keine kühlen V-Standorte	B
Serradella (Leguminose)	Juli/August	40	1-4	0-20	k. A.			saure, anlehmgige Sandböden, auch für Trockengebiete, für N-arme Böden	G, M, (B7)
Winterzwischenfrüchte									
Weisches Weidelgras (Sußgras)	September	30-45	1-2	60-100	20-50	schnellwüchsig		in niederschlagsreichen Lagen (auch höhere Lagen)	B
Winterrüben/Winterraps (Kreuzblütler)	September	8-12	1-2	30-80	20-40		für Raps-FF ungeeignet	Rüben etwas geringere Standortansprüche als Raps	B
Winterwicke (Körner-Leguminose)	Mitte September	80-120	3-5	0-20	15-30	für Rüben-FF geeignet	hohe Saatgutpreise	geringe Ansprüche an Boden und Klima, auch für leichtere und trockenere Böden, für N-arme Böden	G, B
Inkamatie (Leguminose)	August - September	25-35	1-2	0-20	15-40	in Gemengen, z. B. mit Weidelgräsern		leichte-mittlere Böden, aber gute Wasserversorgung, für N-arme Böden	G, B

* die angegebenen Erträge sind Ableitungen aus Versuchsergebnissen bzw. Richtwerte aus der Literatur, sie sind abhängig von

Saattermin, Düngung, Witterung und Standort (Boden)

B = Aufwuchs zur Ernte für Biogasproduktion geeignet

G = zur Gründüngung

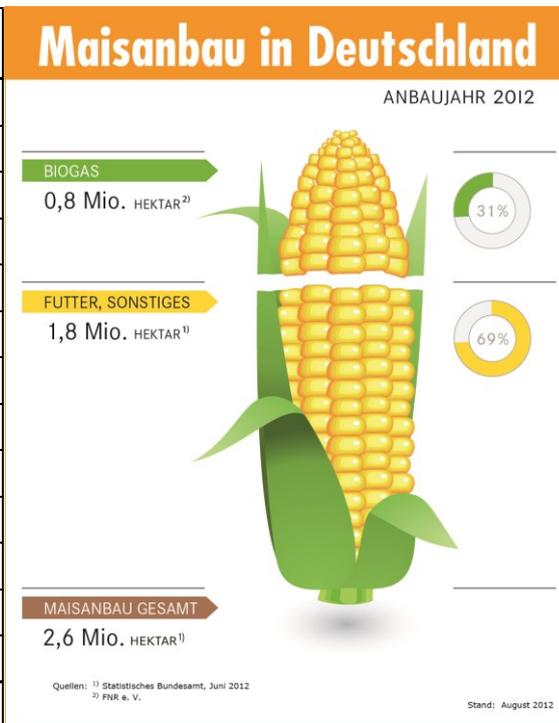
M = zur Mulchsaat der Nachfolgekultur geeignet (sicher abfrierend)

Abbildung 7: Sommer- und Winterzwischenfrüchte mit Produktionstechnischen Daten, Anbaubedingungen und Hauptverwendungszweck (Grunewald 2012)

Hauptkultur des Substratmix für die Biogasproduktion ist Mais. Im Gegensatz zu anderen Bundesländern (vgl. Tabelle 1) ist die Maisanbaufläche in Sachsen mit einem Anteil von ca. 13,4 % (ca. 96.100 ha) an der Gesamt-Ackerfläche noch moderat (Statistisches Bundesamt 2012). In einigen Regionen mit oftmals sehr getreidebetonten Fruchtfolgen stellt der Mais z.Z. eher noch eine Bereicherung dar und trägt damit z.T. regionsbezogen zu einer Diversifizierung sehr enger, Getreide- und Rapsbetonter Fruchtfolgen bei. Bei weiter ansteigender Anzahl an Biogasanlagen in Sachsen ist jedoch hierauf weiter zu achten. Mais Selbstfolgen sind aus phytosanitären Gründen und aus Gründen der Diversifizierung, weitgehend zu vermeiden. Der Hauptanteil der Maisproduktion in Deutschland geht in die Tierfütterung (69%, 1,8 Mio. ha). Für Biogas werden ca. 31 % (0,8 Mio. ha) eingesetzt (Statistisches Bundesamt 2012, FNR 2012).

Tabelle 1: Maisanbaufläche in Deutschland nach Bundesländern und Nutzungsrichtung, Sortiert nach dem Anteil der Maisfläche an der jeweiligen Ackerfläche (Statistisches Bundesamt 2012, links), sowie Aufteilung nach der Nutzung (FNR 2012a, rechts)

Bundesland	Körnermais [ha]	Silomais [ha]	Mais-Anbaufläche gesamt [ha]	Anteil an Ackerfläche [%]
Niedersachsen	92.500	515.300	607.800	32,4
Schleswig-Holstein	1.100	194.000	195.100	28,9
Nordrhein-Westfalen	104.600	177.000	281.600	26,6
Bayern	124.100	399.400	523.500	25,4
Baden-Württemberg	72.900	109.100	182.000	21,9
Brandenburg	25.700	165.400	191.100	18,6
Mecklenburg-Vorpommern	5.900	155.200	161.100	14,9
Sachsen	21.500	74.600	96.100	13,4
Sachsen-Anhalt	19.400	113.200	132.600	13,2
Saarland	300	3.700	4.000	10,8
Rheinland-Pfalz	8.900	30.700	39.600	9,9
Thüringen	5.200	51.900	57.100	9,3
Hessen	5.800	38.200	44.000	9,2
Deutschland gesamt	487.900	2.028.800	2.516.700	21,2



1.2. Agroforstsysteme und Anbau von schnellwachsenden Baumarten in Kurzumtriebsplantagen

Die Anforderungen an die Leistungen und Funktionen der Landwirtschaft, wie z.B. die nachhaltige Produktion von hochwertigen Nahrungsmitteln und weiteren Bioressourcen (z.B. nachwachsende Rohstoffe zur stofflichen und energetischen Nutzung), die Landschaftspflege/-gestaltung und die Bereitstellung von Umwelt- und Ökosystemdienstleistungen, aber auch die Anforderungen an den landwirtschaftlichen Umwelt- und Ressourcenschutz (Gewässer, Boden, Luft, Klima, Biodiversität etc.) werden zukünftig unter Klimawandelbedingungen ansteigen. Durch die zu erwartenden Änderungen von Temperatur und Niederschlag und deren räumlicher und zeitlicher Verteilung, aber auch v.a. durch Veränderungen von Extremereignissen in Häufigkeit und Intensität, wie lokale Starkniederschläge, Hagel- und Sturmereignisse, Dürre und Trockenperioden, sowie Hochwasser ergeben sich zunehmende Gefahrenpotenziale. Durch den Klimawandel verknappt sich zudem die Verfügbarkeit natürlicher Ressourcen für Wachstum und Produktion. Ziel der Anpassung an klimatische Veränderungen in der Landwirtschaft ist der Erhalt der Leistungs- und Funktionsfähigkeit landwirtschaftlicher Systeme auch unter veränderten klimatischen Rahmenbedingungen. Dies beinhaltet auf der einen Seite die Entwicklung und Bereitstellung geeigneter Anpassungsmaßnahmen durch eine angepasste Wirtschaftsweise, jedoch auf der anderen Seite auch die Einbeziehung, ggf. erst langfristig umsetzbarer, ‚neuer‘ Anbausysteme, ggf. auch als Übergangsformen. Hierzu zählen z.B. der gleichzeitige Anbau von landwirtschaftlichen Kulturen und Gehölzen in Agroforstsystemen oder der Anbau von Energieholz in Kurzumtriebsplantagen. Hierfür kommen, unter dem Gesichtspunkt des Klimawandels, primär Flächen mit besonderen Klimawandelrisiken (Trockenheit, Erosion) oder einer Verminderung bislang standörtlich limitierender Faktoren durch Klimawandel (in Erzgebirgslagen ggf. weiter rückgängige Aufforstungsaktivitäten) in Frage und damit eine mögliche, schrittweise Veränderung bisheriger prioritärer Nutzungssysteme.

Um die negativen Folgen klimatischer Veränderungen für die Landwirtschaft zu minimieren und die Chancen zu nutzen, kommt der Steigerung der Robustheit landwirtschaftlicher Systeme eine zentrale Bedeutung zu. Bei fortschreitendem Klimawandel könnten daher langfristig in Zukunft alternative Landnutzungen wie z.B. KUP und Agroforstsysteme oder z.B. auch neue Kulturen, wie z.B. Hirse, *Miscanthus*, (v.a. auf Trockenstandorten) eine Anpassungsoption darstellen, bestehende Landnutzungssysteme ergänzen und an Bedeutung gewinnen. Hierbei spielt weiterhin die Nutzung und Weiterentwicklung technischer Möglichkeiten und Innovationen eine wichtige Rolle, um die Möglichkeiten solcher Anpassungsoptionen regions-, standort- und betriebsbezogen zu optimieren. Dazu besteht zukünftig in der REGKLAM-Modellregion Dresden noch weiterer Forschungs-, Förderungs- und Entwicklungsbedarf.

1. Agroforstsysteme

Agroforstsysteme könnten bei fortschreitendem Klimawandel vorteilhaft eingesetzt werden, da sie zum einen den Anbau der gängigen Hauptkulturen erlauben, zum anderen aber auch energetisch oder stofflich nutzbare Biomasse erzeugen und weiterhin für eine Strukturierung der Landschaft sorgen und das Mikroklima positiv beeinflussen.

Nach FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010) ist Agroforst:

Managed use of woody perennials (trees, shrubs, etc.) within agricultural or pastoral land use systems. In these systems both ecological and economic interactions are considered.

(Gezielte Nutzung von verholzenden mehrjährigen Pflanzen (Bäume, Sträucher, etc.) innerhalb eines Acker- oder Grünlandbewirtschaftungssystems, in dem ökologische und ökonomische Wechselwirkungen stattfinden).

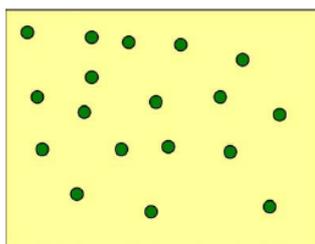
Agroforstsysteme können in zwei größere Formen unterteilt werden (BENDER et al. 2009). Diese zwei Nutzungsformen hängen davon ab, ob auf dieser Fläche Viehwirtschaft oder Pflanzenbau betrieben wird.

So gibt es:

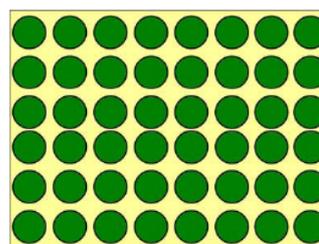
- Silvopastorale Systeme von Bäumen mit Grünland und
- Silvoarable Systeme von Bäumen mit Ackerland.

BATISH et al. (2008) sehen z.B. in der Kombination von Bäume mit Nutzpflanzen und – Tieren die Möglichkeit, deren multiple Effekte und Ökosystemleistungen für eine nachhaltigen Nahrungsmittelproduktion zu nutzen. Hinsichtlich der Multifunktionalität und ökologischen und ggf. ökonomischen Vorteile, bieten AFS die Chance mehrere Landnutzungssysteme zu etablieren und der Nachfrage nach Bioenergieträgern und Nahrungsmitteln gleichzeitig gerecht werden zu können (GRÜNEWALD und REEG, 2009).

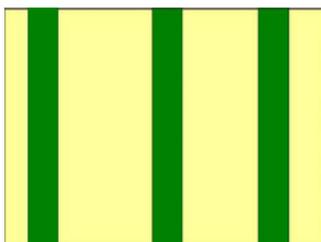
Abbildung 8 zeigt die prinzipiellen Möglichkeiten einer mehr agrarwirtschaftlichen Flächennutzung in einem AFS. In Sachsen kommen hier vor allem Streuobstwiesen und der Anbau von Energieholz in Kurzumtriebsplantagen vor. Langfristig könnte jedoch auch das „Alley-cropping“ (Streifenanbau) für die auf maschinelle Bewirtschaftungsweise ausgerichtete Landwirtschaft interessanter werden. Hierzu existieren jedoch derzeit nur wenige Anlagen, vorwiegend zu Forschungszwecken.



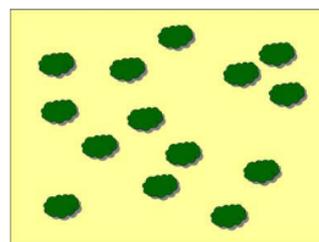
Typ L 1; Beispiele: Dehesas, Oliven



Typ L 2; Beispiele: Streuobstwiesen



Typ L 3; Beispiele: Alley-cropping, Energieholzstreifen



Typ L 4; Beispiele: Halboffene Weidelandschaften

Abbildung 8: Übersicht der Kombinationsmöglichkeiten eines AFS mit Dominanz der Feldkulturen, nach Zehlius-Eckhart et al. (2010)

In der Literatur finden sich zwei Nutzungsmöglichkeiten von Bäumen in Feldkulturen.

- 1) reine Energieholzbestände (Kurzumtrieb)
- 2) Wertholz und/oder Obst

Nutzungsversion 1 „Energieholzproduktion“

In der ersten Variante handelt es sich um geschlossene Baumstreifen oder -bestände, deren Arten für die Produktion von Energieholz oder Biomasse im Kurzumtrieb (Intervall von 2 oder bis zu 20 Jahren) geeignet sind (vgl. nachfolgendes Kapitel zu Kurzumtriebsplantagen). Diese Eigenschaften bringen in Sachsen vor allem Weide, Pappel, Robinie, Erle und Birke mit. Aufgrund des Kurzumtriebes wird die Baumkultur eine Höhe erreichen, deren Schatteneinfluss für die Feldkultur von geringerer Bedeutung ist als in der zweiten Version mit Werthölzern. Wobei die Größe des Unterschiedes vor allem durch die Umtriebsdauer beeinflusst wird. Durch den dichteren Bestand hat der Kurzumtrieb eine stärkere Wind bremsende Wirkung.

Durch einen mehrstreifigen, zeitversetzten Anbau lässt sich der Einfluss des Baumstreifens dauerhaft im AFS erhalten und dessen positive Effekte ausnutzen (QUINKENSTEIN et al. 2008), da die Reihen im Kurzumtrieb nicht zu einem Zeitpunkt komplett beerntet werden. Eine weitere Möglichkeit besteht, darin, in einem Baumstreifen die einzelnen Reihen mit jeweils verschiedenen Arten zu bepflanzen. Neben der alternierenden Beerntung besteht der Vorteil weiterhin in einer Streuung des Risikos von Ausfällen.

Nutzungsversion 2 „Wertholz- und/oder Fruchtproduktion“

Eine weitere Möglichkeit besteht in der Pflanzung von Baumarten für die Holzverarbeitung (stoffliche Nutzung). Es handelt sich hierbei z.B. um Edellaubbäume, die nach 40-70 Jahren geschlagen werden können (z.B. Furnierholzproduktion o.ä.) (BENDER et al. 2009).

Für die weiteren Betrachtungen werden im Folgenden nur der Streifenanbau („Alley-cropping“) mit energetischer Nutzung schnellwachsender Baumarten und der Anbau von Energieholz in Kurzumtriebsplantagen betrachtet.

In Tabelle 2 sind die Vor- und Nachteile von AFS genannt.

Tabelle 2: Vor- und Nachteile von AFS bezüglich Gemengepartnern, Umwelt und Nutzer. (nach Batish et al. 2008, ergänzt nach Grünewald und Reeg 2009, und Zehlius-Eckert et al. 2010).

Vorteile	Nachteile
Nachhaltige und Sichere Erträge	Ressourcenkonkurrenz
Bodenfruchtbarkeit, Umverteilung der Nährstoffe aus tieferen Bodenschichten	Allelopathie, chemische Interferenz
Günstigeres Mikroklima	Überwinterung von Erregern und Schädlingen
Sicherung der Wasserqualität	In Summe verstärkte Verdunstung, geringere Grundwasserneubildung, erhöhte Grundwasserabsenkung in Trockenzeiten
Unkraut und Krankheitsregulierung	Schadenbildung
Kohlenstoffsequestration und Verringerung klimaschädlicher Gase	Erhöhte Anfälligkeit gegen Wildverbiss, erfordert Zäunung
Erhöhung der Nahrungsmittelsicherheit	Niedrigeres Ertragsniveau, durch Schattenwurf, Wurzelkonkurrenz, Tau, verstärkte Schneeablagerung und

	Windverwirbelung hinter dem Gehölzstreifen
Erhaltung und Steigerung der Biodiversität	Stoßartige CO ₂ -Freisetzung bei Energieholzpflanzung auf Grünland mit Umbruch
Habitat für Wild- und Nutztiere	Arbeitszeitbedarf, verglichen mit flächigem Anbau von Gehölzen und Feldkulturen
Phytoremediation Flächen-/ Bodensanierung mit Pflanzen	invasives Verhalten von evtl. eingeführten Spezies

In Abbildung 9 ist der Einfluss von Bäumen auf landwirtschaftliche Kulturen (nach Chalmin 2009) dargestellt.

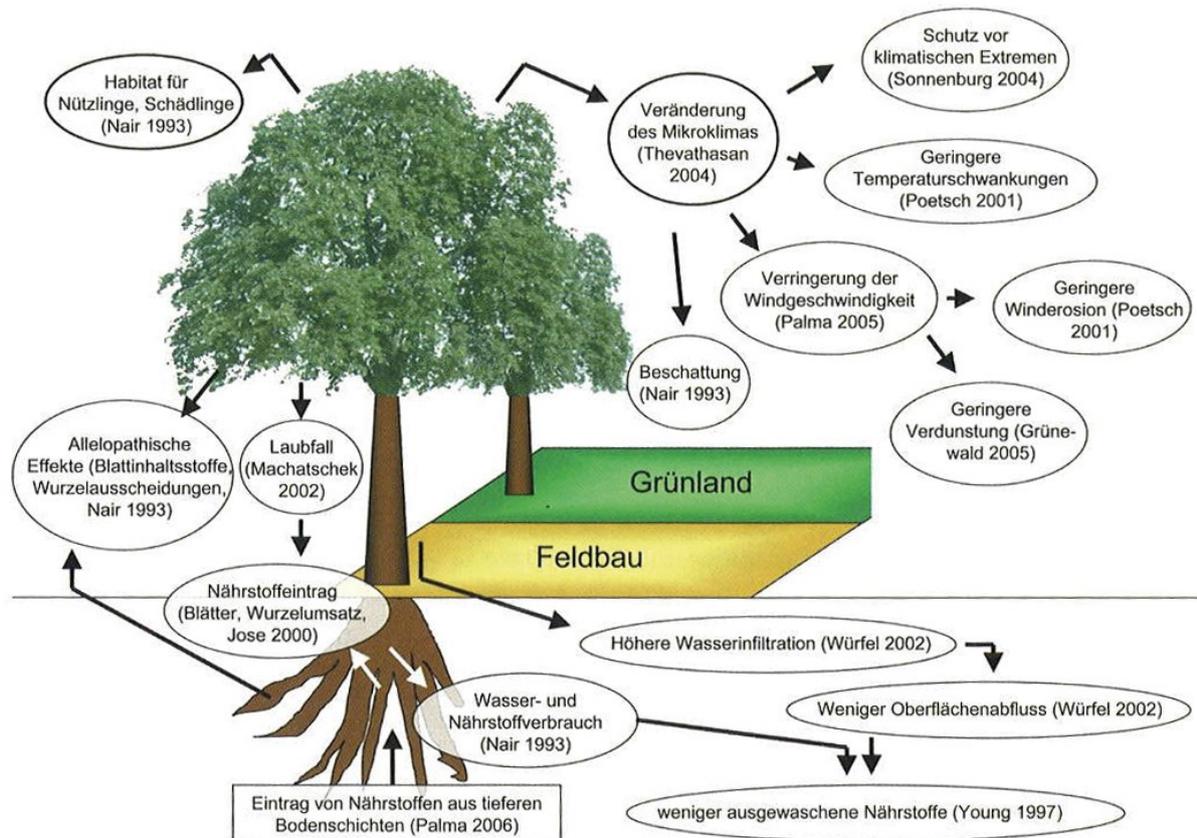


Abbildung 9: Veranschaulichung der Einflüsse von Bäumen auf landwirtschaftliche Kulturen mit Nennung entsprechender Untersuchungen, aus CHALMIN (2009)

Unter den Aspekten des Klimawandels sind davon besonders hervorzuheben:

- Verbesserung des Mikroklimas
- Belebung offener Agrarlandschaften
- Minimierung der Winderosion
- Minderung der Wassererosion in Hanglage
- Belebung Artenvielfalt, evtl. auch Biotopvernetzung
- wirtschaftliche Nutzung der Baumreihen
- anzustreben: jeweils nur Teilbeerntung der Baumreihen zum Erhalt der Vorteilswirkungen

→ Grundvoraussetzung: Fläche bleibt Ackerfläche, erfüllt aber zusätzliche Funktionen

Durch den wachsenden Baumbestand verändern sich die Umweltbedingungen für die Ackerkultur. Dies führt zu Veränderung des Mikroklimas im Bestand und damit auch des Ertrages, des Unkraut- und Schaderregerbefalls etc. (JOSE et al. 2008).

Durch die Heckenstreifen, die senkrecht zur Hauptwindrichtung angelegt werden, wird das Mikroklima verändert. Die Einflüsse auf verschiedensten Umweltaspekte sind in Abbildung 10 dargestellt. Diese wirken größtenteils positiv auf die Ackerkulturen (GRÜNEWALD et al. 2009)

VETTER & BÄRWOLFF (2010) ermittelten für Dornburg (Thüringen) eine bis zu 6 % geringere Bodenfeuchte in der direkten Nähe (4 m) zu den Bäumen. Auf einer Entfernung von 4-8 m wurde hingegen eine Steigerung der Bodenfeuchte von 3 %, bei einer Baumstreifenhöhe von 1,5 m, gemessen. Dies wird auf eine geringere Evapotranspiration zurückgeführt, weil Temperaturmaxima und Verdunstung gesenkt, sowie die Taubildung gefördert werden. Eine Verringerung von Hitzeschäden an Feldkulturen ist dadurch gleichzeitig gegeben.

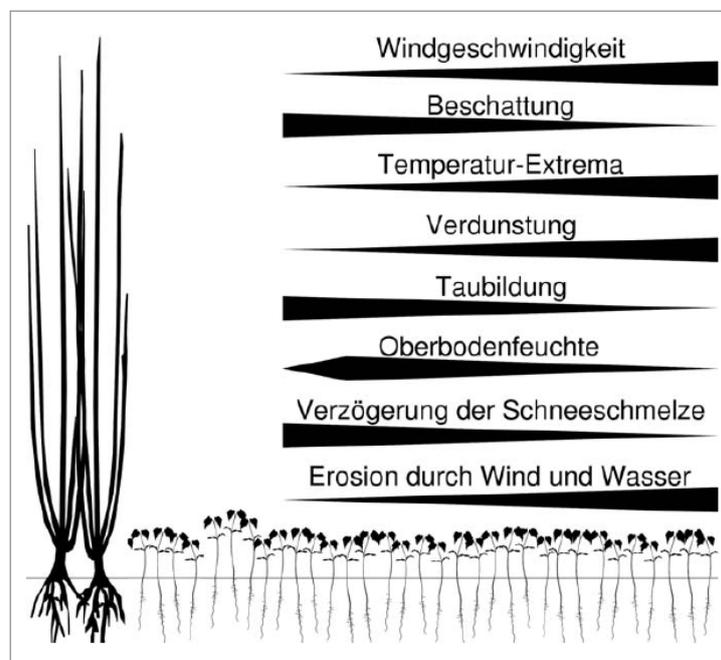


Abbildung 10: Veränderungen für die Ackerkultur im Mikroklima auf der Wind abgewandten Seite, durch die Anlage von Baumreihen quer zur Hauptwindrichtung, nach Quinkenstein et al. 2008.

Außerdem wird auf Grund der windbremsenden Wirkung der Bäume, die Winderosion abgeschwächt.

Die Anlage von Streifen quer zum Gefälle (in Abhängigkeit der Hauptwindrichtung und des Gefälles) mit Wechsel der Bestandeshöhe und -struktur bewirkt eine Erhöhung der Bodenbedeckung und Oberflächenrauhigkeit, sowie eine Verkürzung der Hanglänge, damit eine Erhöhung der Infiltration, verhindert bzw. bremst einen großflächigen Abfluss und stellt damit eine wirksame zusätzliche Maßnahme zur Minimierung der Bodenerosion durch Wind und Wasser dar. Wenn möglich (Windrichtung, Bearbeitung etc.), können die Baumstreifen auch entlang einer Höhenlinie angepflanzt werden, um den besten Effekt hinsichtlich Wassererosion zu erzielen.

Die Einflüsse in Abhängigkeit vom Abstand zur Baumreihe sind in Abbildung 11 dargestellt. Es wird deutlich, dass die Strukturierung der Landschaft durch Baumreihen in AFS einen Einfluss auf verschiedene klimatische Größen (Niederschlag, Verdunstung, Windgeschwindigkeit) und deren räumliche Verteilung hat und damit auch z.B. auf die Bodenfeuchte und den Ertrag. Dies spielt v.a. unter dem Aspekt des Klimawandels eine wesentliche Rolle für die zukünftigen Etablierung und Umsetzung von Agroforstsystemen.

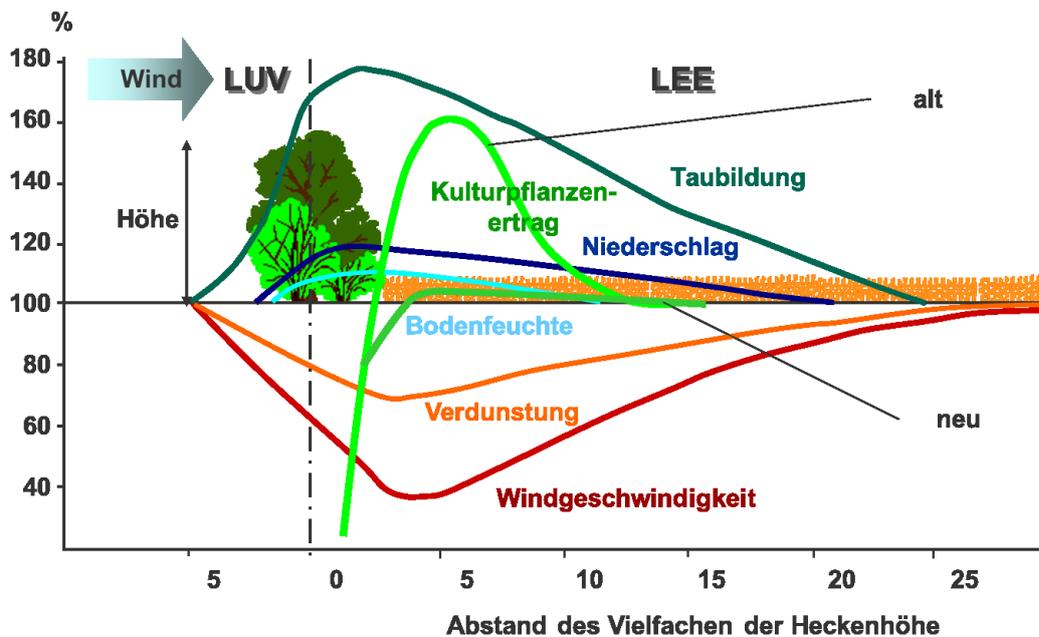


Abbildung 11: Veränderungen verschiedener Randbedingungen mit Abstand von der Baumreihe und der Windrichtung (Schwabe 2005, nach Schulte 1993, Buchner 1999)

Um die positiven Effekte der Baumreihen auch bei Beerntung zu erhalten, schlagen verschiedene Autoren eine teilweise Reihenbeerntung vor (z.B. Quinkenstein et al. 2008, Grunert 2010c; siehe Abbildung 12)

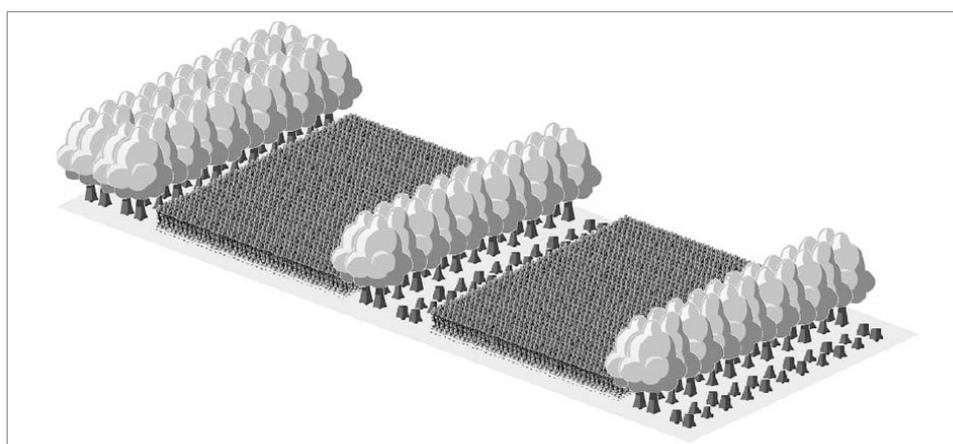


Abbildung 12: AFS bei teilweiser Reihenbeerntung zum Erhalt der Windschutzwirkung (Quinkenstein et al. 2008)

Neben den positiven kann es jedoch auch negative Effekte in AFS geben. Durch eine falsche Baumpartnerwahl können z.B. Habitate oder Überwinterungsmöglichkeiten für Schädlinge geschaffen werden. Tabelle 3 zeigt einige Beispiele für Gehölze, die als Wirt oder Überwinterungsquartier für Schädlinge und Erreger fungieren können (CHALMIN et al. 2009).

Tabelle 3: Eine Auswahl an Gehölzen als Überträger von Schaderregern nach Chalmin et al. 2009

Baumart	Schädling/ Erreger
Wild Kirsche <i>Prunus avium</i>	Kirschfruchtfliege
Gewöhnliche Robinie <i>Robinia pseudoacacia</i>	Pflaumenschildlaus
Weiden <i>Salix spp.</i>	Rußfleckenkrankheiten
Apfel <i>Malus silvestris</i> , Birne <i>Pyrus communis</i>	Feuerbrand

Ein weiterer Aspekt ist, dass Pflanzen durch das Ausscheiden von Substanzen andere Pflanzen an ihrem Wachstum hindern und beeinträchtigen können (Allelopathie, z.B. JOSE et al. 2008).

Die Windbremsenden Wirkungen von AFS und einer höheren Bodenfeuchte, die auch für die Kulturen in Trockenphasen essentiell sein kann, ist vor allem für landwirtschaftliche Ungunststandorte ein interessanter Aspekt. Vor allem mit Blick auf die zu erwartenden Klimaentwicklungen in Sachsen, ist dies z.B. besonders für Nord- und Ostsachsen eine Möglichkeit die Wasserressourcen in der Landwirtschaft nachhaltig zu nutzen. Versuche aus Südbrandenburg an der Grenze zu Sachsen belegen diese positiven Effekte (GRÜNEWALD & REEG 2009) auch für diese Region.

Pflanzenschäden und Ertragsverluste, die durch Wasserdefizit und Temperaturmaxima entstehen, können durch das verbesserte Mikroklima in AFS, welches vor allem in trockenen und heißen Sommern von Bedeutung ist, gesenkt werden (BRANDL et al. 2004).

Zusätzlich werden durch AFS bessere Nährstoffausnutzungen erreicht. Die effektivere Nutzung ist bedingt durch eine geringere Auswaschung, Nutzung tiefer liegender Nährstoffe und symbiotische N-fixierung. Gleichzeitig wird die Bodenfruchtbarkeit durch einen höheren Humusgehalt gesteigert.

Hinzuweisen ist auf den achtsamen Einsatz von Neophyten und deren Allelopathie sowie invasives Verhalten, um Schäden in der bestehenden Kulturlandschaft, durch eine rasant und ungebremste Ausbreitung dieser Arten, zu vermeiden.

Ausführungen zu den rechtlichen Rahmenbedingungen und den Fördermodalitäten in Sachsen finden sich in nachfolgendem Kapitel.

2. Kurzumtriebsplantagen

Zur nachhaltigen Nutzung nachwachsender Rohstoffe und der steigenden Nachfrage ist die Anlage von Kurzumtriebsplantagen kurz- bis mittelfristig eine mögliche Maßnahme. Dies beinhaltet die Nutzung schnellwachsender Baumarten auf Ackerflächen. Um die Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion zu minimieren, sollten KUP im Zuge des Klimawandels auf Standorten mit geringem ackerbaulichen Nutzungspotenzial (Marginalstandorten) oder auf Standorten oder Teilflächen mit hoher Klimabetroffenheit, z.B. hohe

Erosionsgefährdung, jedoch unter der Berücksichtigung der Anforderungen der verwendeten Baumarten (LfULG 2010d) angebaut werden.

Der Anbau schnellwachsender Baumarten in Kurzumtriebsplantagen (KUP) ist eine spezielle landwirtschaftliche Produktionsform bei der Holzbiomasse, zumeist zur energetischen Nutzung, auf landwirtschaftlichen Nutzflächen erzeugt wird. Eine KUP ist als Dauerkultur anzusehen mit ca. 20-jähriger Nutzungsdauer bei Umtriebszeiten von zwei bis 20 Jahren.

Unter europäischen Klimabedingungen haben sich Pappel- und Weidenarten als besonders geeignet erwiesen. Sie zeichnen sich durch rasches Jugendwachstum, leichte Vermehrbarkeit, gutes Stockausschlagvermögen, Dichtstandsverträglichkeit und Krankheits-toleranz aus.

Abbildung 13 zeigt verschiedene Konzepte und Strukturen bei der Anlage einer KUP. Diese hängen sowohl vom Produktionsziel und den Randbedingungen (z.B. Bodenzahl), als auch z.B. von den Schutzziele, wie z.B. Erosionsschutz, Verminderung des Nährstoffeintrages an Fließgewässern oder technischen Randbedingungen, wie z.B. der Verbesserung der Techniks Schlagkraft durch Schlaggestaltung, Befahrbarkeit, Beerntbarkeit, ab.

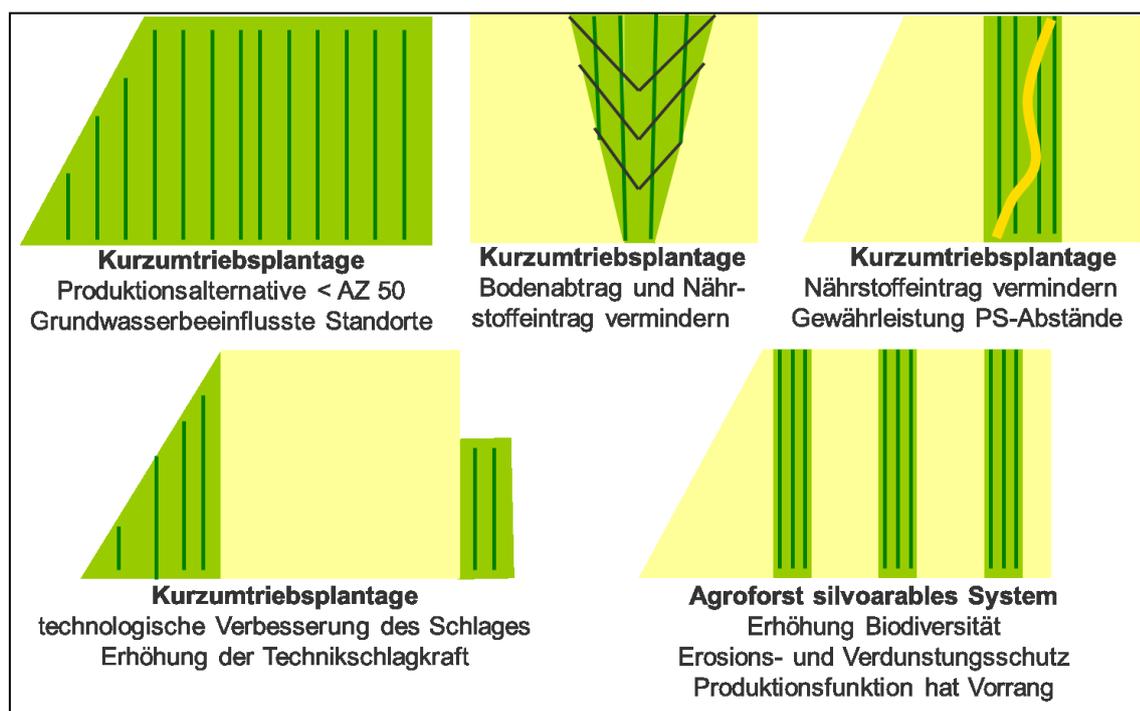


Abbildung 13: Energieholzproduktion - Einordnung in die Landwirtschaft (Grunert 2010)

Abbildung 14 zeigt Standorte von Kurzumtriebsplantagen in Sachsen (Praxis- und Versuchsflächen; nach Grunert 2010c). Es wird deutlich, dass in verschiedenen Regionen Sachsens schon z.T. mehrjährige Erfahrungen mit dem Anbau von KUP bestehen. In der Regklam-Region Dresden finden sich diese v.a. im westlichen Teil der Region, sowohl auf Lößstandorten, als auch auf V-Standorten in Vorgebirgslage. Innerhalb der Regklam-Partnerbetriebe wird z.B. in der Colmnitzer Agrar AG eine Kurzumtriebsplantage angebaut. Diese wird zusammen mit dem Verein zur Förderung von Biomasse und nachwachsenden Rohstoffen e.V., Freiberg, bewirtschaftet.

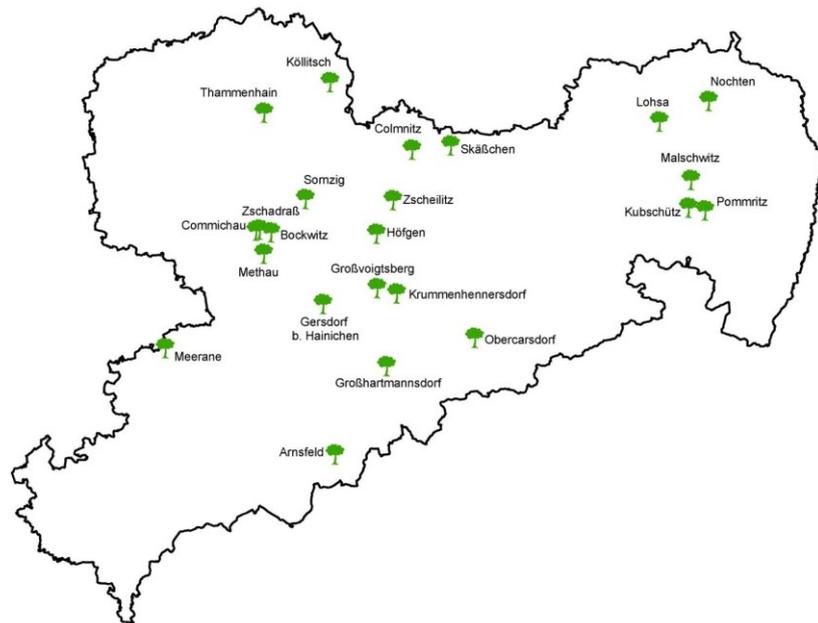


Abbildung 14: Kurzumtriebsplantagen Standorte in Sachsen
(Praxis- und Versuchsflächen; Grunert 2010c)

Bei AFS mit Pappel und Weide für den Kurzumtrieb sollte auf Böden mit Ackerzahlen unter 35, wo der Anschluss an das Grundwasser $> 2,5$ m ist, verzichtet werden. Da dies eine Wasserkonkurrenz zur Ackerkultur darstellen kann (MURACH et al. 2009).

Weitere Empfehlungen zum Anbau von schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb, auch für die Regklam-Region Dresden, finden sich in LfULG (2010d) und werden hier nur verkürzt, stichpunktartig aufgeführt:

Standortansprüche von schnellwachsenden Baumarten (Pappel, Weiden):

- Sand- und Lehmböden mit fließendem Grundwasser
- Mindestbodenqualität: Böden mit Ackerwertzahl ≥ 30
- Niederschläge: mindestens 500 mm pro Jahr

Sorten: standortbezogene Sortenwahl unter Berücksichtigung von Resistenzen, Ertrag und Standortansprüchen

Pflanzgut:

- Steckholz: einjährige Triebe in Winterruhe, gerade, ohne Verletzungen, geschlossene Knospen, 20 – 30 cm lang
- Steckruten: 80 – 250 cm, Bezug aus Forstbauschulen

Bodenbearbeitung

- Lehmböden: Herbstfurche vor dem Anlagejahr, Frühjahr: Grubber-Eggen-Strich
- Sandböden: Frühjahrsfurche und Grubber-Eggen-Strich
- verunkrautete Flächen: Herbizidbehandlung einige Tage vor dem Pflanzen

Pflanzung

- Pflanzung im Frühjahr, manuell mit Steckeisen (Kleinstflächen) oder Pflanzmaschine
- 16 000 Steckhölzer/ha (zwei- bis dreijähriger Umtrieb) (2 m · 0,30 m)

- 12 000 Steckhölzer/ha (vier bis sechsjähriger Umtrieb) (2 m · 0,75 m Doppelreihe)
- 1 667 Steckhölzer/ha (≥ 8 Jahre Umtrieb)

Pflege und Schutzmaßnahmen (1. Standjahr)

- gegen Unkräuter im Voraufbau Einsatz eines Bodenherbizids
- Bewässern der Steckhölzer bei starker Trockenheit nach der Anpflanzung
- Entfernen von Ungräsern und Unkräutern mit Roll- oder Scharhacke oder Leichtgrubber
- bei Unkraut in den Reihen ist der Freischneider einzusetzen

Krankheiten und Pflanzenschutz

- wirtschaftliche Schäden durch pilzliche und tierische Krankheiten sind durch Anbau mehrerer Baumarten und Sorten zu vermeiden
- Gefahr Rehwildverbiss (Fegeschäden): Zaunbau oder Vergrämungsmittel
- Gefahr Wühlmausbefall: Auslegen von Ködern

Düngung: pro Rotation in Höhe des Entzuges, zu beachten

sind:

- Versorgungszustand des Bodens P, K, Mg
- Bodenreaktionszustand pH-Wert
- Nmin-Wert im Boden (Frühjahr)
- Blattanalyse zur Kontrolle des Ernährungszustandes

Ernteverfahren

- Motormanuelles Verfahren, Kosten 50 €/t TM Hackschnitzel
- Fäller-Bündler-Verfahren, Kosten 23 – 30 €/t TM Hackschnitzel
- Fäller-Hacker-Verfahren, Kosten 10 – 15 €/t TM Hackschnitzel

Erträge

- Bei mittlerer Umtriebszeit (4 – 5 Jahre) sind Jahreserträge von 10 – 12 t TM/ha erreichbar.
- Schwankungsbreite: 6 – 25 t TM/ha nach Standort, Sorte

Kosten

Die Vollkosten bis zur Bereitstellung von Hackschnitzeln mit ≤ 20 % Restfeuchte betragen 72 €/t bis 95 €/t. Die Verfahrenskosten werden entscheidend durch die Ernte, Trocknung und Lagerung beeinflusst. Bei der Anlage der Plantage sind es die Steckholzkosten.

Rekultivierung

Rodefräsen erreichen eine 80-prozentige Zerstörung der Wurzelstöcke. Hierfür sind zwei bis drei Arbeitsgänge und der Einsatz der Kreiselegge notwendig.

Ökologische Wirkung

- geringer Einsatz an Pflanzenschutz- und Düngemitteln
- Anbau in Form von Schutzstreifen mindert die Winderosion auf offenen Flächen
- Beitrag zum Klimaschutz, CO₂-neutraler Brennstoff
- Schonung endlicher Ressourcen (3 t Holzhackschnitzel ersetzen 1 t Heizöl)

Für die Integration von KUP in die Landwirtschaft bzw. Agrarlandschaft macht Vetter (2010) folgende allgemeine Vorschläge und Empfehlungen:

- schlechte bis mittlere Bodenqualitäten mit geringen Getreideerträgen: KUP mit Weide und Pappel in 3- bis 6-jährigem Umtrieb
- mittlere bis gute Bodenqualitäten, i.d.R. in ‚ausgeräumten Agrarlandschaften‘: Agroforstsysteme mit Pappel und ‚Biotopaufwertern‘ in 8- bis 12-jährigem Umtrieb
- Splitter- und Restflächen zur technologischen Verbesserung der Erträge: Pappeln und Weiden in 8- bis 12-jährigem Umtrieb
- Uferrandbegrünung zur Minderung von unerwünschten Stoffeinträgen (P) in Fließgewässer: Weiden, Pappeln, Erlen in 10- bis 15-jährigem Umtrieb
- Rekultivierungsstandorte mit geringer Bodenfruchtbarkeit: Robinie als Pionierpflanze mit 3- bis 8-jährigem Umtrieb
- Grünlandstandorte zur Verbesserung der Wertschöpfung: Wertholz (Kirsche, Walnuss etc.) mit einmaliger Ernte > 50 Jahre (Erhalt Grünlandstatus)

Vorteile von KUP und Agroforstsystemen

Die Vorteile von KUP sind prinzipiell die gleichen wie bei AFS. Grunert (2010c) liefert eine Übersicht:

- Nutzung von Biomasse aus KUP ist eine lohnende Alternative zu fossilen Energieträgern
- Extensive Landnutzung → Reduktion der Ausbringung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln, Minimierung von Pflanzenschutzmittel- und Nährstoffeinträgen in Grund- und Oberflächenwasser (nach Anpflanzjahr kein Pflanzenschutz, lediglich P/K/Ca-Ausgleichsdüngung)
- Erosionsschutz (Wind, Wasser), Minderung v.a. der Winderosion in strukturarmen Regionen, Minderung der Wassererosion in Hanglagen
- Nutzungsalternative auf ertragsschwachen und belasteten Standorten
- Landschaftselement in ausgeräumten Agrarlandschaften, Belebung offener Agrarlandschaften
- Schaffung von Biotopverbund und Erhöhung der Biodiversität
- Humusanreicherung, Verbesserung der Bodenstruktur (mind. 19 Jahre keine Bodenbearbeitung, positive Humusbilanz)
- Schaffung regionaler Wertschöpfungsketten

Risiken von KUP und Agroforstsystemen

- Erosionsgefährdung im Anpflanzjahr und nach Rückumwandlung (tiefe Bodenbearbeitung, Fräse)
- Gefahr der Bodenverdichtung bei feuchten Erntebedingungen und nach der Rodung
- ggf. negative Auswirkungen auf das Landschaftsbild bei großflächigem Anbau
- evtl. geringere Grundwasserneubildung
- Robinie ist als invasive Art eingestuft
- Festlegung des Anbaus auf mind. 20 Jahre → Pachtverträge
- Entwicklung der gesetzlichen Rahmenbedingungen

- Preisentwicklungen
- Erntetechnik
- Gesellschaftliche Meinung zum Biomasseanbau
- Politische Rahmenbedingungen

Abbildung 15 zeigt abschließend die Vor- und Nachteile von KUP mit Blick auf die Bodenfruchtbarkeit und den Bodenschutz.

positiv	kritisch
- Minimierung von Erosionsgefährdungen - mind. 19 Jahre keine Bodenbearbeitung und kein Pflanzenschutz - positive Humusbilanz (Daten fehlen noch) - geringe Nährstoffentzüge	- Erosionsgefahr in Anpflanz- und Rodejahr - Gefahr der Bodenverdichtung bei feuchten Erntebedingungen und nach der Rodung
=> deutliche Vorteile für die Bodenfruchtbarkeit, bei Berücksichtigung der Risiken in Pflanz- und Rodejahr	

Abbildung 15: KUP aus Sicht der Bodenfruchtbarkeit

Rechtliche Regelungen

Eine vergleichbare Förderung wie für Erstaufforstung gibt es für Agroforstsysteme nicht, die Fläche bleibt rechtlich gesehen eine landwirtschaftliche Fläche und damit bleiben bestehende Zahlungsansprüche erhalten. Die Beihilfefähigkeit von KUP und Agroforstsystemen ist unter der Voraussetzung gegeben, dass Pappeln, Weiden, Birken, Erlen, Eschen und/oder Robinien mit einer Umtriebszeit von max. 20 Jahren angebaut werden (Grunert 2010c). Die Novelle des BWaldG hat hierbei Rechtssicherheit geschaffen, so dass der Status „landwirtschaftliche Nutzfläche“ nicht mehr an die Beihilfefähigkeit der Fläche gebunden ist. Die Errichtung klassischer Agroforstsysteme mit Wertholzgewinnung ist bei Erhalt der Beihilfe nur eingeschränkt möglich (max. 50 Bäume/ha). Die Mindestgröße eines Schlags muss 0,3 ha, die beihilfefähige Fläche eines Betriebes mindestens 1 ha betragen (Förderfähigkeit).

Aufgrund des Grünlanderhaltungsgebotes wird nach derzeitiger Rechtslage keine Möglichkeit gesehen, KUP oder Agroforstsysteme auf beihilfefähigem Grünland anzulegen, ohne dass dies als Grünlandumbruch gewertet wird.

Das Anlegen von KUP und Agroforstsystemen ist laut Naturschutzgesetzgebung kein Eingriff in die Natur, es gilt das Verschlechterungsverbot gemäß Natura 2000. Jedoch sollte bei der Planung die zuständige Naturschutzbehörde mit einbezogen werden, um spätere Schwierigkeiten zu vermeiden. Des Weiteren ist die untere Naturschutzbehörde berechtigt innerhalb eines Monats nach Anzeige zur Anlage einer KUP aus naturschutzfachlichen Gründen Einspruch zu erheben.

Forstvermehrungsgesetz gilt u.a. für Pappel, jedoch nicht für Weide.

Die Anforderungen der Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung sind einzuhalten, wenn aus KUP Biokraftstoffe erzeugt werden sollen.

Zu beachten ist weiterhin, dass für Agroforstsysteme mit Bäumen nach dem KN Code ex:06029041, die zur Wertholzgewinnung dienen und demzufolge das Kriterium Kurzumtriebsplantage (max. Umtriebszeit von 20 Jahren) nicht erfüllen, keine Beihilfe gewährt wird.

Ebenso sind weiterführende Gesetze mit zu beachten. So muss z.B. in Sachsen, nach dem sächsischen Nachbarschaftsrecht (SächsNRG, § 10), ein gesetzlicher Mindestabstand von drei Metern zu benachbarten und landwirtschaftlich genutzten Flächen eingehalten werden, wenn diese Bäume/ Hecken eine Höhe von über zwei Meter haben.

Ausführlichere Darstellungen der aktuellen Rechtslage bzgl. Agroforstsystemen und KUP finden sich z.B. bei LfULG (2010d).

Durch die beschriebenen rechtlichen Randbedingungen werden in Sachsen für AFS und KUP zukünftig keine größeren Hindernisse zu erwarten sein.

Förderung von KUP in Sachsen

Das erstmalige Anlegen mehrjährig nutzbarer Energiepflanzenplantagen (KUP) ist im Rahmen der Richtlinie „Land- und Ernährungswirtschaft“ (RL LuE/2007) durch eine Investitionsförderung förderfähig. Das zuwendungsfähige Investitionsvolumen liegt bei mindestens 20.000 EUR je Antrag. Der Zuschusssatz beträgt bis zu 30 % des zuwendungsfähigen Investitionsvolumens. Zuwendungsfähige Ausgaben sind hierbei:

- Kosten der Bodenvorbereitung einschl. Unkrautbekämpfung
- einmalige Vorratsdüngung im Rahmen der Pflanzvorbereitung als bodenverbessernde Maßnahme, die aktivierungsfähig ist und mit abgeschrieben wird
- Pflanzkosten (Maschinenkosten, Lohnkosten, Nachbesserung)
- Pflanzgut
- mechanische Unkrautbekämpfung/ Pflege
- Wildschutzzaun

Antragsteller muss das Anlegen von mehrjährig nutzbaren Energiepflanzenplantagen bei zuständiger UNB unter Verwendung eines Formblatts anzeigen. Bringt die UNB innerhalb von 1 Monat keine Einwände vor, kann der Antragsteller genannte Plantage anlegen

Integriertes Regionales Klimaanpassungsprogramm für die Modellregion Dresden (IRKAP)

Auch im Integrierten Regionalen Klimaanpassungsprogramm für die Modellregion Dresden (IRKAP) wird der Anbau von Agroforstsystemen und schnellwachsenden Baumarten in Kurzumtriebsplantagen als mögliche mittel- bis langfristige Maßnahmen angeführt:

Maßnahme 3.6.2: Anlage von Kurzumtriebsplantagen (KUP), vor allem auf stark erosionsgefährdeten Flächen

Zur nachhaltigen Nutzung nachwachsender Rohstoffe und der steigenden Nachfrage ist die Anlage von Kurzumtriebsplantagen kurz- bis mittelfristig eine mögliche Maßnahme. Dies beinhaltet die Nutzung schnellwachsender Baumarten auf Ackerflächen. Um die Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion zu minimieren, sollten KUP im Zuge des Klimawandels auf Standorten mit geringem ackerbaulichen Nutzungspotenzial (Marginalstandorten) oder auf Standorten oder Teilflächen mit hoher Erosionsgefährdung, jedoch unter der Berücksichtigung der Anforderungen der verwendeten Baumarten (LfULG 2010) angebaut werden.

Maßnahme 3.6.3: Einführung von Agroforstsystemen

Agroforstsysteme können bei fortschreitendem Klimawandel vorteilhaft eingesetzt werden, da sie zum einen den Anbau der gängigen Hauptkulturen erlauben, zum anderen aber auch energetisch oder stofflich nutzbare Biomasse erzeugen und weiterhin für eine Strukturierung der Landschaft sorgen und das Mikroklima positiv beeinflussen. Hierzu bedarf es aber noch weitergehender Untersuchungen zur Anpassung an die regionalen Bedingungen, da bisher wenige Erfahrungen hierzu im Gebiet vorliegen.

Umsetzung: langfristig

Adressaten: Wissenschaft, Landwirte, Behörden

Es ist jedoch hervorzuheben, dass in diesen Maßnahmen nur ggf. langfristig bei steigenden Klimaauswirkungen auf Einzelstandorten und einer stetigen Weiterentwicklung und regionalen Adaptation der Verfahren und Systeme Möglichkeiten gesehen werden. Die Erfahrungen mit Agroforstsystemen sind derzeit noch begrenzt und regional innerhalb der REGKLAM-Modellregion Dresden nicht erprobt. Daher bietet diese Maßnahme eher eine langfristige Option bei sich weiter verschärfenden Klimawirkungen. Hierfür ist eine Weiterentwicklung grundlegender Konzepte und regionaler Anpassungsmöglichkeiten von Agroforstsystemen zur Anpassung an eine Vielzahl von Klimawirkungen (z.B. an erhöhtes Wassererosionsrisiko, erhöhtes Winderosionsrisiko in Windoffenheit von Landschaften) bei gleichzeitiger zusätzlicher Nutzung nachwachsender Rohstoffe in Zusammenarbeit von Forschung und Wissenschaft sowie Behörden, Landwirten und ggf. Abnehmern nachwachsender Rohstoffe notwendig. Mit einem großflächigen Anbau oder der großflächigen Umstellung der Bewirtschaftungsweisen wird im Projektbetrachtungszeitraum allerdings nicht gerechnet.

Zusammenfassend bleibt für die Regklam-Region Dresden festzuhalten, dass:

- die rechtlichen Rahmenbedingungen nun Sicherheit für den Anbau von KUP auf Ackerflächen geben, jedoch auch die Möglichkeiten z.T. einschränken.
- in der Projektregion langjährige Erfahrungen aus Versuchs- und Praxisanbau mit Pappel und Weide im Plantagenanbau vorliegen, auf die auch bei der Neuetablierung von Anlagen zurückgegriffen werden sollte.
- die Etablierung und Bewirtschaftung Standort-, Verwertungs- und Umtriebsabhängig erfolgen sollte
- auf die hohe Bedeutung der Bestandesetablierung und Pflege im ersten Jahr für den Gesamterfolg einer KUP zu achten ist
- verschiedene Schädlinge und Krankheiten auftreten, jedoch durch gute Vorbereitung (z.B. Sortenwahl) und angepasste Maßnahmen (z.B. Pflanzenschutz) mit vertretbarem Aufwand beherrschbar sind.
- standortabhängig akzeptable bis sehr gute Erträge erzielt werden können
- hohe Synergieeffekte, aber auch Risiken in Bezug auf den Boden-, Gewässer- und Naturschutz bestehen und, gerade unter dem Aspekt einer fortschreitenden Klimawandels, berücksichtigt bzw. vorteilhaft genutzt werden sollten.

1.3. Stoffliche und Energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe

In Abbildung 16 ist der Anstieg der Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe der letzten Jahre für Deutschland, sowie deren stoffliche und energetische Nutzung dargestellt. Es wird deutlich, dass der Anteil der energetischen Nutzung deutlich über der stofflichen Nutzung liegt. Die Anbauflächen sind um das mehr als 5-fache höher. Beim Anbau nachwachsender Rohstoffe zur energetischen Nutzung dominieren Pflanzen für die Biogasproduktion (962 Tha) und Rapsöl für die Biodiesel- und Pflanzenölproduktion (913 Tha). Pflanzen für die Festbrennstoffproduktion nehmen dagegen mit 6.500 ha nur einen geringeren Teil ein. Bei der stofflichen Nutzung sind v.a Pflanzen zur Stärkegewinnung (245 Tha) und Ölpflanzen (131 Tha) zu nennen. Die restlichen Nutzungen liegen jeweils meist weit darunter, jedoch mit z.T. ansteigenden Tendenzen.

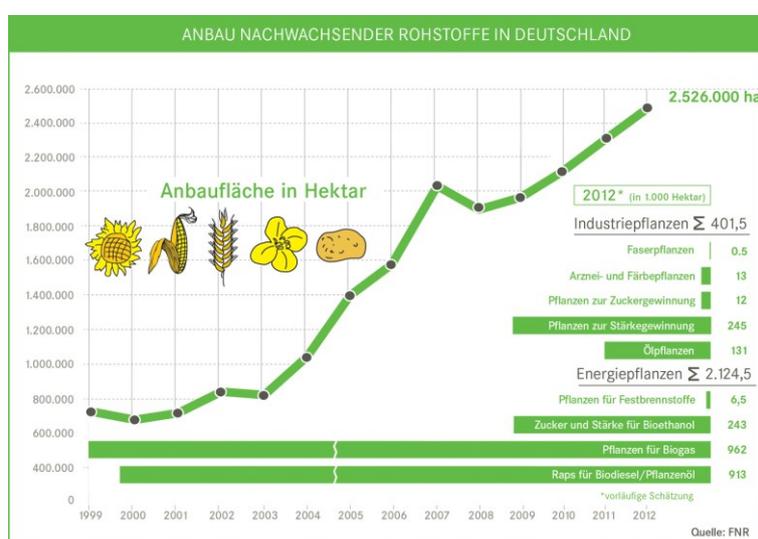


Abbildung 16: Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland und Anteile stofflicher und energetischer Nutzung (FNR 2012a)

3. energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe

In Abbildung 17 sind beispielhaft die Möglichkeiten der energetischen Verwertung von Biomasse dargestellt. Prinzipiell wird dabei landwirtschaftlich erzeugte Biomasse (auch z.B. Holzhackschnitzel aus KUP) über verschiedene Verfahrensketten in die Endprodukte Strom, Wärme oder Kraftstoffe umgewandelt. Bei Kraftstoffen der sog. 1. Generation werden in verschiedenen Verfahrensketten aus Ölpflanzen (z.B. Raps, Sonnenblume) Pflanzenöle und Biodiesel, aus Zucker- und Stärkehaltigen Pflanzen (z.B. Getreide, Zuckerrüben) Ethanol hergestellt. Kraftstoffe der 2. Generation (BtL-Kraftstoff) werden z.B. aus holzartiger Biomasse über verschiedene Verfahrensketten synthetisiert. Ein Beispiel hierfür in der Regklam Region Dresden ist die Firma Coren Ind. in Freiberg, die aus holzartiger Biomasse (Holzhackschnitzel) in einer (Demonstrations-) Anlage BtL Kraftstoffe herstellt. Feste, holzartige Biomasse wird jedoch primär zur Verbrennung verwendet. Weiterhin können durch Pyrolyse und durch Vergasung verschiedene Brennstoffe (Pyrolyseöle, Gase) zur Strom- und Wärmegewinnung erzeugt werden.

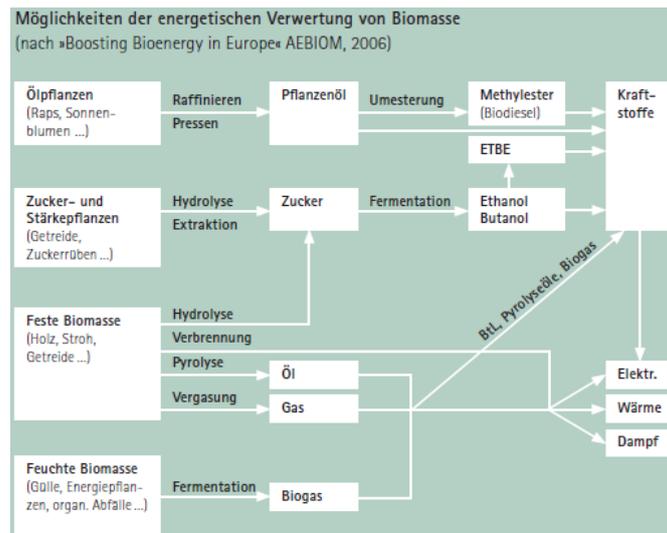


Abbildung 17: Möglichkeiten der energetischen Nutzung von Biomasse (aus Grunert 2010a)

Ein großer Teil der in der Landwirtschaft erzeugten nachwachsenden Rohstoffe wird jedoch in (v.a. dezentralen) Biogasanlagen eingesetzt. Hierbei entsteht durch Fermentation von Energiepflanzen, Gülle etc. ein Biogas, das einerseits direkt z.B. über BHKW zur Strom- und Wärmeerzeugung verwendet wird oder aber auf Erdgasqualität aufbereitet und ins Erdgasnetz eingespeist werden kann (vgl. Abbildung 18)



Abbildung 18: Schema einer landwirtschaftlichen Biogasanlage (FNR 2012a)

Der Hauptteil der erzeugten Wärme wird dabei betriebsintern oder im näheren Umfeld zum Heizen von Stallgebäuden, Wohnhäusern genutzt oder, wenn verfügbar, in ein Nahwärmesetz eingespeist. Strom und Erdgas werden in die überregionalen Netze der jeweiligen Versorger eingespeist.

Abbildung 19 zeigt in einer Kurzcharakteristik u.a. die Energieausbeute pro Hektar für unterschiedliche Rohstoffe und Verfahrensketten. Es wird deutlich, dass die höchsten

Energieausbeuten pro Hektar bei der Verbrennung von Holzhackschnitzeln aus KUP zur Strom- und Wärmeerzeugung und bei der Nutzung von Silomais zur Biogasproduktion zu erzielen sind. Betrachtet man nur die einjährigen Anbaukulturen, die auch z.B. gut in bestehende Fruchtfolgen integriert werden können, so sind Silomais und Ganzpflanzengetreide zur Biogasproduktion zu nennen.

Energetische Verwertung von Biomasse (Auswahl); Kurzcharakterisierung											
Rohstoff t Trockenmasse/ha	Strom/Wärme aus fester Biomasse				Biogas aus Biomasse			Biotkraftstoffe			
	Pappel Holz- hackschnitzel 11	Miscanthus- häcksel 12	Getreide- stroh 5,4	Landschafts- pflegematerial 3,5	Silomais 14	Getreide Ganzpflanze 10	Gülle	Rapsöl aus Rapssaat 3,2	Biodiesel aus Rapssaat 3,2	Bioethanol aus Getreidekorn 6	Biomass to Liquid aus Pappel 11
Hauptprodukt /ha GJ/ha	11 tTM 204	12 tTM 211	5,4 tTM 93	3,5 tTM 61	9.426 m ³ 176	5.434 m ³ 102	-	1.480 l 51	1.550 l 51	2.700 l 57	bis 4.000 l ¹³ bis 134 l ¹⁵
zusätzlich genutzte Nebenprodukte t TM/ha	0,22 t Asche ¹	0,42 t Asche ¹	0,32 t Asche ¹	0,25 t Asche ¹	3,8 t Gär- rückstand ²	3,2 t Gär- rückstand ²	Gärrück- stand ²	5,1 t Stroh ⁴ 1,8 t Schrot ⁵	5,1 t Stroh ⁴ 1,8 t Schrot ⁵ Glycerin ⁶	5,4 t Stroh ⁴ 2,0 t Schlempe ⁵ 1,9 t CO ₂ ⁷	offen
Nährstoffrückführung auf Acker möglich?	teilweise ²	teilweise ²	teilweise ²	teilweise ²	ja	ja	ja	ja	ja	ja	offen
Humusbilanz ⁸	+ ⁹	+ ⁹	0/ ¹⁰	-	0 ¹¹ - ¹²	+ ¹¹ - ¹²	-	+ ¹³ - ¹⁴	+ ¹³ - ¹⁴	+ ¹³ - ¹⁴	+ ⁹

Quellen: Leitfaden Bioenergie, FNR 2006; Biotkraftstoffe Basisdaten, FNR 2008; Biogas Basisdaten, FNR 2008; LÜLD

tTM Trockenmasse | + positiv | - negativ | 0 ausgeglichen | 1 nicht bei Hochtemperaturvergasung/-verbrennung | 2 pflanzenverfügbar ca. 70% des P, 100% des K, 0% des N; nicht bei Hochtemperaturvergasung/-verbrennung | 3 Düngung | 4 Düngung oder energetische Verwertung | 5 proteinreiches Futtermittel | 6 chemische Industrie, energetische Verwertung | 7 Getränkeindustrie, technische Prozesse | 8 untere Werte nach VDLUFA | 9 Annahme, noch keine gesicherten Werte | 10 je nach Umfang der Strohnutzung | 11 mit Gärsubstrat-rückführung | 12 ohne Gärsubstratrückführung | 13 mit Gärrückführung nach Schrot/Schlempeverfütterung, ohne Strohnutzung | 14 mit Gärrückführung nach Schrot/Schlempeverfütterung mit Nutzung des gesamten Strohs | 15 Planungsdaten

Abbildung 19: Energetische Verwertung von Biomasse, Kurzcharakterisierung (Grunert 2010a)

Nach Grunert (2010a) ist beim Anbau nachwachsender Rohstoffe und deren energetischen Verwertung besonders auf die nachhaltige Gestaltung der Verfahrensketten vom Anbau bis zur Verwertung zu achten, um die möglichen Vorteilswirkungen des Anbaus nachwachsender Rohstoffe auch voll entfalten und nutzen zu können. Hierbei sollten Anbauverfahren und Verfahrensketten folgenden Anforderungen genügen:

- Ziel einer mittel- oder langfristig ökonomischen und ökologischen Nachhaltigkeit
- positive Energie- und Treibhausgasbilanzen
- Gewährleistung eines nachhaltigen Boden-, Gewässer-, Biotop- und Immissions-schutzes

Weiterhin kann der Anbau nachwachsender Rohstoffe/Energiepflanzen einen Beitrag zur Diversifizierung des Anbauspektrums (Betrieb und Region), der Fruchtfolgen und der betrieblichen Einkommensquellen leisten. Hierbei sollte jedoch auf ein gewisses Spektrum an Energiepflanzen, und die Nutzung von Synergien mit dem Boden-, Gewässer-, Biotop- und Klimaschutz geachtet werden.

Situation der Konversionsanlagen zur energetischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe in Sachsen und der Regklam-Region Dresden

Auf Ebene der Bundesrepublik Deutschland ist die Anzahl an Biogasanlagen seit dem Jahr 2002 stetig angestiegen und liegt heute bei über 7.500 Anlagen mit einer gesamten installierten elektrischen Leistung von ca. 3185 MW (FNR 2012a, Abbildung 20).

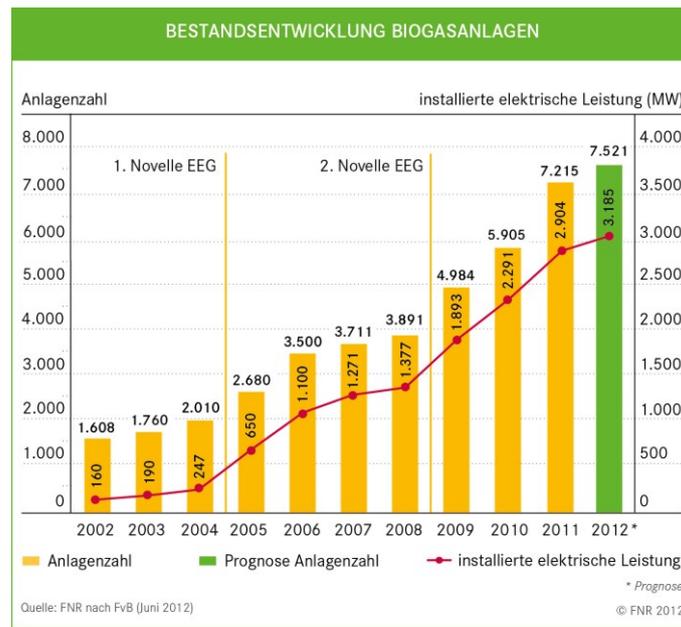


Abbildung 20: Anzahl und installierte elektrische Leistung von Biogasanlagen in Deutschland (FNR 2012a)

Die **Biogasanlagen** in Sachsen haben mit Stand 31.12.2011 eine installierte elektrische Leistung von ca. 78 MW (Brückner & Zschoche 2012; Abbildung 21). Weiterhin wird deutlich, dass die Anzahl der Biogasanlagen v.a. seit 2005 stark angestiegen ist. Derzeit existieren etwa 188 landwirtschaftliche Biogasanlagen, wovon ca. 65% vom Freistaat Sachsen gefördert wurden (teilweise mit Gärrestlager und Siloanlage, vgl. auch Kap. 4).

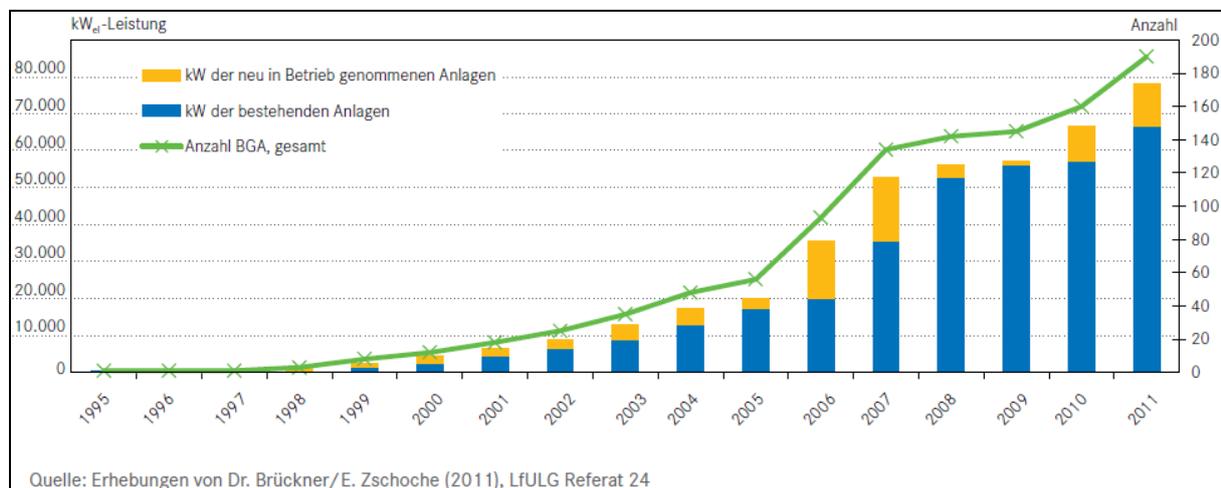


Abbildung 21: Entwicklung der Anzahl von Biogasanlagen in Landwirtschaftsbetrieben in Sachsen (Brückner & Zschoche 2012; Stand: 31.12.2011, kein Anspruch auf Vollständigkeit)

Abbildung 22 gibt einen Überblick über die Standorte der landwirtschaftlichen Biogasanlagen in Sachsen und in der Regklam Region Dresden (Stand 31.12.2011).

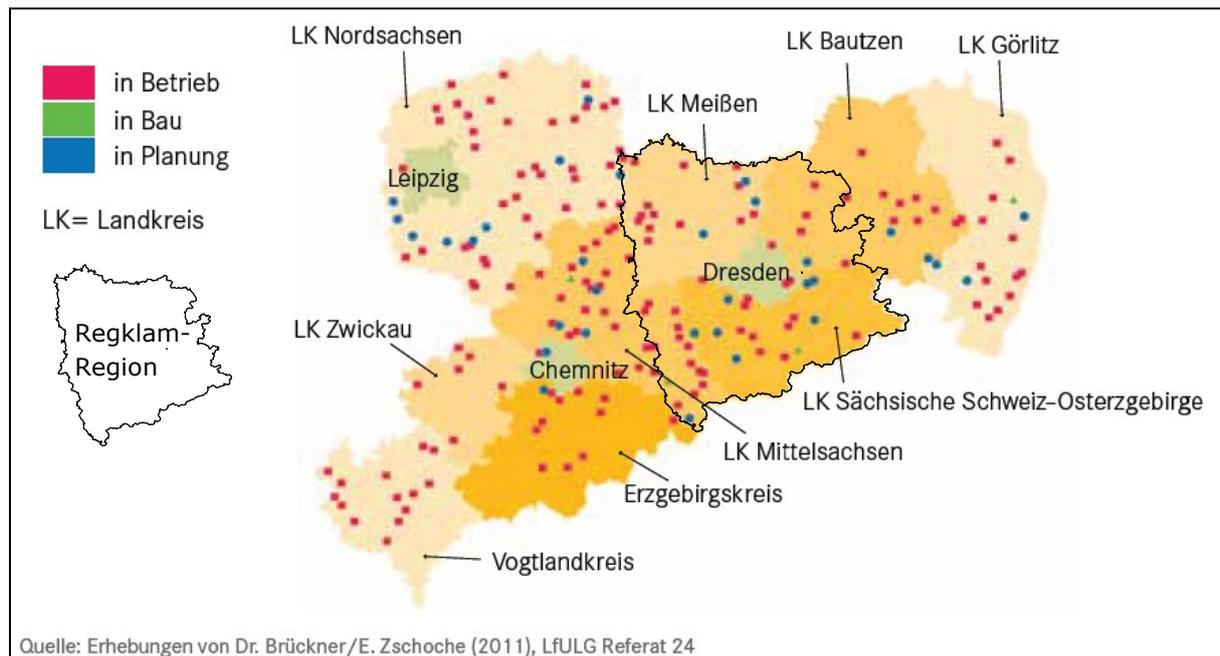


Abbildung 22: Standorte landwirtschaftlicher Biogasanlagen in Sachsen (verändert nach Brückner & Zschoche 2012; Stand: 31.12.2011; kein Anspruch auf Vollständigkeit)

In Sachsen gibt es ca. 107 erfasste Betriebe, die auf rund 10.620ha von insgesamt 84.380ha Anbaufläche (=12,6%) Biomasse zur Biogaserzeugung (Energiepflanzen und Dauergrünland) produzieren. Den Hauptanteil der Pflanzen, die als Substrat für die Biogasanlage verwendet werden stellt mit 51% Mais (hauptsächlich Silomais), gefolgt von Getreide (Korn und v.a. GPS) mit 36% und Dauergrünland mit 6% (Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen 2011). Im Vergleich zu den gesamtdeutschen Bedingungen (vgl. Abbildung 23) wird deutlich, dass der Maisanteil in Sachsen (51%) deutlich geringer ist als im Bundesdurchschnitt (79%), der Anteil an Getreide (Korn und GPS) jedoch mit 36% deutlich höher liegt als im Bundesdurchschnitt (8%). Wie in Tabelle 1 (S. 15) gezeigt, liegt der Anbauanteil von Mais in Sachsen bei derzeit 13,4 %, im Bundesdurchschnitt bei 21,2 %, in einzelnen Bundesländern aber über 25%, in Niedersachsen sogar über 30%. Dem gegenüber hat Sachsen einen hohen Getreideanteil im Anbauspektrum, was sich auch im Substratmix der Biogasanlagen widerspiegelt.

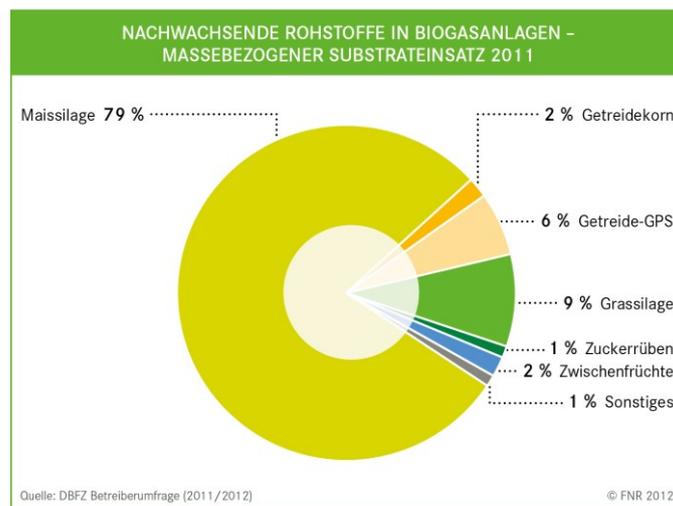


Abbildung 23: Substrateinsatz in Biogasanlagen in Deutschland (DBFZ, FNR 2012a)

Abbildung 24 zeigt die Anlagenleistungen von Biogasanlagen aufgeschlüsselt nach Landkreisen. Die Hauptlandkreise der Regklam Region Dresden sind hierbei rot markiert. Die höchsten Anlagenleistungen finden sich in den Landkreisen Mittel- und Nordsachsen. In der Regklam Region sind dies die Landkreise Bautzen und Meißen. Der Landkreis Mittelsachsen liegt nur mit einem kleinen Teil in der Regklam Region (vgl. z.B. Abbildung 22).

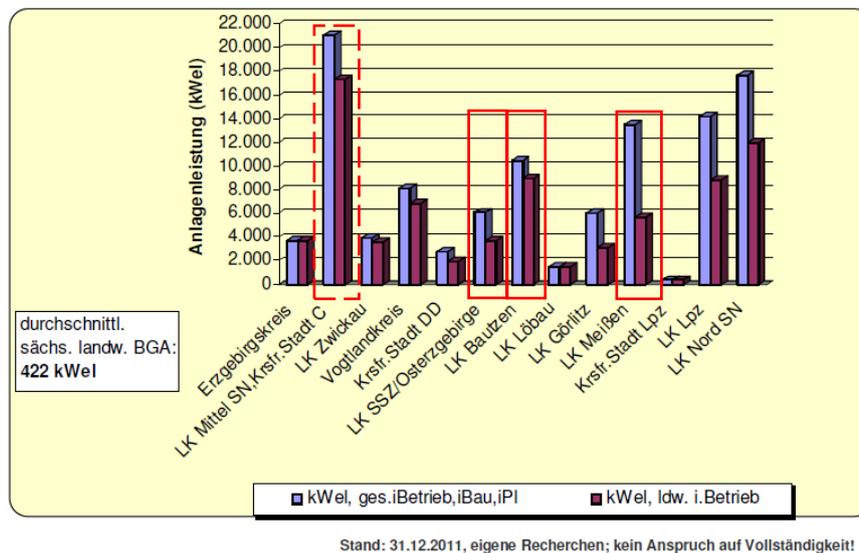


Abbildung 24: Angaben der Anlagenleistung nach Landkreisen, Stand: 31.12.2011 (Brückner & Zschoche 2012)

Der Landkreis Meißen weiß dabei mit Stand 31.12.2011 einen sehr großen Anteil von im Bau bzw. in Planung befindlichen Anlagen auf. Hier ist also in der Zukunft in der Regklam Region mit steigenden Anlagenzahlen zu rechnen. Die mittlere Anlagenleistung sächsischer landwirtschaftlicher Biogasanlagen liegt bei ca. 422 kW_{el}. Die Anlagengrößen schwanken hierbei zwischen 150 und 500 kW_{el}. Biomethananlagen, mit Aufbereitung des Biogases und Einspeisung in das Gasnetz, spielen in Sachsen bisher kaum eine Rolle. Die Biogaserzeugung hat sich als zusätzlicher Betriebszweig in sächsischen Landwirtschaftsbetrieben etabliert. Die Biogasanlagen sind dabei hauptsächlich Nebenanlagen zur Tierhaltung, d.h. in der Regel mit hohem Wirtschaftsdüngeranteil im Substratmix. Neben diesem sind Maissilage, Getreide, GPS und Grassilage die Hauptbestandteile.

Bei der Abwärmenutzung überwiegen innerbetriebliche Konzepte z.B. Versorgung von Stall- und sonstigen Gebäuden, zur Trocknung von Getreide, Gärrest o.ä. (Beispiel Luzernetrocknung zur Tierfütterung in einem Regklam-Partnerbetrieb). Die außerbetriebliche Abwärmenutzung nimmt nur einen geringeren Teil ein. Sofern vorhanden, werden hierbei vorhandenen Nahwärmenetze genutzt. Abbildung 25 zeigt hierzu eine Darstellung des Grades der Wärmenutzung in landwirtschaftlichen Biogasanlagen in Sachsen (Brückner & Zschoche 2012). Jedoch sind zukünftig sinnvolle, effektive Wärmenutzungskonzepte zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen gefragt, um u.a. auch die Nachhaltigkeit solcher Systeme zu verbessern. Primäres Ziel der Biogasproduktion ist die Stromerzeugung. Die dabei anfallende Wärme wird bisher aber z.T. nur unzureichend genutzt. Effektive Konzepte zur Wärmenutzung können hier zukünftig einen wichtigen Beitrag zur Effizienzsteigerung von Biogasanlagen beitragen. Hierbei sollten v.a. auch außerbetriebliche regionale Konzepte (Versorgung von Gemeindeeinrichtungen o.ä.) verfolgt werden, um u.a. auch die Akzeptanz solcher Anlagen in der Region zu stärken.

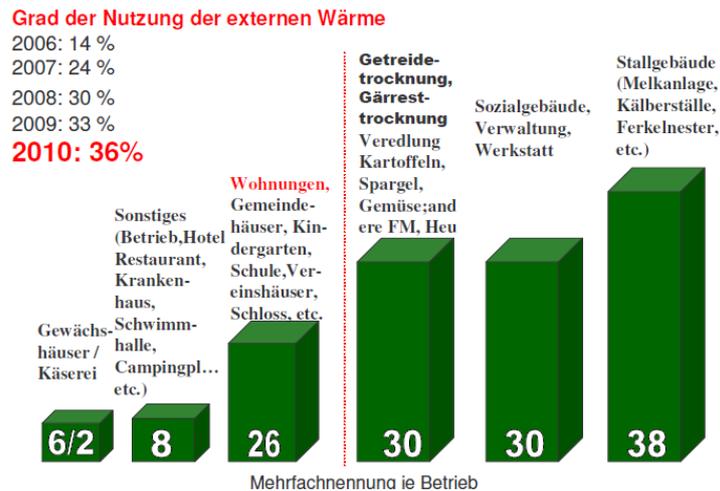


Abbildung 25: Wärmenutzung in landwirtschaftlichen Biogasanlagen, Betriebsbefragung (Brückner & Zschoche 2012)

Weiterhin sollte im Sinne innerbetrieblicher Stoffkreisläufe, der Rückführung von Nährstoffen und der Humusstabilisierung eine Rückführung der Gärreste auf die Betriebsflächen über Gärrestdüngung, unter Einhaltung der Vorschriften der Düng-VO u.a., erfolgen.

Fazit Biogasanlagen:

Dezentrale, landwirtschaftliche Biogasanlagen haben sich in den landwirtschaftlichen Betrieben, v.a. in Kombination mit der Tierhaltung, etabliert und haben in den letzten Jahren stetig zugenommen. Ein weiterer Zubau von Biogasanlagen wird sich nach Einschätzungen des SMUL (Brückner & Zschoche 2012) jedoch in den sächsischen Landwirtschaftsbetrieben vorerst, auch aufgrund der Änderungen des EEG, in Grenzen halten. So kommt es dadurch v.a. beim Neubau kleinerer Anlagen (bis 150 kW) zu einer geringeren Vergütung als vorher. Die weitere Entwicklung von Biomethananlagen in Sachsen wird sich auch weiterhin in Grenzen halten und bleibt zukünftig abzuwarten. Nach Brückner (2012) werden derzeit nur ca. 47 % des vorhandenen Güllepotenzials ausgenutzt. Dies ist zukünftig auszubauen. Dabei ist jedoch unter den Aspekten des Klimawandels verstärkt auf Nährstoffkreisläufe und die Humusreproduktion zu achten. Werden Energiepflanzen und Gülle in Biogasanlagen verwendet, so sollte durch Rückführung der Gärreste eine Nährstoffrückführung und Humusreproduktion durch organische Substanz erfolgen.

Weiterhin sind Wärmenutzungskonzepte v.a. von kleinen, dezentralen, landwirtschaftlichen Biogasanlagen z.T. problematisch. Hierbei sind, auch unter den Aspekten des zunehmenden Klimawandels, sinnvolle, vorausschauende, innovative und zukunftsfähige Wärmenutzungskonzepte zu entwickeln und umzusetzen, um die Effizienz solcher Systeme durch Nutzung von Synergien zu steigern.

Das vorhandene Reststoffpotenzial (auch z.B. Landschaftspflegematerial) muss zukünftig stärker, auch für die Erzeugung von Biogas, genutzt werden, weil damit ein hoher Klimaschutzbeitrag verbunden werden kann und der im neuen EEG festgelegte „Maisdeckel“ und die Festlegungen der verschiedenen Einsatzstoffvergütungsklassen Substrat-Alternativen erfordern. Dies bietet jedoch, auch unter den Aspekten den Klimawandels, Chancen für eine Diversifizierung des Anbauspektrums und der damit einhergehenden Vorteile für die Regklam Region Dresden (vgl. auch Teilberichte TP 3.3.1 a, b und e).

Dezentrale Lösungen zur Erzeugung erneuerbarer Energien (z. B. Biogasanlagen) stellen ein wichtiges Standbein für die sächsische Landwirtschaft, auch in der Regklam Region, dar. Die rechtlichen Rahmenbedingungen (v.a. EEG, aber auch z.B. KrWG, BioabfallV) werden dabei zukünftig einen entscheidenden Einfluss u.a. z.B. auf die Anlagenentwicklung und den Einsatz der Substrate (Substratmix) ausüben. hinsichtlich der Biogasausbeuten und Methangehalte unterschiedlicher Substrate gibt Abbildung 26 abschließend einen Überblick.

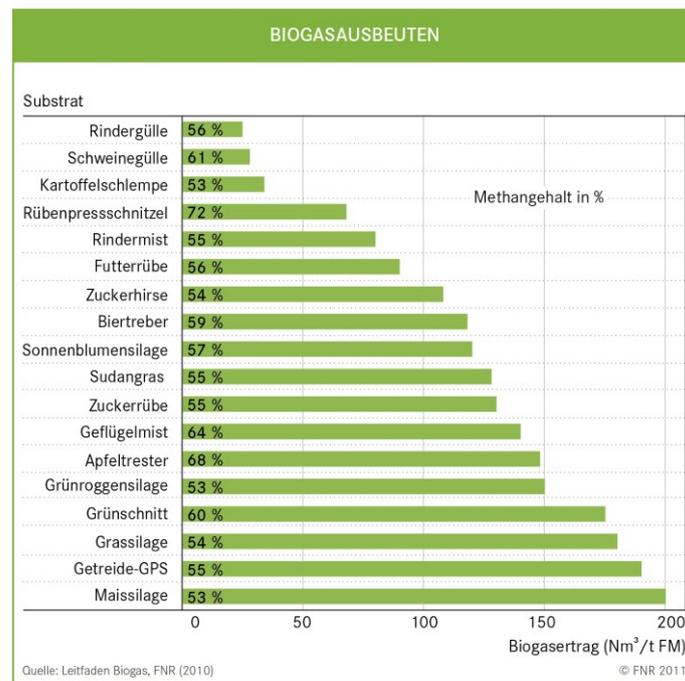


Abbildung 26: Biogasausbeuten und Methangehalte unterschiedlicher Substrate (FNR 2012a)

Anlagen zur Verbrennung fester Biomasse (BHKW, Stroh-/Pellets- etc.)

Feste Biomasse zur Verbrennung setzt sich hauptsächlich aus Waldholz, Waldrestholz, Industrierestholz und landwirtschaftlich erzeugter Biomasse wie Holzhackschnitzel aus KUP oder Stroh (Pellets, Rund- oder Quaderballen) zusammen. Über die generelle Verwendung von Holz in Deutschland gibt Abbildung 27 einen Überblick. Ca. 49,5 % der 135,5 Mio. Festmeter (FM) gehen danach in die industrielle Produktion (Sägeindustrie, Holzwerkstoffe, Zellstoff und Holzschliff etc.), ca. 50,5 % der Holzproduktion wird als Bioenergie verwendet und hauptsächlich verbrannt (68,4 Mio. FM). Der Anlagenbestand an Biomasse(heit)kraftwerken und damit auch die installierte elektrische Leistung hat in den letzten 10 Jahren kontinuierlich zugenommen (vgl. Abbildung 28). Derzeit existieren ca. 250 Anlagen mit einer gesamten installierten elektrischen Leistung von ca. 1250 MW_{el} (Anlagen, ohne Vergasungsanlagen, Papier/Zellstoffindustrie und Kleinst-KWK-Anlagen < 10 kW_{el}).

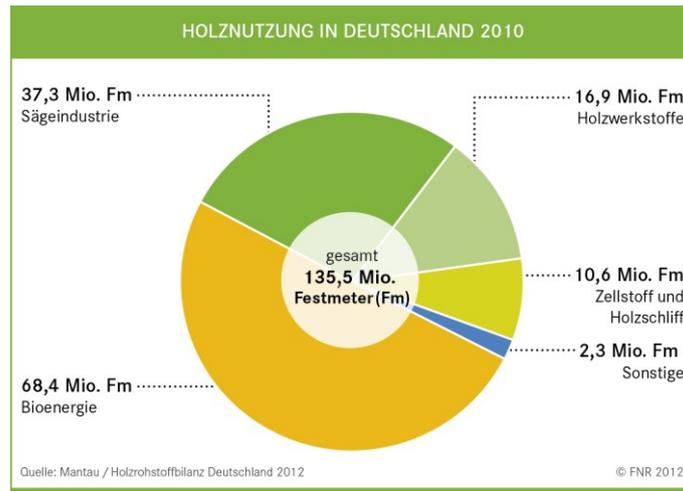


Abbildung 27: Holznutzung in Deutschland 2010 (Mantau 2012, FNR 2012a)

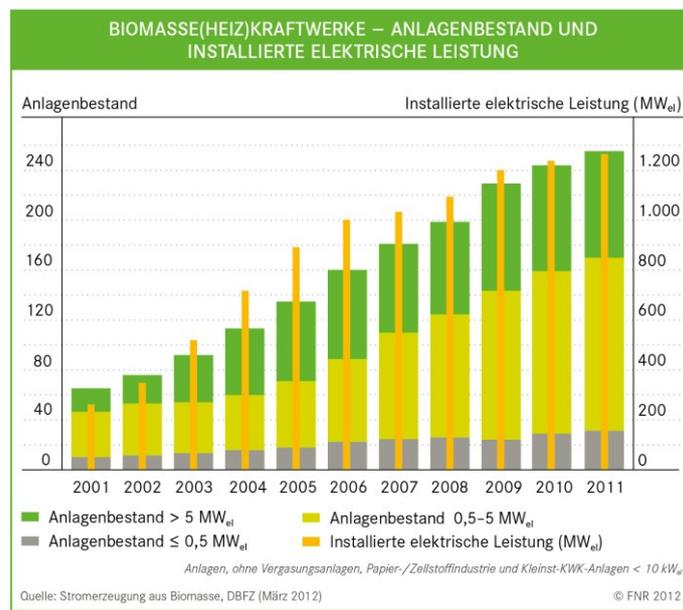


Abbildung 28: Anlagenbestand und installierte elektrische Leistung von Biomasse(heiz)kraftwerken in Deutschland (DBFZ 2012, FNR 2012a)

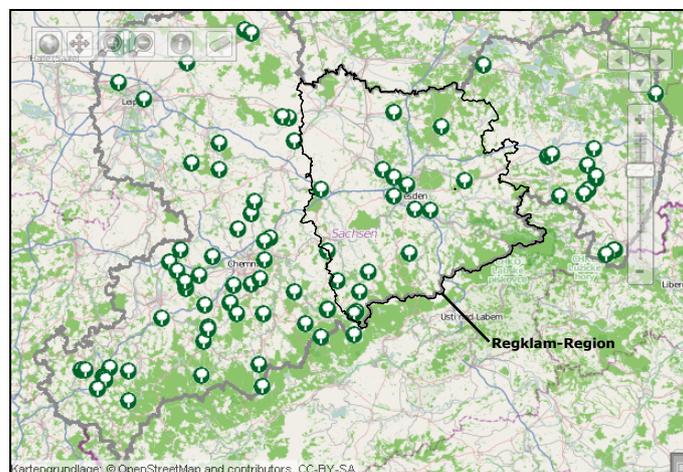


Abbildung 29: Standorte von Biomasseheizkraftwerken(BHKW) in Sachsen und der Regiom Region (verändert nach SAENA 2012)

In Sachsen umfasst der bekannte Anlagenbestand ca. 107 Anlagen mit einer gesamten installierten elektrischen Leistung von ca. 92,7 MW_{el}. Die Anlagengrößen liegen dabei zwischen 3 und 20000 kW_{el}, bei einer durchschnittlichen Anlagengröße von ca. 70 kW_{el} (gewogenes Mittel). Der Großteil der Anlagen (ca. 44 %) liegt dabei im Bereich zwischen 10 – 100 kW_{el} (vgl. Abbildung 30).

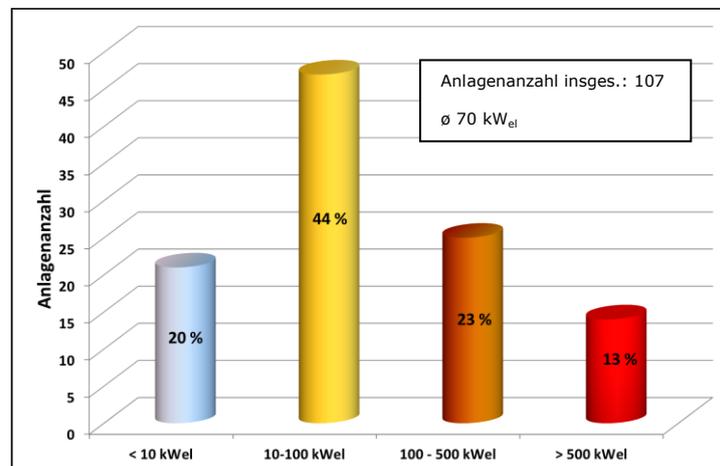


Abbildung 30: Anzahl und Leistungsklassen von Biomasseheizkraftwerken (BHKW) in Sachsen

Auf landwirtschaftlichen Flächen kommen für die Verbrennung fester Biomasse zum einen Holzhackschnitzel aus dem Anbau schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb und die Nutzung von Stroh, hauptsächlich aus dem Getreideanbau, in Frage. Die Rahmenbedingungen beim Anbau von schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb (KUP) und deren Verwertung wurden in Kap. 2 ausführlich erläutert, daher wird an dieser Stelle darauf verzichtet.

Bei der Getreideernte wird das Stroh vom Mähdrescher im Schwad abgelegt und nachfolgend zu Rund- oder Quaderballen gepresst. Für die Nutzung in (Klein)Feuerungsanlagen oder BHKW können diese, je nach Anlagentyp direkt verbrannt werden oder zu Brennstoffpellets aufbereitet werden. Diese haben eine höhere Energiedichte, gute Riesel- und Dosiereigenschaften und eignen sich dadurch besser für den Transport und die Lagerung. Je nach Feuerungsanlagentyp kann Stroh in Form von Ballen, Häckseln, Pellets oder Briketts verbrannt werden. Getreidestroh weist im Vergleich mit Holz spezifische Brennstoffeigenschaften und ein erhöhtes Emissionspotenziale auf (LfULG 2008a). Besonders sind dabei die Emissionen an Staub, NO_x und Salzsäure sowie die zur Verschlackung neigenden Aschen zu achten. Die chemische Zusammensetzung von Stroh variiert dabei in Abhängigkeit von Getreideart, Düngung, Pflanzenschutz, Standort und Witterung z.T. sehr stark. Dies alles stellt die Anlagen zur Verbrennung von Stroh vor große Herausforderungen. Anbautechnische Maßnahmen zur Verbesserung der Strohqualitäten wären nach LfULG (2008a) z.B. ein extensiverer Anbau (Minimierung chloridhaltiger Dünger und Pflanzenschutzmittel, reduzierte Düngung (N, K, S), kein Strohnutzung nach erfolgter Grunddüngung), eine verschmutzungsarme Strohhäufung und trockene Lagerung, Erzeugung von hohen Energiedichten bei der Pelletierung, Brikettierung und Ballenpressung, ggf. Zumischung von qualitätsverbessernden Zuschlagsstoffen (z.B. Kalk, Holz o.ä.). Da Stroh jedoch lediglich ein ‚Reststoff‘ der eigentlichen Getreideproduktion ist und

der Anbau auf das Hauptprodukt (Getreidekorn) abgestellt ist, sind diesen Optimierungsansätzen, auch ökonomische, Grenzen gesetzt.

Die Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen ist sehr stark abhängig von den Preisen für fossile Energieträger und sonstigen Holzbrennstoffen, Investitionskosten, Fördermöglichkeiten (z.B. Marktanreizprogramm) und den Veränderungen und Rahmenbedingungen einschlägiger Gesetze (v.a. EEG, BImSchV etc.). Der Aufbau von regionalen (z.T. überregionalen) Prozessketten vom Anbau bis zur energetischen Verwertung, sowie die Nutzung und Weiterentwicklung von Qualitätsnormen und –sicherungssystemen sind wichtige Voraussetzungen zur effizienten und nachhaltigen Nutzung.

Bei der nachhaltigen Nutzung von Stroh muss jedoch auf die Verfügbarkeit des Rohstoffes geachtet werden. Verbleibt das Stroh auf dem Acker, leistet es einen wichtigen Beitrag zur Humusreproduktion, v.a. in viehlosen Betrieben. Der Anteil des nutzbaren Strohs sollte sich daher v.a. an der Humusbilanz und –versorgung orientieren, um langfristig nachhaltig wirtschaften zu können, ohne eine Verminderung der Bodenfruchtbarkeit zu erzeugen. Die Angaben des nutzbaren Strohanteils unter Berücksichtigung der Humusreproduktion und der Tiereinstreu (v.a. Rind, Schwein, Pferd) schwanken in der Literatur zwischen 20 und 50% (z.T. werden auch höhere Anteile genannt). Der Anteil der Strohnutzung hängt jedoch in der Praxis sehr stark mit dem augenblicklichen Preis für den Strohverkauf zusammen. Langfristig sollten jedoch, auch unter den Aspekten des Klimawandels und der dbzgl. Vorteilswirkungen der organischen Bodensubstanz und deren Ausgleichspotenzialen sowie der langfristigen Sicherung der Bodenfruchtbarkeit, auf eine komplette Strohabfuhr verzichtet und ein größtmöglicher Teil des anfallenden Strohs zur Humusreproduktion auf dem Feld belassen werden. In viehhaltenden Betrieben kann die Abfuhr des Strohs für Einstreu etc. durch Wirtschaftsdünger kompensiert werden. In viehlosen Betrieben sollte, in Abhängigkeit des Standortes und der Fruchtfolge, jedoch die Strohabfuhr sehr intensiv abgewogen werden.

Anlagen zur Ölgewinnung (Ölmühlen)

Pflanzliche Öle werden als energiereiche Reservestoffe in Speicherorgane von Pflanzen eingelagert. Traditionell werden Pflanzenöle im Lebensmittelsektor verwendet. Zunehmend eröffnen sich aber auch Absatzfelder im technischen Bereich, wobei sowohl die stoffliche als auch die energetische Verwertung von Interesse sind.

Zur Gewinnung von Ölen zur stofflichen und energetischen Nutzung werden Ölfrüchte (hauptsächlich Raps, Sonnenblumen, Öllein etc.) in zentralen und dezentralen Ölmühlen verarbeitet. Abbildung 31 gibt einen Überblick über die zentralen Ölmühlen in Deutschland.

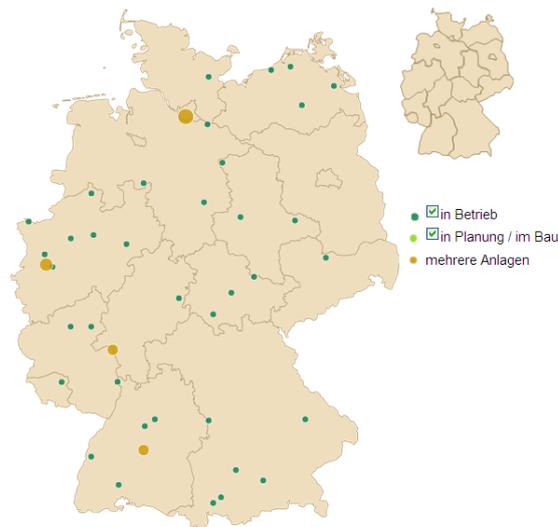


Abbildung 31: Zentrale Ölmühlen in Deutschland (SAENA 2012)

In Sachsen und in der Regklam Region Dresden befindet sich eine zentrale Ölmühle in Riesa. Darüber hinaus gibt es eine Reihe dezentraler Ölmühlen. Abbildung 32 gibt einen Überblick über die Standorte, die Auslastung und die Absatzbereiche (Grunert 2010b).

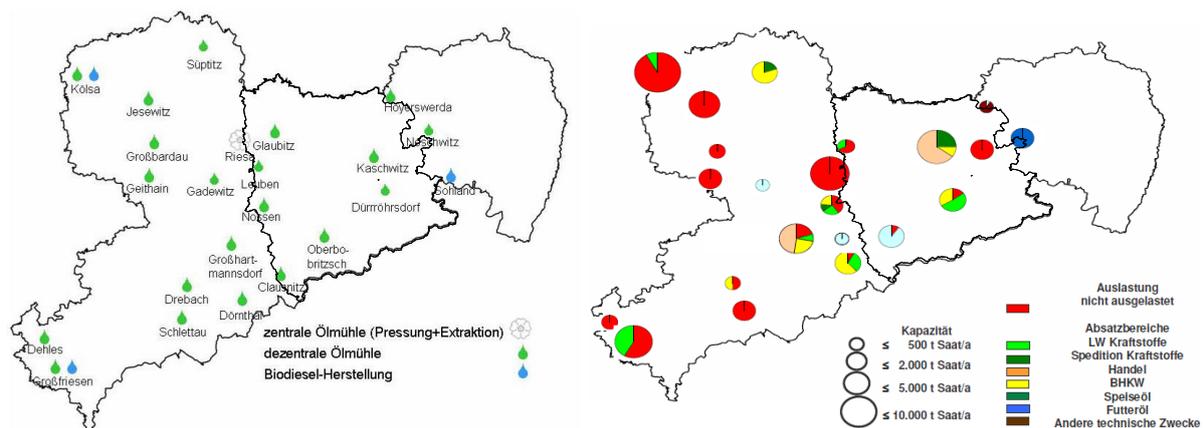


Abbildung 32: Ölsaatenverarbeitungsanlagen im Freistaat Sachsen und deren Absatzbereiche (Grunert 2010b, Stand 2010)

Derzeit gibt es über 20 Ölmühlen bzw. Ölverarbeitungsanlagen in Sachsen. Diese werden zu ca. 50 % von Landwirtschaftsbetrieben oder Zusammenschlüssen von Landwirtschaftsbetrieben betrieben. Die anderen 50% sind in der Hand von Futtermittelbetrieben, Fuhrunternehmen und Betrieben der gewerblichen Wirtschaft (vgl. Abbildung 33).

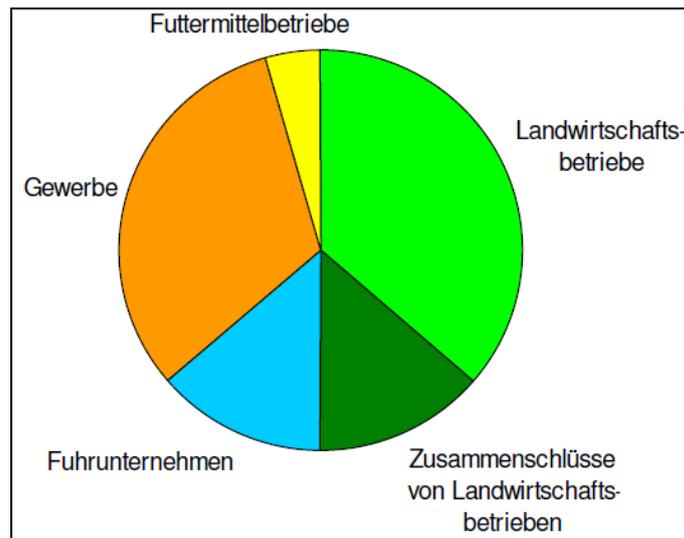


Abbildung 33: Betreiber dezentraler Ölmühlen in Sachsen (Grunert 2010b)

Das produzierte Öl wird hauptsächlich als Kraftstoff für die Landwirtschaft, für Speditionen und Tankstellen sowie für Blockheizkraftwerke zur Produktion von Strom und Wärme verwendet (über 50%, vgl. Abbildung 34). Ein weiterer großer Teil (ca. 30%) werden an Händler abgegeben (Verwendung unbekannt) oder für andere technische Zwecke verwendet. Der Anteil des Speise- und Futteröls liegt unter 20 %.

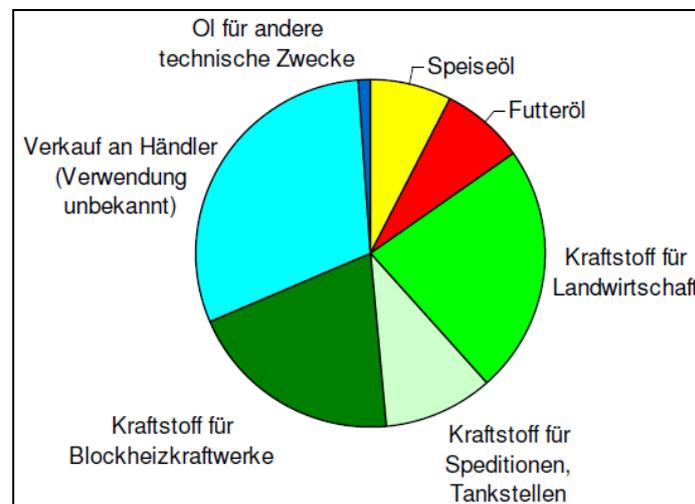


Abbildung 34: Absatzfelder des Pflanzenöls dezentraler Ölmühlen in Sachsen (Grunert 2010)

Stand der dezentralen Ölsaatenverarbeitung in Sachsen (Grunert 2010b)

Bis zum Jahr 2008 gab es noch positive Entwicklung dezentraler Ölsaatenverarbeitung in Sachsen. Seit 2008 fanden eine Reihe von Anlagenstilllegungen statt. Die Kapazitätsauslastungen liegen teilweise nur bei ca. 40%. Dies ist v.a. auf die politischen Verschiebungen im Bereich der Förderung und des Absatzes von Biodiesel und Pflanzenölen als Kraftstoff und die damit verbundenen Verunsicherungen bzgl. zukünftiger Investitionen.

Hauptabsatzfelder für das landwirtschaftliche Öl sind der Verkauf an Händler, Kraftstoff in der Landwirtschaft und Kraftstoff für Blockheizkraftwerke. Wirtschaftliche Probleme treten und treten insbesondere durch die Preisentwicklungen und -schwankungen und die zunehmende Besteuerung von Reinkraftstoffen auf. Zusätzlich stellen steigende Verwaltungsanforderungen (Nachhaltigkeitsverordnung, Zertifizierung etc.) dezentrale Ölmühlen teilweise vor große Herausforderungen. Derzeit ist, auch aufgrund der aktuellen Entwicklungen um das EEG etc. und der (z.T. sehr diffus geführten) Diskussionen um die Nachhaltigkeit, Klimaschutzwirkung und Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion von Biokraftstoffen, keine Kehrtwende zum Positiven in Sicht.

Im Jahr 2010 wurden in Sachsen auf ca. 140.200 ha, das entspricht ca. 19,5 % der sächsischen Ackerfläche, Ölfrüchte angebaut (Agrarbericht 2010). Der Großteil davon war mit ca. 136.850 ha (97,6 %) Raps, gefolgt von Sonnenblume mit ca. 1450 ha (1,1 %) und Öllein mit ca. 610 ha (0,4 %). Fast alleinige Hauptanbaukultur im Bereich der Ölsaaten ist daher der Raps. Er steht oft als einzige Kultur neben den Getreiden in sehr engen, Getreide betonten Fruchtfolgen (Anteil Getreideanbau in Sachsen ca. 57 % der Ackerfläche). Der maximal mögliche Anbauumfang von Raps liegt aus anbautechnischer Sicht bei 25 % der Ackerfläche und ist in Sachsen annähernd ausgeschöpft (2010: 19,5 %).

Grunert (2010a) hat die Vor- und Nachteile des Anbaus von Raps als Rohstoff der Bioenergieerzeugung aufgelistet (vgl. Tabelle 4). Positiv ist weiterhin die sehr gute Vorfruchtwirkung des Rapses v.a. für das nachfolgende Getreide, v.a. Winterweizen, durch seine gute Durchwurzelung und die Schaffung einer guten Bodengare, eine gute Bodenbedeckung und gute Mulchsaatträgbarkeit (Erosionsschutz) sowie eine tendenziell positive Humusbilanz zu nennen. Das Stroh verbleibt meist auf dem Feld und leistet damit einen wichtigen Beitrag zum Erhalt der Bodenfruchtbarkeit (LfULG 2010c). Als Nebenprodukt der Pflanzenölgewinnung aus Ölsaaten stehen erhebliche Mengen wertvoller Eiweißfuttermittel zur Verfügung. Diese kommen vorwiegend in der Rinderfütterung zum Einsatz. Negativ sind der hohe Betriebsmitteleinsatz und -aufwand (Düngung, Pflanzenschutz), sowie tendenziell hohe N-Bilanzüberschüsse anzumerken.

Tabelle 4: Bioenergie aus Raps, Chancen und Risiken (Grunert 2010a)

positiv	kritisch
<ul style="list-style-type: none"> - sehr gute Einordnung vor allem in getreidereiche Fruchtfolgen - sehr lange Vegetationszeit und Bodenbedeckung - positive Humusbilanz - hohe Nährstoffrückführung - hohe Treibhausgasreduzierung möglich - positiv im Landschaftsbild 	<ul style="list-style-type: none"> - Erosionsgefahr bei Pflugbestellung - evtl. Gefahr der Bodenverdichtung bei Gülleausbringung - Fruchtfolgeanteile > 25 % - hoher Stickstoffbedarf - hoher Pflanzenschutzmittelaufwand
<ul style="list-style-type: none"> => Vorteile vor allem in getreidereichen Fruchtfolgen => erhebliche Gefahren bei nicht nachhaltig gestaltetem Anbau => beherrschbare Risiken bei nachhaltigen Verfahrenslinien (angemessener Fruchtfolgeanteil, reduzierte Bodenbearbeitung, Gärsubstratrückführung, Einhaltung CC-Bestimmungen) 	

Situation von Biokraftstoffen

Ein Großteil der in Ölmühlen verarbeiteten Ölfrüchte wird zur Kraftstoffherstellung verwendet. Aus diesem Grund und auch aufgrund der derzeit, z.T. eher unsachlich, geführten Diskussionen um Biokraftstoffe soll die derzeitige Situation nachfolgend etwas ge-

nauer erläutert werden. Da die Kraftstoffe überwiegend überregional abgesetzt und vermarktet werden, wird auch eine überregionale Betrachtungsweise gewählt.

Abbildung 35 zeigt den Kraftstoffverbrauch in Deutschland für das Jahr 2011 (FNR 2012a). Dieser setzt sich zu 58,7 % aus Dieselmotorkraftstoff, 35,8 % aus Ottomotorkraftstoff und lediglich zu 5,6 % aus Biokraftstoffen zusammen. Im Bereich der Biokraftstoffe nimmt Biodiesel mit 4 % (am Gesamtkraftstoffverbrauch) den größten Teil ein. Dies ist auch v.a. auf die Beimischung von Biodiesel von bis zu 7% zum fossilen Dieselmotorkraftstoff zurückzuführen. Bioethanol spielt mit 1,5% eine derzeit noch geringere Rolle und der Bereich der Pflanzenöle spielt nach den Entwicklungen der letzten Jahre mit 0,03% kaum noch eine Rolle.

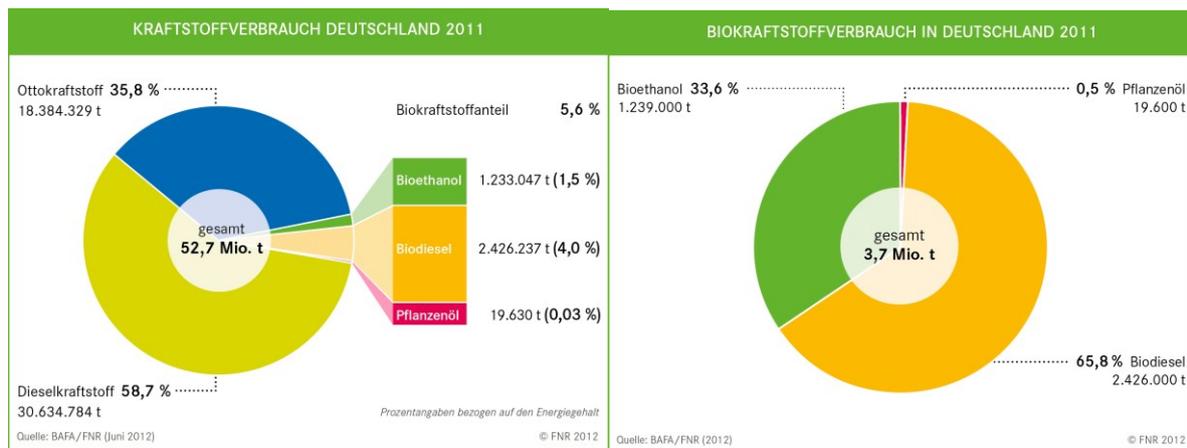


Abbildung 35: Kraftstoffverbrauch und Biokraftstoffverbrauch in Deutschland 2011 (FNR 2012a)

Gerade der Bereich Biodiesel hat in den letzten Jahren durch die politischen Weichenstellungen, Erhöhung der Besteuerung und die damit verbundenen Unsicherheiten Einbußen hinnehmen müssen. Diese Entwicklungen werden auch in Abbildung 36 in der Gegenüberstellung der Entwicklungen von Produktionskapazitäten, Produktion und Absatz deutlich. Bis zum Jahr 2006 stiegen sowohl die Kapazitäten als auch Produktion und Absatz gleichförmig an. Ab 2007 stiegen die Kapazitäten zunächst weiter an und stagnierten auf einem Niveau von knapp unterhalb von 5 Mio. t. Produktion und Absatz dagegen nahmen ab und stabilisierten sich auf einem Niveau von rund 2,8 Mio. t (Produktion) und ca. 2,5 Mio. t (Absatz). Daraus wird deutlich, dass die Kapazitäten schon seit mehreren Jahren nur gut zur Hälfte ausgelastet werden und der Absatz dennoch unterhalb der Produktion liegt. Hieraus ergibt sich für viele Anlagen eine prekäre wirtschaftliche Situation.

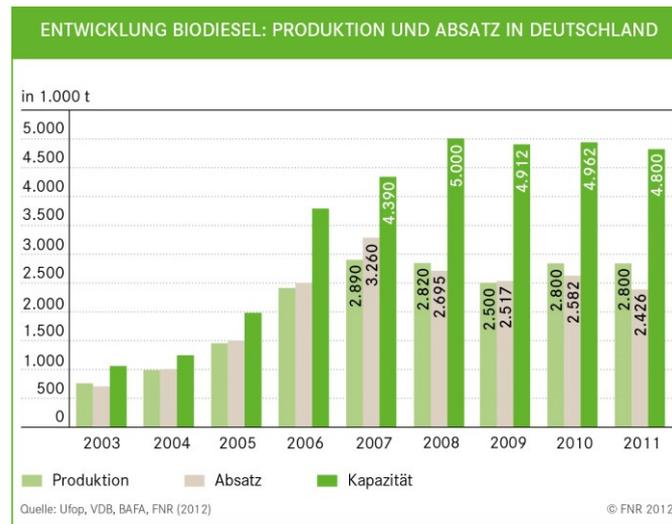


Abbildung 36: Entwicklung Biodiesel: Produktion und Absatz in Deutschland (FNR 2012a)

Für den Bereich des Bioethanols stellt sich eine in Teilen etwas andere Situation dar. Bis zum Jahr 2008/2009 stiegen sowohl Produktion als auch Absatz tendenziell gleichförmig an, wobei der Absatz immer über der Produktion lag. Dieser Bedarf wurde überwiegend aus Exportländern, wie z.B. Brasilien, gedeckt. Seit 2009 stagnierte die Produktion, auch aufgrund der Diskussionen und Rahmenbedingungen um den Bereich Biokraftstoffe, knapp unterhalb von 600.000 t. Im Gegensatz dazu stieg der Absatz, auch aufgrund der Beimischung von max. 5 % zum Ottokraftstoff, weiter an.

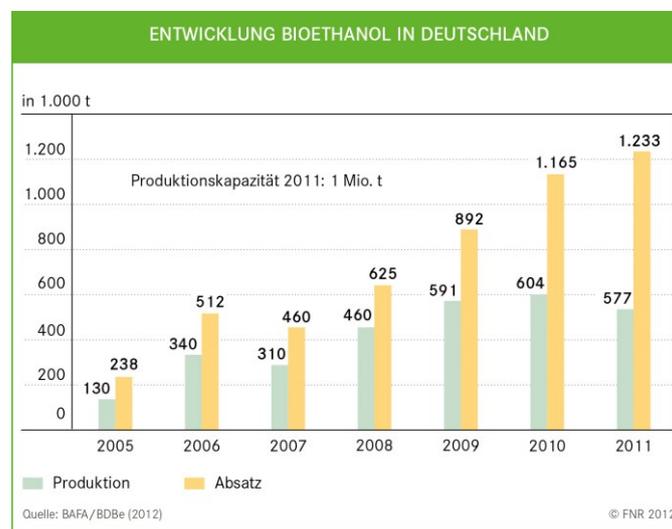


Abbildung 37: Entwicklung Bioethanol: Produktion und Absatz in Deutschland (FNR 2012a)

Im Sinne der Nachhaltigkeit stellt sich dabei natürlich die Frage nach der Sinnhaftigkeit des Imports von Ethanol, der Möglichkeiten der Zertifizierung im Bereich Anbau und Verarbeitung, um im globalen Maßstab durch politische Weichenstellungen im Inland nicht negative Auswirkungen in anderen Bereichen zu erzeugen.

Bioethanol hat den Vorteil einer sehr breiten Rohstoffbasis. Grundlage sind zucker-, stärke- und lignozellulosehaltige Rohstoffe. Zu den Zucker- und stärkehaltigen Pflanzen zählen u.a. Zuckerrüben, Weizen, Roggen, Triticale, Kartoffeln und Körnermais. Lignozellulosehaltige Pflanzen sind z.B. schnellwachsenden Baumarten wie Pappeln und Weiden, Stroh oder Miscanthus. Daher bieten gerade diese erneuerbaren Energien auch Potenziale zur Diversifizierung des Anbauspektrums, sowohl auf Betriebsebene als auch Regionsebene und die Schaffung zusätzlicher Einnahmequellen im Betrieb. Ein großer Nachteil liegt im Bereich der Überlappung und gegenseitigen Beeinflussung von Nahrungsmittel- und Energiemärkten auf globalem Maßstab und der damit verbundenen Preisdynamik und der Anfälligkeit gegenüber Spekulationen in beiden Märkten.

Abschließend zeigt Abbildung 38 die Entwicklung der Biokraftstoffe der letzten Jahre. Deutlich wird, dass der Biokraftstoffanteil in den letzten Jahren tendenziell abgenommen hat bzw. stagniert. Vor allem der Anteil der Pflanzenöle hat stark abgenommen, aber auch beim Biodiesel sind rückläufige Tendenzen festzustellen. Nur der Bioethanolanteil hat noch Zuwächse zu verzeichnen. Ob dies in den nächsten Jahren, auch im Zuge der Diskussionen um die Beimischung zum Ottokraftstoff, anhalten wird, bleibt abzuwarten.

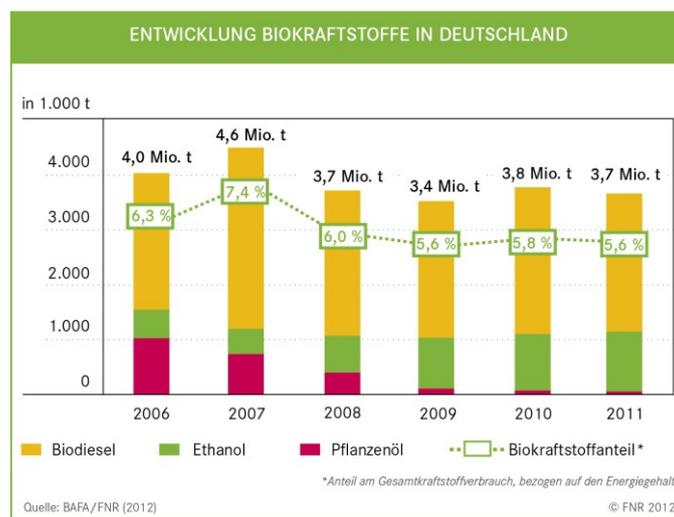


Abbildung 38: Entwicklung der Biokraftstoffe in Deutschland (FNR 2012a)

4. stoffliche Nutzung

Neben der Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen zur energetischen Verwertung besteht bei der stofflichen Verwertung eine Vielzahl von Nutzungsmöglichkeiten nachwachsender Rohstoffe. Hauptrohstoff für die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe ist Holz. Abbildung 27 (S.39) zeigt, dass fast 50 % des Holzes stofflich genutzt werden in der Sägeindustrie, als Holzwerkstoff, Zellstoff und Holzschliff. Neben dem Holz werden jedoch auch eine Reihe landwirtschaftlicher Kulturen stofflich genutzt. Tabelle 5 gibt dazu einen Überblick über die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe (ohne Holz).

Tabelle 5: Stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe in Deutschland (FNR 2012a)

STOFFLICHE NUTZUNG VON NACHWACHSENDEN ROHSTOFFEN (OHNE HOLZ) IN DEUTSCHLAND 2011		
Rohstoffgruppe	Rohstoff	2011
Fette und Öle	Fette und Öle	334.000 t
Kohlenhydrate	Stärke	823.000 t
	Zucker	153.000 t
	Cellulose	407.000 t
	Naturfaser	21.000 t
Insgesamt:		1.738.000 t

Quelle: FNR, AFC (2012) © FNR 2012

Hauptrohstoff der stofflichen Nutzung landwirtschaftlicher Kulturen ist die Stärke (47,4%), gefolgt von Cellulose (23,4%) sowie Fetten und Ölen (19,2%). Zucker (8,8%) und Naturfasern (1,2%) haben dagegen eine etwas geringere Bedeutung.

Nachfolgend werden beispielhaft Aspekte der stofflichen Nutzung dieser Rohstoffe erläutert.

Stärke ist ein pflanzlicher Reservestoff, der in Form von Stärkekörnern in Speicherorganen von Pflanzen (Körner, Knollen, Wurzeln oder Mark) angereichert wird (LfULG 2010b). Stärke wird sowohl im Lebensmittel- als auch im technischen Bereich in breitem Umfang eingesetzt und setzt sich aus den beiden Bestandteilen Amylose und Amylopektin zusammen.

Die landwirtschaftliche Produktion von stärkehaltigen Rohstoffen erfolgt durch den Anbau von Weizen, Körnermais und Kartoffel (ca. 46 %, 30 % bzw. 24 % der Stärkeproduktion) (vgl. Tabelle 6). In der Zukunft könnten die Markerbse und Neuzüchtungen mit sehr hohem Amylose- («Amylo-Mais») oder Amylopektinanteil (z.B. Amylose-freie Kartoffel) Bedeutung erlangen, da sich hierdurch verarbeitungs- und anwendungstechnische Vorteile ergeben.

Tabelle 6: Stärkeliefernde Pflanzen für den einheimischen Anbau (LfULG 2010b)

Kulturart	Ertrag dt/ha frisch	% Stärke in der Frischmasse	Stärkezusammensetzung	
			Amylose	Amylopektin
Kartoffel	300 – 600	18 – 20	20 – 27%	73 – 80%
Körnermais	80 – 100	bis 70	20 – 30%	70 – 80%
Weizen	80 – 100	bis 70	20 – 28%	72 – 80%
Markerbse	25 – 35	30 – 35	60 – 85%	15 – 40%

Da in Sachsen Kapazitäten zur Stärkeherstellung fehlen, sind landwirtschaftliche Erzeuger auf die Abnahme und Lieferung in andere Bundesländer angewiesen. Alternativen ergeben sich durch die Konzentration auf stärkeähnliche Produkte. Beispiele hierfür sind die Herstellung chemisch modifizierter Getreidemehle oder von Verpackungsmaterial aus Mais- oder Weizengrieß.

Bei der Verwendung und Verarbeitung werden unterschieden (LfULG 2010b, Werte in Klammern geben den Gehalt an Stärke in % an):

1. native Stärke

- Papier, Pappe (1,5 – 5 %)
- Leime, Kleber
- Gipskartonplatten (0,5 – 3 %)
- Textilverarbeitung (15 – 25 %)
- Kosmetika

2. modifizierte Stärke

- Lacke, Streichfarben
- Bindemittel, kationische Stärken
- Tabletten (0,5 – 3 %)
- Stärkeether und -ester
- Papier, Pappe (1,5 – 5 %)

3. Verzuckerungsprodukte

- Alkylpolyglycoside (Tenside, 50 %)
- Sorbit (Zahnpasta, 25 – 70 %)
- Kunststoffe (10 %)
- Vitamin C, Biotechnologie
- Alkohole

Hinzu kommen eine Reihe ökologischer und ökonomischer Vorteile durch den Einsatz von Stärke zu technischen Zwecken (LfULG 2010b):

- biologische Abbaubarkeit (ab einem Stärkeanteil von 70 – 80 %), Schaffung von Stoffkreisläufen, Senkung der Rest-/Abfallmengen,
- Schonung der natürlichen und fossilen Ressourcen,
- Verwertungsalternative für landwirtschaftliche Produkte,
- weltweite Verfügbarkeit (kurze Transportwege),
- Einsparung von Verarbeitungsschritten durch Nutzung der Synthesevorleistung der Natur (polymere Struktur der Stärke).

Abschließend zeigt Abbildung 39 die Einsatzmengen von Stärke, Zucker und Chemiezellstoff in Deutschland 2011 (FNR 2012a). Stärke wird danach primär in der Pappe- und Papierindustrie sowie in der chemischen Industrie eingesetzt. Cellulose als Chemiezellstoff und Zucker für eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten.

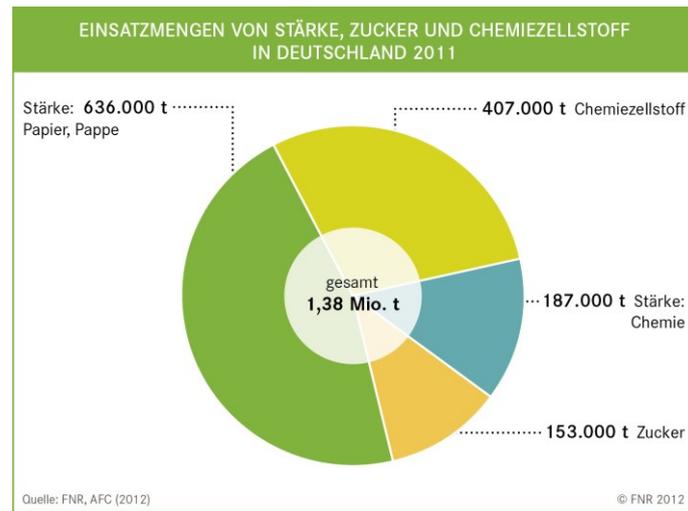


Abbildung 39: Einsatzmengen von Stärke, Zucker und Chemiezellstoff in Deutschland (FNR 2012a)

In der stofflichen Verwertung reichen die Einsatzfelder **pflanzlicher Öle** von biologisch schnell abbaubaren Schmierstoffen, Lacken und Farben, über Tenside, Kosmetika, Wachse bis zu Grundchemikalien oder auch Bitumen (LfULG 2010c). Einige der genannten Beispiele sind bereits in größerem Umfang etabliert. Insgesamt eröffnen sich hier jedoch noch erhebliche Entwicklungsmöglichkeiten

Für den Bereich der Fette und Öle (vgl. Tabelle 5) wird nachfolgend beispielhaft der Einsatz von Bioschmierölen dargestellt.

Für fast alle Anforderungen gibt es heute entsprechende biologisch abbaubare Produkte, so z.B. Motoren-, Getriebe-, Schmier-, Hydraulik-, Spezial-, Multifunktions-, Kettensäge-, Schalöle oder Fette. Die Vorteile von Bioschmierstoffen liegen nach LfULG (2008b) in:

- der Senkung des Risikopotenzials bei Leckagen/Havarien: (schnelle biologische Abbaubarkeit, geringe Ökotoxizität)
- dem biologischer Abbau von Betriebsstoffen bei reinen „Verlustanwendungen“ (Schalöle, Kettensägeöle etc.)
- den z.T. technischen Vorteilen (höherer Viskositätsindex)
- der Schonung fossiler Rohstoffvorräte
- der Eröffnung einer Produktionsalternative für die heimische Landwirtschaft insbesondere auf Stilllegungsflächen, Erweiterung enger Fruchtfolgen

Einsatzbereiche für Bioschmierstoffe (LfULG 2008b):

- Einsatz aus ökologischer Sicht vor allem dort, wo die schnelle biologische Abbaubarkeit zum Tragen kommt (z.B. Land-, Forst-, Wasserwirtschaft, Mobilhydraulik)
- Einsatzfelder, in denen diese Betriebsstoffe durch ihre anwendungsspezifischen Eigenschaften Vorzüge gegenüber konventionellen Produkten aufweisen (z.B. Kühlschmierstoffe für die Metallbearbeitung)
- biologisch schnell abbaubare Öle werden nach den technischen Einsatzbereichen entsprechend der Klassifizierung der konventionellen Öle gekennzeichnet

Biologisch schnell abbaubare Schmierstoffe und Hydrauliköle sind z.T. erheblich teurer als Mineralöle mit vergleichbaren technischen Eigenschaften. Mit steigenden technischen Anforderungen an die Öle und damit einem höheren Aufwand zur Herstellung und Additivierung ist eine zunehmende Preisdifferenz zu vergleichbaren konventionellen Produkten zu verzeichnen.

Für den Bereich der **Pflanzenfasern** (vgl. Tabelle 5) wird nachfolgend beispielhaft die Verwertung von Hanf dargestellt.

In Hanferstverarbeitungsanlagen gewinnt man aus geröstetem Hanfstroh durch mechanische Trennung Hanffasern und Schäben. Aus Fasern können u.a. folgende Produkte hergestellt werden (LfULG 2002a):

- technische Vliese z. B. für die Weiterverarbeitung zu Formpressteilen
- Baumaterialien (Wärmedämmung, Span- und Faserzementplatten)
- Reibbeläge für Bremsen und Kupplungen
- Papiere, Pappen und Verpackungsmaterialien
- technische Textilien (Seile, Garne, Netze, Teppichuntergewebe)

Die Schäben kommen als hochwertige Tiereinstreu für Pferde und Kleintiere sowie als Ausgangsmaterial für Baustoffe, aber auch als Heizmaterial zum Einsatz.

Die bei der Hanfverarbeitung als Koppelprodukt anfallenden Hanfsamen sind selten ausgereift und deshalb von meist minderer Qualität. Unter Beachtung der Qualität können jedoch auch aus Hanfsamen folgende Produkte gewonnen werden (LfULG 2002a):

- Speiseöl, Margarine, Backwarenzusätze, diätetische Lebensmittel
- Ölfarben, Lacke, Druckfarben, Kitte, Reinigungsmittel, Sägekettenöl
- Viehfutter (Pressrückstände), Vogelfutter

Die gesamte Hanfpflanze ist weiterhin in Strohverbrennungsanlagen energetisch nutzbar.

Voraussetzung für den wirtschaftlichen Hanfanbau ist die Vermarktung des Röststrohes über eine möglichst nahe gelegene Erstverarbeitungsanlage. Monetär schwer zu beziffern ist die sehr positive Fruchtfolgewardung des Hanfs, besonders als Getreidevorfrucht.

Auch hinsichtlich der Nutzung von Flachs als Pflanzenfaser zeigen sich ähnliche Bedingungen wie beim Hanf. Aus geröstetem Flachsstroh gewinnt man Flachslangfasern für die Weiterverarbeitung zu Reinleingarnen zur Herstellung von Haushaltswäsche und Heimtextilien (LfULG 2002b). Als Nebenprodukt fallen Flachswerg und Schäben an. Moderne Technologien verarbeiten Flachsroststroh auch zu verspinnbaren Kurzfasern. Diese wird auf Baumwollspinnmaschinen z.B. im Gemisch mit Baumwollfasern versponnen. Technische Kurzfasern finden als Ausgangsmaterial für Verbundwerkstoffe, Formpressteile, Dämmstoffe, Geotextilien und Reibbeläge Anwendung. Für technische Flachskurzfasern ist ein hohes Marktpotenzial vorhanden (LfULG 2002b). Die Schäben können gereinigt als Tiereinstreu, als Dämm- und Baustoff oder als Brennstoff verwendet werden.

1.4. Fördermöglichkeiten beim Anbau von Energiepflanzen

Deutschland:

Erneuerbare-Energien-Gesetz: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)

Die energetische Nutzung von Bioenergie, u.a. aus Biomasse, wird vom BMU mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) gefördert. Das Gesetz ist erstmalig 2000 in Kraft getreten und seit dem mehrfach überarbeitet. Die aktuelle Fassung vom 1. Januar 2012 erneuert die bisherigen Bestimmungen in vielen entscheidenden Punkten, z.B. hinsichtlich der neu gefassten Einsatzstoffvergütungsklassen. Die Frage, welche Stoffe überhaupt als Biomasse gelten, regelt die am 28. Juni 2001 in Kraft getretene Biomasseverordnung mit der novellierten aktuellen Fassung vom 1. Januar 2012. Das „neue“ EEG und die dazu angepasste Biomasseverordnung sind für alle seit dem 1. Januar 2012 in Betrieb gegangenen bzw. gehenden Biomasseanlagen die gesetzlichen Grundlagen. Anlagen, die bis zum 31.12.2011 ans Netz gegangen sind, unterliegen weiterhin den Regelungen des EEG 2009 bzw. der Biomasseverordnung 2005, was z.T. gerade für kleinere Anlagen erhebliche Unterschiede mit sich bringt.

Die Vergütung für Strom aus Biomasse besteht aus einer nach Anlagenleistung gestaffelten Grundvergütung. Nach dem EEG 2009 kann die Grundvergütung durch Gewährung verschiedener Boni aufgestockt werden:

1. Emissionsminimierungsbonus: für die Einhaltung der entsprechenden Formaldehydgrenzwerte
2. Technologie-Bonus: für die Stromerzeugung mit innovativen Technologien
3. KWK-Bonus: für die Produktion des Stromes in Kraft-Wärme-Kopplung
4. NawaRo-Bonus: für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe,
ggf. mit Gülle-Bonus bei Verstromung eines Anteils von mindestens 30 M.% an Gülle und/oder Landschaftspflegebonus, wenn zur Stromerzeugung überwiegend Pflanzen bzw. Pflanzenbestandteile, die im Rahmen der Landschaftspflege anfallen, eingesetzt werden.

Weiterhin sind die zulässigen nachwachsenden Rohstoffe bzw. die zulässigen Substrate sowie eine Auswahl von pflanzlichen Nebenprodukten aufgelistet.

Die Vergütungsregelungen und -tabellen zum EEG 2009 sind u.a. in der Broschüre „Das Erneuerbare-Energien-Gesetz–Daten und Fakten zu Biomasse“ (BMELV 2009) beschrieben: www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/EEG.pdf.

In der EEG-Novelle (1. Januar 2012) werden bei der Rohstoffvergütung zwei (bzw. 3 Klassen mit EVK 0) Klassen, sog. Einsatzstoffvergütungsklassen (EVK), unterschieden (vgl. Tabelle 7). Die Vergütung erfolgt dann in Abhängigkeit des Substrates (EVK) und der Anlagengröße. Die höchste Vergütung erfolgt in EVK II.

Tabelle 7: Einsatzstoffvergütungsklassen nach EEG 2012

Einsatzstoffvergütungsklasse 0	Einsatzstoffvergütungsklasse I	Einsatzstoffvergütungsklasse II
Auszug aus der Anlage 1 zum EEG: Backabfälle, Fettabscheiderinhalte, Flotafette, Frittierfette, Gemüseabputz, Getreide (Ausputz), Getreideschlempe, Grünschnitt aus der privaten und öffentlichen Garten- und Parkpflege, Kartoffeln (aussortiert), Kartoffelschalen, Milch (nicht oder nicht mehr zum Verzehr geeignet), Rapsextraktionsschrot, Rübenkleinteile (aus der Zuckerverarbeitung), Speisereste, Straßenbegleitgras , Tierblut, Zuckerrübenschnitzel	Corn-Cob-Mix (CCM) , Futterrübe, Futterrübenblatt, Getreide (Ganzpflanze) , Getreidekorn, Gras (einschließlich Ackergras), Grünroggen (Ganzpflanze), Hülsenfrüchte (Ganzpflanze), Kartoffelkraut, Körnermais , Lieschkolbenschrot , Mais (Ganzpflanze) , Sonnenblume (Ganzpflanze), Sorghum (Ganzpflanze), Sudangras, Weidelgras, Zuckerrüben, Zuckerrübenblatt mit Anteilen Zuckerrübe, sonstige Pflanzen oder Pflanzenbestandteile	Blühstreifen, Blühflächen, Schonstreifen, Ackerrandstreifen, Wildblumenaufwuchs, Durchwachsene Silphie, Geflügelmist, Geflügeltrockenkot, Klee gras (als Zwischenfrucht auf Ackerbaustandorten), Landschaftspflegematerial (einschließlich Landschaftspflegegras*), Leguminosen-Gemenge, Lupine, Luzernegras (als Zwischenfrucht auf Ackerbaustandorten), Pferdemit, Phacelia, Rinderfestmist, Rindergülle, Schafmist, Ziegenmist, Schweinefestmist, Schweinegülle, Stroh, Winterrüben
keine einsatzstoffbezogene Vergütung	Anlagen bis 500 kW: 6 ct/kWh Anlagen bis 750 kW: 5 ct/kWh Anlagen bis 5 MW: 4 ct/kWh	Anlagen bis 750 kW: 8 ct/kWh Anlagen bis 5 MW: 8 ct/kWh (Ausnahme: Gülle = 6 ct(kWh))

Nachwachsende Rohstoffe als Energiepflanzen (außer Durchwachsene Silphie u.a.) sind überwiegend der Klasse 1 zuzuordnen. Klasse 2 beinhaltet Landschaftspflegematerial, Biomasse von Blüh- und Ackerrandstreifen, Durchwachsene Silphie u.a. Bei genauerer Betrachtung der Einsatzstoffvergütungsklassen fallen jedoch einige 'Besonderheiten' auf. So findet sich z.B. Landschaftspflegematerial, -gras in EVK II mit hoher Vergütung, Straßenbegleitgras jedoch in EVK 0, ohne Vergütung. Des Weiteren werden in EVK z.B. Klee gras und Luzernegras nur als Zwischenfrucht gefördert. Die positiven Wirkungen dieser ‚Gesundungskulturen‘ für die Humusreproduktion, Erosionsschutz, Diversifizierung der Fruchtfolgen etc. treten jedoch vornehmlich bei mehrjähriger Nutzung auf. Die Aufwüchse/Schnitte können dabei als Biogassubstrat Verwendung finden. Ferner sprechen termin- und arbeitswirtschaftliche, sowie ertragliche und ökonomische Gründe für eine (mehrjährige) Hauptfruchtnutzung. Dies sollte auch im Rahmen einer der entsprechenden Förderung des EEG, ggf. in einer weiteren Novellierung Berücksichtigung finden. Weiterhin wird in EVK II der Einsatz von Rinder- und Schweinefestmist und Stroh gefördert. Gerade diese Substrate (v.a. Mist) haben eine hohe Humusreproduktionsrate und sollten primär, auch unter den Aspekten des fortschreitenden Klimawandels, auch hierfür, durch Ausbringung als Wirtschaftsdünger genutzt werden. Weiterhin ist z.B. die Vergärung von Stroh derzeit noch mit einer Reihe von Problemen innerhalb der Verfahrenskette verbunden. In diesem Zusammenhang sind weiterhin die steigenden Nachfragen nach Stroh zur Verbrennung (vgl. Kap 3) zu nennen. Vor dem Hintergrund des Klimawandels, Abnehmender Humusgehalte und der Erfordernis der Stabilisierung der Humusgehalte im Boden (vgl. Teilbericht 3.3.1 a) sollte über die Förderung dieser Substrate zur Biogasgewinnung bzw. eine konsistentere Förderung innerhalb verschiedener Förderrichtlinien und -gesetze, unter verstärkter Einbeziehung der übergeordneten Aspekte des Klimawandels nachgedacht werden (siehe hierzu auch IRKAP-Entwurf, Teil Landwirtschaft und Teilbericht TP 3.3.1 zur aktuellen Diskussion um die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) auf EU-Ebene).

Der Gülle- und Landschaftspflegebonus entfallen. Güllekleinanlagen (bis 75 kW_{el}) mit einem Einsatz von mehr als 80 Masseprozent Gülle bzw. Mist, ausgenommen Geflügelmist und Hühnertrockenkot, erhalten eine Sondervergütung. Weiterhin wird die Vergärung von Bioabfällen bei einem Einsatz von mindestens 90 Masseprozent und die Aufbereitung des Biogases auf Erdgasqualität („Biomethan“) vergütet. Durch Einführung einer

Marktprämie sowie einer Flexibilitätsprämie soll die Direktvermarktung gestärkt werden. Die restlichen im EEG 2009 enthaltenen Boni (Emissionsminimierungsbonus, Technologie-Bonus und KWK-Bonus) entfallen.

Die EEG-Novelle und aktuelle Fassung der Biomasseverordnung sind unter: www.bmu.de/erneuerbare_energien_downloads/doc/47585.php verfügbar.

Weiterhin hat das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) eine Broschüre zum EEG 2012 mit Vergütungsübersichten und weiteren Informationen veröffentlicht: „Das Erneuerbare-Energien-Gesetz – Die Novelle 2012“ (BMELV 2012): www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/EEG-Novelle.pdf.

Rahmenbedingungen, Hinweise und Publikationen zum EEG und zur Biomasseverordnung sind ebenfalls unter: www.energiepflanzen.info verfügbar.

Förderprogramm ‚Nachwachsende Rohstoffe‘ (BMELV)

Mit dem Förderprogramm „Nachwachsende Rohstoffe“ unterstützt das BMELV Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsvorhaben, die Öffentlichkeitsarbeit und Markteinführung bei nachwachsenden Rohstoffen im energetischen und stofflichen Bereich. Die Abwicklung erfolgt über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.; weitere Informationen finden sich unter www.fnr.de.

Sachsen:

Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur nachhaltigen Entwicklung der Landwirtschaft in Sachsen – RL-NR.: LUE/2007, NR. 2.4

Im Rahmen der Investitionsförderung auf Grundlage der Förderrichtlinie Land- und Ernährungswirtschaft – RL LuE/2007, Teil A Einzelbetriebliche Förderung von Investitionen für eine wettbewerbsorientierte und nachhaltige Landwirtschaft werden, neben dem Anbau schnellwachsender Baumarten und Miscanthus, auch der Anbau z.B. der Durchwachsenen Silphie gefördert. Förderfähig ist das erstmalige Anlegen einer Plantage durch Pflanzung, bei mehrjähriger Nutzung der Energiepflanze als Biogassubstrat.

Nach Punkt 2.4 RL LuE/2007 Teil A wird ‚(...) das erstmalige Anlegen von mehrjährigen Energiepflanzenplantagen‘ gefördert. Zuwendungsfähige Ausgaben sind hierbei:

- Kosten der Bodenvorbereitung einschl. Unkrautbekämpfung
- einmalige Vorratsdüngung im Rahmen der Pflanzvorbereitung als bodenverbessernde Maßnahme, die aktivierungsfähig ist und mit abgeschrieben wird
- Pflanzkosten (Maschinenkosten, Lohnkosten, Nachbesserung)
- Pflanzgut
- mechanische Unkrautbekämpfung/ Pflege
- Wildschutzzaun

Der Antragsteller muss das Anlegen von mehrjährig nutzbaren Energiepflanzenplantagen bei der zuständigen Unteren Naturschutz Behörde (UNB) unter Verwendung eines Formblatts anzeigen. Bringt die UNB innerhalb von 1 Monat keine Einwände vor, kann der Antragsteller genannte Plantage anlegen.

Die Zuwendungen werden als ‚Projektförderung mit Anteilfinanzierung‘ in Form von Zuschüssen gewährt. Dabei muss das zuwendungsfähige Investitionsvolumen mindestens 20.000 EUR je Antrag betragen. Die Höhe der Förderung beträgt dann 30% des zuwendungsfähigen Investitionsvolumens.

Nach Punkt 2.9 werden weiterhin gefördert: Investitionen zur Erzeugung und Nutzung regenerativer Energien sowie die Umstellung auf regenerative Energien (ausgenommen Wind-, Wasserkraft- und Photovoltaikanlagen), soweit die Energieträger überwiegend im eigenen Unternehmen erzeugt werden oder die erzeugte Energie überwiegend im eigenen Unternehmen genutzt wird.

Unter Punkt 4.10 steht erläuternd dazu: *Maßnahmen nach Nummer 2.9 werden nur gefördert, wenn sie die Anforderungen gemäß Merkblatt des SMUL für Investitionen zur Erzeugung, Nutzung und Umstellung auf regenerative Energien erfüllen. Eine **Förderung von Biogasanlagen** nach Nummer 2.9 ist nur in Futterbau-, Veredlungs- oder Verbundbetrieben (gemäß EU-Betriebssystematik; Klassifizierungssystem nach Entscheidung 85/377/EWG vom 7. Juni 1985; ABl. EG Nr. L 220 S. 85) möglich. Dafür ist ein Wärmenutzungskonzept vorzulegen. In diesem Zusammenhang ist eine Gesamtenergienutzung durch die Anlage inklusive Wärmenutzung von mindestens 75 Prozent nachzuweisen. Im Rahmen der Vor-Ort- Kontrolle zur Endfestsetzung muss die technische Möglichkeit der Gesamtenergienutzung inklusive Wärmenutzung festgestellt werden. Zudem muss der Zuwendungsempfänger im Rahmen von Zweckbindungskontrollen die Erfüllung dieser Vorgabe ab dem zweiten Nutzungsjahr nachweisbar belegen können. Die Regelung ab Satz 2 gilt auch für Blockheizkraftwerke (BHKW) auf Pflanzenölbasis. Darüber hinaus ist eine Förderung nach Nummer 2.9 bei allen Zuwendungsempfängern nach Nummer 3.1 möglich, wenn es sich um eine Anlage mit Demonstrations- oder Modellcharakter hinsichtlich der Einführung besonders innovativer Technologien, verbunden mit einer erhöhten Energieeffizienz, handelt. Dies ist durch eine fachliche Stellungnahme einer Fachbehörde zu bescheinigen.*

Hinsichtlich der Förderung werden dbzgl. folgende Angaben gemacht:

Für Maßnahmen nach Nummer 2.9, bei denen es sich um Investitionen in Biogasanlagen (einschließlich aller dazugehörigen Anlagen zur Energienutzung und eventuell einbeziehbarer Ausgaben für einen Grundstückserwerb) handelt und die die Zuwendungsvoraussetzungen nach Nummer 4.10 erfüllen, beträgt der allgemeine Zuschusssatz 15 Prozent des zuwendungsfähigen Investitionsvolumens. Für das zuwendungsfähige Investitionsvolumen der Wärmenutzung gemäß Nummer 2.9 beträgt der allgemeine Zuschusssatz 30 Prozent. Bei Investitionen in Anlagen gemäß Nummer 2.9, die einen Demonstrations- oder Modellcharakter entsprechend Nummer 4.10 nachweisen, wird ein Zuschusssatz von 40 Prozent des zuwendungsfähigen Investitionsvolumens gewährt.

Weiteren Informationen und ein Merkblatt finden sich unter:

www.smul.sachsen.de/foerderung/download/Baumobst_und_Energiepflanzen.pdf.

Richtlinie ‚Besondere Initiative/Institutionelle Förderung‘ – RL BESIN/2007

Über die Richtlinie zur Förderung von besonderen Initiativen zur Entwicklung der Land- und Forstwirtschaft, des ländlichen Raumes sowie des Umwelt- und Naturschutzes sind seit 2012 auch Zuwendungen des Freistaates Sachsens für den Anbau „neuartiger“, d. h. noch wenig in der Praxis erprobter Energiepflanzen, z. B. mehrjähriger Energiekräuter und -gräser möglich. Weiter Informationen finden sich unter:

www.smul.sachsen.de/foerderung

Regionale Bioenergieberatung in Sachsen (Duziak 2012, FNR 2012b)

Das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) bietet noch bis voraussichtlich Ende 2012 eine kostenlose Grundberatung für land- und forstwirtschaftliche Betriebe oder interessierte Institutionen zu allen Aspekten der Bioenergie an. Diese umfasst u.a. die Gewinnung von Wärme und Elektroenergie aus Biomasse mittels Kraft-Wärme-Kopplung, Vorschläge zu vernünftigen, wirtschaftlichen Wärmekonzepten

für Biogasanlagen sowie die Erzeugung und den Einsatz von Biokraftstoffen. Das Angebot reicht von einem telefonischen Beratungsgespräch über Informationen per E-Mail bis hin zu einem Vor-Ort-Besuch. Dies wird durch eine Vielzahl von kompetenten Projektpartnern aus ganz Sachsen fachlich unterstützt. Ein weiterer wichtiger Bestandteil des Projektes ist die Öffentlichkeitsarbeit. Es sollen der Bevölkerung objektive Informationen zum Anbau von Energiepflanzen und deren Verwertung zur Verfügung gestellt werden. Darüber hinaus gibt es Angebote an Schulen, wie eine Medienkiste mit Informationsmaterial, Versuchsanleitungen und -materialien sowie Angebote für Exkursionen bei Demonstrationsbetrieben und Projektpartnern. Diese Aktivitäten sollen helfen, das Image und die Akzeptanz der Bioenergie zu verbessern. Das LfULG hat eine breite Palette an Informationsbroschüren, Ausstellungsobjekten und Postern zur Verfügung, die intensiv für Veranstaltungen, Messen, Informationsstände etc. genutzt werden. Außerdem wurden neue Schaukästen erstellt sowie Infoblätter und Poster entwickelt. Informationen über aktuelle Veranstaltungen und Neuigkeiten zum Thema Bioenergie sind im Internet unter www.bioenergie-portal.info zu finden. Dort ist ein Kurzfragebogen hinterlegt, über den Interessenten jederzeit ihre Anfragen an die Bioenergieberatung stellen können. Das Projekt wird vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) über seinen Projektträger, die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. gefördert.

weitere Projektförderungen (Grunewald 2012, FNR 2012b)

Zahlreiche, zum größten Teil über die Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) geförderte Energiepflanzen-Projekte haben sich zum Ziel gesetzt Alternativen bzw. Ergänzungen zum Maisanbau zur Erhöhung der Artenvielfalt innerhalb der (Energiepflanzen-) Fruchtfolge aufzuzeigen. Mit „EVA“ („Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen zur Biogasproduktion unter verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands“) sollen grundlegende Fragestellungen zur produktiven und nachhaltigen Gestaltung des Energiepflanzenanbaus geklärt werden (www.eva-verbund.de). Als weitere Projekte, die sich vorrangig mit der Optimierung einzelner Energiepflanzen beschäftigen, sind „Durchwachsene Silphie“, „Anbautechnik Sorghumhirsen“, „Energie aus Wildpflanzen“ und „Ganzpflanzengetreide für die Biogaserzeugung“ zu erwähnen. Ausführliche Informationen sowie Versuchsergebnisse zu diesen und sonstigen Projekten sind unter www.fnr.de und www.energiepflanzen.info zu finden.

In der Regionalbroschüre Sachsen: Energiepflanzen für die Biogasproduktion (FNR 2012) werden Empfehlungen, unter Berücksichtigung und Darstellung von Ergebnissen aus Feldversuchen, für einen ertragreichen sowie ökonomisch und ökologisch nachhaltigen Energiepflanzenanbau zur Biogasproduktion für verschiedene Ackerbauregionen des Freistaates Sachsens gegeben werden.

1.5. Zusammenfassende Schlussbetrachtung

Primäre Aufgabe der Landwirtschaft ist die nachhaltige Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln hoher Qualität. In den letzten Jahren ist jedoch zunehmend auch die Erzeugung von Biomasse auf landwirtschaftlichen Flächen zur stofflichen und energetischen Nutzung in den Fokus gerückt. Unter den Aspekten des Klimawandels bieten sich durch den Anbau nachwachsender Rohstoffe eine Reihe von Möglichkeiten zur Anpassung. Diese wurden in den einzelnen Kapiteln dieses Berichtes dargestellt und erläutert.

Anbautechnisch sind hierbei v.a. die Möglichkeiten der Diversifizierung innerhalb der Fruchtfolgen (auch zur Risikoabsicherung), die Möglichkeiten von Anbaualternativen z.B. auf Trockenstandorten durch neue Arten und Sorten (z.B. Hirsearten) und die Nutzung mehrjähriger Kulturen (im Gegensatz zum herkömmlichen Anbau einjähriger Kulturen), wie z.B. durchwachsene Silphie, Pappeln und Weiden im Kurzumtrieb etc., mit meist positiven Effekten bzgl. Erosionsschutz, Humuswirkung, Wasserhaushalt und reduziertem Einsatz an Dünge- und Pflanzenschutzmitteln sowie der Minderung N-Auswaschungsverlusten z.B. bei der energetischen Nutzung von Zwischenfrüchten. Nicht zuletzt bieten sich durch den Anbau nachwachsender Rohstoffe auch vielfältige Möglichkeiten der Schlaggestaltung, der Strukturierung der Landschaft und damit dem Erhalt und der Bereicherung der Kulturlandschaft, was u.a. auch positiv hinsichtlich der Artenvielfalt, Vernetzung und der Vulnerabilität gegenüber Extremereignissen, wie Sturm, Starkregen etc. zu bewerten ist. Auf betrieblicher Ebene bietet der Anbau nachwachsender Rohstoffe u.a. Möglichkeiten zur Diversifizierung der betrieblichen Einkommensquellen (auch hinsichtlich Risikominimierung) und der Schaffung innerbetrieblicher Stoffkreisläufe und z.T. kaskadenartiger Nutzung von Rohstoffen. Auf Regionesebene bieten der Anbau und die Nutzung nachwachsender Rohstoffe Möglichkeiten zur Schaffung und Sicherung regionaler Kreisläufe, auch z.B. hinsichtlich der Einschränkung/Minderung von Transportwegen durch lokale Verfügbarkeit und lokale Nutzungsmöglichkeiten, sowie der Stärkung des ländlichen Raumes durch Verarbeitungskapazitäten und Arbeitsplätze sowie eine dezentrale Produktion und Verarbeitung. Nicht zuletzt sind der Anbau nachwachsender Rohstoffe und deren Nutzung auch mit einer gewissen Schonung natürlicher und v.a. fossiler Ressourcen und Rohstoffe verbunden. Hinsichtlich des Klimaschutzes ist der Anbau nachwachsender Rohstoffe auch vielfach mit einer positiven Energie- und Treibhausgasbilanz verbunden.

Bei all den positiven Effekten, die bei optimaler Gestaltung des Anbaus von nachwachsenden Rohstoffen erzielt werden können, sollte jedoch auf eine Förderung von nachhaltigen Entwicklungen Wert gelegt werden. So ist z.B. zukünftig verstärkt darauf zu achten, dass bei zunehmender Anzahl an Biogasanlagen ein vertretbarer Anteil an Mais in der Fruchtfolge nicht überschritten wird. Ebenso sollten Mais-Selbstfolgen aus phytosanitären Gründen möglichst vermieden werden. Derzeit ist der Maisanteil in Sachsen mit ca. 13,4% noch sehr moderat und stellt für die Gestaltung v.a. sehr getreidelastiger Fruchtfolgen z.T. eher eine Bereicherung dar. Bei fortschreitender Entwicklung v.a. im Biogassektor ist jedoch zukünftig, auch regional, auf entsprechende Anbauanteile zu achten. Weiterhin kommt dem Ausbau und der Sicherung innerbetriebliche Stoffkreisläufe und der Rückführung von Nährstoffen auf die Betriebsflächen durch Gärrestdüngung und eine eingeschränkte Strohnutzung, auch unter den Aspekten der Humusstabilisierung unter fortschreitendem Klimawandel, eine besondere Bedeutung zu. Gerade bei der Güllenutzung im Biogassektor und den steigenden Ansprüchen auch von Seiten der thermischen Nutzung von Stroh ist diesem Aspekt zukünftig verstärkte Aufmerksamkeit zu widmen. Weiterhin sind die förderpolitischen Regelungen dran auszurichten und ggf. anzupassen.

Der Anbau nachwachsender Rohstoffe bietet eine Vielzahl an Kulturen zur Verwendung in unterschiedlichsten stofflichen und energetischen Verwertungslinien auch unter den verschiedenen Anbaubedingungen Sachsens. Hierbei bestehen, auch unter den Aspekten des Klimawandels, Möglichkeiten zur Diversifizierung und sinnvollen Nutzung von Synergien zur nachhaltigen Produktion von Nahrungs-, Futtermitteln und nachwachsenden Rohstoffen (in prioritärer Reihenfolge).

Durch die Erschließung (neuer) Verwertungsmöglichkeiten für nachwachsende Rohstoffe und die Rohstoffvielfalt mit z. T. spezifischen Inhaltsstoffen bietet sich eine äußerst breite Palette für Anbau und Verwertung. Auf dem Weg zur Etablierung nachwachsender Rohstoffe als feste Größe bei der Energiegewinnung und als Rohstoff für die industrielle Verarbeitung ist die Gesellschaft gefordert, günstige Rahmenbedingungen zu schaffen. Große Bedeutung bei der Unterstützung der Markteinführung und -etablierung nachwachsender Rohstoffe kommt aber auch der zielgerichteten Projektförderung zu. Bei fortschreitendem Klimawandel könnten langfristig in Zukunft alternative Landnutzungen wie z.B. KUP und Agroforstsysteme oder neue Kulturen, wie z.B. Hirse, Miscanthus, v.a. auf Trockenstandorten eine Anpassungsoption darstellen, bestehende Landnutzungssysteme ergänzen und an Bedeutung gewinnen. Hierbei spielt weiterhin die Nutzung und Weiterentwicklung technischer Möglichkeiten und Innovationen eine wichtige Rolle, um die Möglichkeiten solcher Anpassungsoptionen regions-, standort- und betriebsbezogen zu optimieren. Dazu besteht zukünftig in der REGKLAM-Modellregion Dresden noch weiterer Forschungs-, Förderungs- und Entwicklungsbedarf.

Grundvoraussetzung für die Etablierung der stofflichen oder energetischen Verwertung nachwachsender Rohstoffe ist die Nachhaltigkeit der Verwertungslinien. Hierfür gelten entsprechende gesetzliche Regelungen. Zur Steigerung der Effektivität und Nachhaltigkeit der Verwertungsketten sollten etwaige Möglichkeiten der Kaskadennutzung nachwachsender Rohstoffe, sowie der Nährstoffrückführung auf die Flächen voll ausgeschöpft werden. Die förderpolitischen Ausrichtungen sollten dabei alle Aspekte einer nachhaltigen, umweltgerechten Produktion, des Klima-, Boden, Gewässer-, Natur- und Umweltschutzes, sowie der ökonomischen und betrieblichen Rahmenbedingungen berücksichtigen.

Das novellierte EEG zielt mit den Einsatzstoffvergütungsklassen u.a. auf eine Diversifizierung im Substratmix von Biogasanlagen und damit auch im Anbau, was auch unter den Aspekten eines fortschreitenden Klimawandels zu begrüßen ist. Die Ausgestaltung ist jedoch in einzelnen Punkten, auch unter der Berücksichtigung von Klimawandelaspekten, noch einmal zu überdenken bzw. ggf. anzupassen, um möglichst große Synergieeffekte durch unterschiedliche Förderschwerpunkte, -richtlinien und -gesetze zu erzielen. Hier gibt es u.a. im Bereich der Förderung der nachwachsenden Rohstoffe noch Koordinierungs- und ggf. Anpassungsbedarf.

In diesem Zusammenhang sind weiterhin die derzeitigen Diskussionen um die Ausgestaltung der ‚gemeinsamen Agrarpolitik‘ GAP ab 2014 in der EU zu nennen. Hierbei wird im Rahmen des ‚Greening‘ der 1. Säule eine Einführung von ökologischen Vorrangflächen in der Größenordnung von 7% der Betriebsfläche diskutiert. Die genaue Ausgestaltung wird derzeit noch diskutiert. Der derzeitige Entwurf der EU-Kommission sieht jedoch auf den Vorrangflächen keinen üblichen Anbau von Nahrungsmitteln, Futtermitteln und Energiepflanzen vor. Sollte die endgültige Definition der ÖVF in der GAP keine Bewirtschaftung zulassen, so käme das einer Stilllegung von Flächen in entsprechender Größenordnung gleich und führt dadurch zu einer weiteren Reduzierung von landwirtschaftlichen Flächen. Die Stilllegung von wertvollem Ackerland passt nicht zu den derzeitigen und zukünftigen Herausforderungen. Die Landwirtschaft ist sowohl bei der Energiewende als auch bei der

Erzeugung von Lebensmitteln und den Herausforderungen des Klimawandels gefordert tragbare Lösungen zu finden, die sich zum einen an diesen Herausforderungen orientieren und messen lassen müssen, zum anderen aber auch die Belange des Umwelt- und Naturschutzes, sowie der Landschaftspflege und -gestaltung berücksichtigen. Hierbei sind landwirtschaftliche Systeme, Verfahren und Techniken gefragt, die Synergien zwischen diesen verschiedensten Anforderungen generieren und nutzen. Daher sollte es das primäre Ziel sein, verstärkt Synergieeffekte zwischen verschiedenen Schutzzielen, wie z.B. Klimaanpassung und Biodiversität (Begrünung von Hangrinnen, Anbau von Gehölzstreifen zum Erosionsschutz und der gleichzeitigen periodischen Nutzung) zu generieren. Eine Möglichkeit zur Ausgestaltung wäre der Anbau von Eiweißpflanzen, bestimmten einjährigen oder mehrjährigen Kulturen zur energetischen Nutzung unter den Hauptzielstellungen Ökologisierung, Biodiversität und ggf. auch Landschaftsstrukturierung. Der Anbau nachwachsender Rohstoffe bietet hierbei vielfältige Möglichkeit.

Literatur

BMELV (2009): Das Erneuerbare-Energien- und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – Daten und Fakten zu Biomasse. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Berlin.

BMELV (2012): Das Erneuerbare-Energien-Gesetz – Daten und Fakten zu Biomasse – Die Novelle 2012. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Berlin.

Brandl, J.R., L. Hodges, X.H. Zhou (2004): Windbreaks in North American agricultural systems. *Agroforestry Systems* 61, p. 65-78.

Brückner, C.; Zschoche, E. (2012): Biogasproduktion in Sachsen – Aktuelle Hinweise für Landwirte. Sächsisches Landesamt für Umwelt. Landwirtschaft und Geologie, Dresden.

Chalmin, A. (2009): Produktionsaspekte in Agroforstsystemen mit Werthölzern - landwirtschaftliche Produktion. Kapitel 25 In: Reeg, T., A. Bemann, W. Konold, D. Murach, H. Spiecker (2009): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Willey-VCH Verlag, Weinheim.

Duziak, D. (2012): Regionale Bioenergieberatung in Sachsen. In: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.)(2012): Energiepflanzen für Biogasanlagen. Regionalbroschüre Sachsen. www.fnr.de

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations (2010): <http://www.fao.org/docrep/x5327e/x5327e03.htm>

FNR - Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.)(2012a): Grafiken zum Energiepflanzenanbau in Deutschland. www.fnr.de → Mediathek.

FNR - Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.)(2012b): Energiepflanzen für Biogasanlagen. Regionalbroschüre Sachsen. www.fnr.de

Grunert, M. (2010a): Energie aus Biomasse – Energetische Verwertung pflanzlicher Biomasse. Faltblatt. LfULG 2010. www.smul.sachsen.de/lfulg.

Grunert, M. (2010b): Nachwachsende Rohstoffe - Rohstoffe und Verwertungsmöglichkeiten, ein Überblick. Faltblatt. LfULG 2010. www.smul.sachsen.de/lfulg.

Grunert, M. (2010c): Kurzumtriebsplantagen – Chancen für die REGKLAM-Region? 2. Regklam-Workshop ‚Landwirtschaft im Klimawandel‘. Groitzsch 03.12.2010. www.regklam.de

Grunert, M.; Becker, R. (2011): Schnellwachsende Baumarten - Anbau auf landwirtschaftlichen Flächen. Broschüre. Sächsisches Landesamt für Umwelt. Landwirtschaft und Geologie, Dresden.

Grunewald, J. & D. Zander (2010): Energiepflanzen zur Biogasproduktion. 2. Regklam-Workshop ‚Landwirtschaft im Klimawandel‘. Groitzsch 03.12.2010. www.regklam.de

Grunewald, J. (2012): Entwicklung der Biogasbranche und des Energiepflanzenanbaus zur Biogasproduktion in Sachsen. In: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.)(2012): Energiepflanzen für Biogasanlagen. Regionalbroschüre Sachsen. www.fnr.de

Grünwald, H., T. Reeg (2009): Überblick über den Stand der Forschung zu Agroforstsystemen in Deutschland Kapitel 21. In: Reeg, T., A. Bemann, W. Konold, D. Murach, H.

Spiecker (2009): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Wiley-VCH Verlag, Weinheim.

Jose, S., S.C. Allen, P.K.R. Nair (2008): Tree-Crop Interactions: Lessons from Temperate Alley Cropping Systems. In: Batish, D.R., R.K. Kohli, S. Jose, H.P.Singh (2008): Ecological Basics of Agroforestry. CRC Press, Boca Raton in USA

KBU – Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt (2008): Bodenschutz beim Anbau nachwachsender Rohstoffe. Empfehlungen der Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt.

KTBL (2006): Energiepflanzen – Datensammlung. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt.

LfULG-sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2002a): Faltblatt Hanf. www.smul.sachsen.de/lfulg

LfULG-sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2002b): Faltblatt Faserlein. www.smul.sachsen.de/lfulg

LfULG-sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2008a): Faltblatt Brennstoff Getreidestroh. www.smul.sachsen.de/lfulg

LfULG-sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2008b): Faltblatt Bioschmierstoffe. www.smul.sachsen.de/lfulg

LfULG-sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2010a): Faltblatt nachwachsende Rohstoffe. www.smul.sachsen.de/lfulg

LfULG-sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2010b): Faltblatt Rohstoff Stärke. www.smul.sachsen.de/lfulg

LfULG-sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2010c): Faltblatt Rohstoff Pflanzenöl. www.smul.sachsen.de/lfulg

LfULG – Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2010d): Anbauempfehlungen – schnellwachsende Baumarten im Kurzumtrieb. Schriftenreihe des sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. www.smul.sachsen.de/lfulg.

LfULG-sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2011a): Faltblatt Energiepflanzen – Halmgut und holzartige Kulturarten. www.smul.sachsen.de/lfulg

LfULG-sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2011b): Faltblatt Zwischenfrüchte. www.smul.sachsen.de/lfulg

Marx, M. (2011): Erneuerbare Energien in Sachsen – Wo stehen wir?. Biogastagung am 06.10.2011 in Groitzsch. www.smul.sachsen.de/lfulg.

Möndel, A., M. Brix, A. Chalmin (2009): Ökonomische Bewertung von Agroforstsystemen. In: Reeg, T., A. Bemann, W. Konold, D. Murach, H. Spiecker (2009): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Wiley-VCH Verlag, Weinheim.

Murach, D., H. Hartmann, Y. Murn, M. Schultze, A. Wael, H. Röhle (2009): Standortbasierte Leistungsschätzung in Agrarholzbeständen in Brandenburg und Sachsen. In: Reeg, T., A. Bemann, W. Konold, D. Murach, H. Spiecker (2009): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Wiley-VCH Verlag, Weinheim.

Nair, P.K.R (1993): An Intriduction to Agroforestry. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, the Netherlands.

Quinkenstein, A., C. Böhm, D. Freese, J. Wöllecke, H. Grünwald, B.U. Schneider, R.F. Hüttl (2008): Alley-Cropping - Ein klima-adaptierbares landnutzungssystem zur nachhaltigen Biomasseproduktion. Forum der Forschung 21, p. 131-138, BTU Cottbus Eigenverlag.

Röhricht, C; Zander, D. (2008): Anbau und Nutzung von Energiehirse. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft. Heft 2/2008.

Röhricht, C.; Ruscher, K.; Grunert M. (2009): Energiepflanzen – Kurzkennzeichnung Halmgut- und Holzartiger Kulturarten zur Verbrennung oder Biogaserzeugung. Broschüre. Sächsisches Landesamt für Umwelt. Landwirtschaft und Geologie, Dresden.

SAENA – Sächsische Energieagentur (2012): Standorte von Bioenergieanlagen in Sachsen. www.saena.de

Schmelz, F. (2001): Lineare anthropogene Gehölz- und Saumstrukturen im Bachgau (Gmde. Großostheim, Lkrs. Aschaffenburg): Historische, vegetationskundliche und ökologische Analyse der Hecken und Säume unter besonderer Berücksichtigung der Landwirtschaft. Naturschutzfachliche Bewertung und Erstellung eines integrierenden Nutzungs- und Schutzkonzeptes. Dissertation am Geographischen Institut der Justus-Liebig-Universität Gießen.

SMUL-Sächsisches Ministerium für Umwelt und Landwirtschaft (2011): Agrarbericht 2010. www.smul.sachsen.de

SRU – Sachverständigenrat für Umweltfragen (2007): Klimaschutz durch Biomasse. Sondergutachten Juli 2007.

Statistisches Bundesamt (2012): Maisanbauflächen in Deutschland. www.destatis.de

Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (2011): Nutzung von landwirtschaftlichen Kulturen zur Biogasproduktion in Sachsen. www.statistik.sachsen.de.

Vetter, A.; Heiermann, M.; Toews, T. (2009): Anbausysteme für Energiepflanzen – optimierte Fruchtfolgen und effiziente Lösungen. DLG-Verlag, Frankfurt.

Vetter, A., M. Bärwolff (2010): Verbundprojekt AgroForstEnergie – Mischkulturen mit Energieholz. Agrarholz 2010. Symposium 18./19. Mai 2010 in Berlin. <http://www.nachwachsenrohstoffe.de/agrarholz2010/>

Vetter, A. (2009): Ökonomische und ökologische Bewertung von Agroforstsystemen in der landwirtschaftlichen Praxis. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft. http://www.tll.de/ainfo/pdf/afs/afs07_09.pdf 22.10.2010

Zehlius-Eckert, W., K. Eckstein, N. Reppin, A. Thömmes, H. Hoffmann, R. Unseld, T. Huber (2010): Agroforst in der europäischen Forschung – mit einem Schwerpunkt auf der ökologischen Nachhaltigkeit. Agrarholz 2010. Symposium 18./19. Mai 2010 in Berlin. <http://www.nachwachsenrohstoffe.de/agrarholz2010/>

Anhang