

**Kurzumtriebsplantagen auf Ackerland –
ökonomische Bewertung einer Anbauoption
mit ökologischen Vorteilen am Beispiel des
Freistaats Sachsen**

**Dissertation
zur Erlangung des
Doktorgrades der Agrarwissenschaften (Dr. agr.)**

der

Naturwissenschaftlichen Fakultät III
Agrar- und Ernährungswissenschaften,
Geowissenschaften und Informatik
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

vorgelegt von

Herrn Kröber, Mathias
Geb. am 25.01.1982 in Eilenburg

Gutachter: Prof. Dr. Peter Wagner

Prof. Dr. Albrecht Bemann

Verteidigung am 03.12.2018

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen des vom BMBF geförderten Verbundforschungsprojekts AgroForNet (Nachhaltige Entwicklung ländlicher Regionen durch die Vernetzung von Produzenten und Verwertern von Dendromasse für die energetische Nutzung) an der Professur für Landwirtschaftliche Betriebslehre der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.

Für die erhaltene Unterstützung, vor allem aber für den gewährten Freiraum während der Erstellung der Arbeit, bedanke ich mich recht herzlich bei Herrn Prof. Dr. Peter Wagner.

Weiterhin danke ich besonders Herrn Dr. Jürgen Heinrich für seine unzähligen Hinweise, Verbesserungsvorschläge sowie die teilweise stundenlangen Diskussionen zur fachlichen Durchdringung spezieller Teilfragen.

Zudem gilt Herrn Dr. Thomas Chudy ein spezieller Dank für die wunschgenaue Darstellung der zahlreichen Abbildungen im Text.

Ebenfalls möchte ich mich bei allen Projektkollegen für die konstruktive Zusammenarbeit sowie den Erfahrungsaustausch bedanken. Besonders zu nennen ist hier Herr Hendrik Horn für die Bereitstellung der Daten zur Biomasseertragsschätzung, auf denen ein Großteil meiner in der Arbeit untersuchten Betrachtungen aufbaut.

Insgesamt danke ich allen Mitarbeitern der Professur für Landwirtschaftliche Betriebslehre sowie der Professur für Unternehmensführung im Agribusiness für die häufig spontane und jederzeit unkomplizierte Hilfe bei der Bewältigung von kleineren und größeren Problemen.

Nicht zuletzt gehört mein ausdrücklicher Dank meiner Familie und meinen Freunden.

Vorwort	II
Inhaltsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis	VI
Abbildungsverzeichnis	VII
Abkürzungsverzeichnis.....	VIII
1 Einleitung.....	1
1.1 Problemstellung.....	1
1.2 Zielsetzung	2
1.3 Aufbau der Arbeit.....	3
2 Energieholzanbau in Kurzumtriebsplantagen	4
2.1 Allgemeine Charakteristik.....	4
2.1.1 Rechtlicher Rahmen	4
2.1.2 Standort- und Baumartenwahl	5
2.1.3 Anbauformen	6
2.1.4 Umsetzungskonzepte und Biomasseverwertungsoptionen	6
2.1.5 Kurzabriss Bewirtschaftung.....	7
2.2 Aktueller Stand des Anbaus in Deutschland	11
2.2.1 Entwicklung der Anbaufläche	11
2.2.2 Produktionsstandorte für KUP.....	11
2.2.3 Fördermaßnahmen im Bereich KUP	13
2.2.3.1 <i>Investitionsförderung in der Vergangenheit und in der Gegenwart</i>	13
2.2.3.2 <i>KUP-Schwerpunkte innerhalb des Wettbewerbs „Bioenergie-Regionen“</i>	14
2.2.3.3 <i>Ausgewählte Verbundforschungsprojekte</i>	15
2.2.3.4 <i>Aktivitäten in den Bundesländern</i>	17
2.2.4 KUP-Akteure in der Praxis.....	18
2.2.5 Dienstleistungsunternehmen im KUP-Bereich.....	20
2.3 Befragungen landwirtschaftlicher Betriebe in Sachsen.....	21
2.3.1 Umfrage im Landkreis Mittelsachsen.....	21
2.3.1.1 <i>Ziele der Befragung</i>	21
2.3.1.2 <i>Durchführung der Befragung</i>	21
2.3.1.3 <i>Situation in der Region</i>	22
2.3.1.4 <i>Aussichten für die Region</i>	23
2.3.2 Folgeumfrage im Freistaat Sachsen.....	24
2.3.2.1 <i>Hintergründe</i>	24
2.3.2.2 <i>Ergebnisse</i>	24
2.3.3 Zusammenfassende Bewertung	25

3	Stand der Forschung zur Wirtschaftlichkeit und Ökologie von KUP	26
3.1	Allgemeine Anmerkungen zu Kosten und Leistungen des Produktionsverfahrens	26
3.2	Wirtschaftlichkeit in der Literatur	27
3.3	Ökologie von KUP	33
4	Material und Methoden.....	36
4.1	Beschreibung der untersuchten Verfahrensketten	36
4.1.1	Allgemeine Anmerkungen.....	36
4.1.2	Verfahrenskette Feldhäcksler	37
4.1.3	Verfahrenskette Mähacker.....	38
4.1.4	Verfahrenskette Mähsammler.....	38
4.1.5	Verfahrenskette Harvester	39
4.1.6	Verfahrenskette Motorsäge.....	41
4.2	Datenerhebung	42
4.2.1	Grundsätzliche Annahmen.....	42
4.2.2	Kosten der Bewirtschaftung	44
4.2.3	Preise für Hackschnitzel aus KUP	49
4.2.4	Biomasseerträge.....	50
4.3	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	52
4.3.1	Berechnung von Kapitalwert und Annuität beim KUP-Anbau	52
4.3.2	Vergleich der relativen Vorzüglichkeit von KUP und Ackerfrüchten.....	54
4.3.3	Methodenvielfalt in der Praxis.....	55
5	Ergebnisse der betriebswirtschaftlichen Betrachtungen	59
5.1	Ökonomische Betrachtungen KUP	59
5.1.1	Ökonomie KUP freier Markt	59
5.1.1.1	<i>Vergleich Eigenmechanisierung vs. Dienstleistung.....</i>	<i>59</i>
5.1.1.2	<i>Sensitivitätsanalysen für ausgewählte Parameter</i>	<i>61</i>
5.1.1.3	<i>Gesamtbetrachtungen für den Freistaat Sachsen</i>	<i>62</i>
5.1.2	Ökonomie KUP bei Anwendung von Geschäftsmodellen	64
5.1.2.1	<i>Vertragsanbau.....</i>	<i>64</i>
5.1.2.2	<i>Vermarktung „frei Stock“</i>	<i>66</i>
5.1.2.3	<i>Belieferung kommunale Heizanlage</i>	<i>67</i>
5.1.2.4	<i>Zusammenfassender Vergleich</i>	<i>68</i>
5.1.3	Ökonomie KUP bei finanzieller Förderung in Wasserschutzgebieten	69
5.1.4	Ökonomie KUP bei naturschutzfachlicher Anlage.....	70
5.1.5	Ökonomie KUP bei Zertifizierung	72
5.2	Vergleich KUP und Marktfruchtanbau	75
5.2.1	Wettbewerbsfähigkeitsvergleich der Jahre 2007 bis 2014 im Freistaat Sachsen.....	75
5.2.2	Grenzerträge für ausgewählte Marktfrüchte auf Gemeindeebene	78
5.2.2.1	<i>Ergebnisse der Grenzertragsermittlung am Beispiel Wintergerste</i>	<i>78</i>
5.2.2.2	<i>Ergebnisse „Region Grimma“</i>	<i>81</i>

5.3	Optionen der Bereitstellung ökologischer Vorrangflächen.....	82
5.3.1	Allgemeine Aspekte	82
5.3.2	Typen ökologischer Vorrangflächen	82
5.3.3	Ökonomische Bewertung der Nutzungsoptionen	83
6	Diskussion	86
6.1	Methodenkritik	86
6.1.1	Untersuchte Verfahrensketten	86
6.1.2	Datengrundlage.....	87
6.1.2.1	<i>Allgemeine Annahmen</i>	87
6.1.2.2	<i>Bewirtschaftungskosten</i>	88
6.1.2.3	<i>Hackschnitzelpreise</i>	88
6.1.2.4	<i>Biomasseertragsschätzungen</i>	89
6.1.3	Wettbewerbsfähigkeit KUP und Marktfrüchte	90
6.2	Diskussion der Ergebnisse	91
6.2.1	Ökonomische Bewertung von KUP.....	91
6.2.1.1	<i>Freier Markt</i>	91
6.2.1.2	<i>Geschäftsmodelle</i>	94
6.2.1.3	<i>KUP in Wasserschutzgebieten</i>	96
6.2.1.4	<i>Naturschutzfachliche Anlage</i>	96
6.2.1.5	<i>Zertifizierung</i>	97
6.2.2	Wettbewerbsfähigkeit KUP und Marktfrüchte	98
6.2.2.1	<i>Ergebnisse Sachsen 2007 bis 2014</i>	98
6.2.2.2	<i>Grenzertragsermittlung auf Gemeindeebene</i>	98
6.2.3	Bereitstellung ökologischer Vorrangflächen	99
6.3	Schlussfolgerungen	101
6.4	Forschungsbedarf	102
7	Zusammenfassung	104
8	Summary.....	108
9	Literatur	111
10	Anhang.....	132

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Investitionsförderung für KUP in Deutschland.....	14
Tabelle 2.2: Darstellung einer Auswahl von KUP-Aktivitäten auf Landesebene.....	18
Tabelle 2.3: Darstellung ausgewählter Dienstleistungsunternehmen im KUP-Bereich.....	21
Tabelle 3.1: Zusammenfassende Darstellung zur Wirtschaftlichkeit von KUP (Auswahl).....	32
Tabelle 5.1: Datengrundlage der Beispielkalkulation Verfahrenskette Feldhäcksler	60
Tabelle 5.2: Annuitätenvergleich der untersuchten Verfahrensketten bei Eigenmechanisierung und Dienstleistung (Werte in Euro je Hektar).....	60
Tabelle 5.3: Vergleich der untersuchten Geschäftsmodelle beim KUP-Anbau.....	68
Tabelle 5.4: Durchschnittliche Ertragszuwächse sowie berechnete Gewinnbeiträge bei verschiedenen Optionen der naturverträglichen Anlage von KUP	72
Tabelle 5.5: Grenzpreise für Hackschnitzel aus zertifizierten KUP in Abhängigkeit des Wassergehalts sowie der Ertragsfähigkeit des Standorts (Werte in Euro je Tonne atro).....	75
Tabelle 5.6: Grenzerträge Wintergetreide für die "Region Grimma"	81
Tabelle 5.7: Kurzcharakteristik der Typen ökologischer Vorrangflächen	83
Tabelle 5.8: Anbauflächen und Gewinnbeiträge bei verschiedenen Nutzungen der ökologischen Vorrangflächen (aktuelles Preisniveau)	84

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Gründe für den Anbau von KUP in Mittelsachsen	22
Abbildung 2.2: Gründe gegen den Anbau von KUP in Mittelsachsen	23
Abbildung 4.1: Untersuchte Verfahrensketten zur Hackschnitzelerzeugung aus KUP	36
Abbildung 4.2: Schematische Darstellung einer KUP-Fläche	43
Abbildung 4.3: Preisentwicklung für KUP-Hackschnitzel von 2012 bis 2015.....	50
Abbildung 4.4: Berechnung des Kapitalwerts und Überführung in eine Annuität	54
Abbildung 5.1: Einfluss der Kostenänderung einzelner Eingangsparameter auf die Höhe des Gewinnbeitrags bei der Verfahrenskette Mäh Hacker	61
Abbildung 5.2: Annuitäten Mäh Hacker (Euro je Hektar; Wassergehalt 55 Prozent).....	62
Abbildung 5.3: Annuitäten Harvester (Euro je Hektar; Wassergehalt 35 Prozent)	63
Abbildung 5.4: Annuitäten Motorsäge (Euro je Hektar; Wassergehalt 35 Prozent).....	63
Abbildung 5.5: Schema für die Anlage von Blüh- (gelb) und Brachflächen (grün), Strauchmähäckeln (braun) sowie für die Beimischung heimischer Gehölze (rot = Birke / orange = Zitterpappel) in einer Pappel-KUP (grün)	71
Abbildung 5.6: Gewinnbeiträge von Marktfrüchten und KUP im Freistaat Sachsen (Mittel der Jahre 2007 bis 2014)	77
Abbildung 5.7: Grenzerträge für Wintergerste bei der Verfahrenskette Mäh Hacker	80
Abbildung 5.8: Grenzerträge für Wintergerste bei der Verfahrenskette Motorsäge	80

Abkürzungsverzeichnis

€	Euro
%	Prozent
a	Jahr
AG	Aktiengesellschaft
atro	absolut trocken
BBE	Bundesverband BioEnergie
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BUND	Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.
bzw.	beziehungsweise
CaO	Calciumoxid
C.A.R.M.E.N.	Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk e.V.
CEN/TS	Technische Spezifikation (Normierung)
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
d	Tag
DBU	Deutsche Bundesstiftung Umwelt
DBV	Deutscher Bauernverband e.V.
DEPI	Deutsches Pelletinstitut
DFV	Deutscher Forstverein e.V.
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V.
DM	Deutsche Mark
dt	Dezitonne
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
et al.	und andere
GbR	Gesellschaft bürgerlichen Rechts
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
h	Stunde
ha	Hektar
FNR	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.
K ₂ O	Kaliumoxid
kg	Kilogramm

KG	Kommanditgesellschaft
km	Kilometer
KN	Kombinierte Nomenklatur
KUP	Kurzumtriebsplantage
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.
l	Liter
m ³	Kubikmeter
MgO	Magnesiumoxid
N	Stickstoff
n	Anzahl
NABU	Naturschutzbund Deutschland e.V.
OSB	oriented strand board (Platte aus gerichteten Spänen)
P ₂ O ₅	Phosphorpentoxid
s.	siehe
So-	Sommer
Sp.	Spalte
Srm	Schüttraummeter
t	Tonne
usw.	und so weiter
vgl.	vergleiche
vs.	versus
W-	Winter
WBA	Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik
WG	Wassergehalt

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Der Anbau schnellwachsender Baumarten in Kurzumtriebsplantagen (KUP) wird als vielversprechende Option zur mittelfristigen Bereitstellung von Holzbiomasse für die energetische und stoffliche Verwertung gesehen. So rechnen beispielsweise NITSCH et al. (2012: 84) mit einem zukünftigen Flächenpotenzial von bis zu 900.000 Hektar im Jahr 2050, wobei vor allem die günstigen ökologischen Eigenschaften des Produktionsverfahrens verglichen mit dem Anbau konventioneller Ackerfrüchte hervorgehoben werden. Ähnlich positiv beurteilt der Wissenschaftliche Beirat Agrarpolitik im Jahr 2007 (WBA 2007: 113f) und gemeinsam mit dem Wissenschaftlichen Beirat Waldpolitik im Jahr 2016 (WBA und WBW 2016: 175ff) den Energieholzanbau auf dem Ackerland. Laut den Experten weist der Einsatz von Hackschnitzeln aus KUP in wärmegeführten KWK-Anlagen sowie in Heizanlagen unter den verglichenen Bioenergie-Linien die höchste Kohlenstoffdioxid-Vermeidungsleistung bei sehr geringen Kohlenstoffdioxid-Vermeidungskosten auf. Die unzweifelhaften Vorteile, die auch BYSTRICKY et al. (2010: 18f) und FRITSCH (2015: 11) in ihren Studien herausstellen, haben sich in Deutschland allerdings bisher kaum in einer praxisrelevanten Anbaufläche von KUP niedergeschlagen. Aktuell beträgt die Gesamtfläche bundesweit unter 10.000 Hektar, im Vergleich dazu wird Silomais für die Biogaserzeugung auf jährlich fast 900.000 Hektar Ackerfläche angebaut (FNR 2015b). Auch die beschlossene Streichung der Sondervergütung für den Einsatz von Holzbiomasse aus KUP im EEG 2014 widerspricht den Forderungen der Wissenschaftler nach einer gezielten Unterstützung zum Ausbau des Produktionsverfahrens – sei es durch direkte oder indirekte Maßnahmen (DANY 2014; GAUL 2015b; MEIER 2015b).

Die bedachte Haltung der Landwirte zur Dauerkultur KUP wird häufig mit einer nicht vorhandenen Konkurrenzfähigkeit zum Ackerbau, der langen Flächenbindung, fehlender Spezialtechnik für Pflanzung und Bewirtschaftung, einer problematischen Anlage auf Pachtflächen sowie der nicht gesicherten Biomasseabnahme begründet. Dabei müssen KUP nicht zwangsläufig auf den besten Ackerschlägen des Unternehmens etabliert werden. Vielmehr sollte die Gehölzanlage in Überlegungen zur Nutzung ackerbaulicher Grenzstandorte einfließen. So können beispielsweise periodisch vernässte oder hofferne Schläge durchaus geeignete KUP-Flächen darstellen. Auch ist es nicht unbedingt sinnvoll, die Bewirtschaftung zwangsläufig in Eigenregie durchzuführen. Mittlerweile hat sich über das gesamte Bundesgebiet ein Netzwerk an Dienstleistern etabliert, wodurch die komplette Bewirtschaftung mit schlagkräftiger Technik termingerecht und vor allem qualitativ hochwertig erfolgen kann. Zweifelsfrei kritisch ist hingegen eine unsichere Biomasseabnahme zu betrachten. Kann das produzierte Holz nicht selbst verwertet werden, sollten möglichst langfristige Abnahmeverträge geschlossen werden, die dem Landwirt eine gewisse Planungssicherheit garantieren. Perspektivisch können KUP auf diese Weise unter anderem einen Beitrag zur Versorgung kommunaler Anlagen leisten. So stellen NAUMANN und STANGE (2014), SCHNEIDER und GEROLD (2014), SCHURR und SCHÖNE (2014) sowie SKALDA und WÜNSCH (2014) in ihren Erfahrungsberichten einige Beispiele für die

erfolgreiche Vernetzung von Produzenten und Verwertern von Holzbiomasse für die energetische Verwertung vor, bei denen auch KUP eine tragende Rolle spielen.

Zudem erlangen KUP im landwirtschaftlichen Anbauprogramm zukünftig möglicherweise eine wachsende Beachtung in der Folge einer sich grundsätzlich wandelnden Förderpolitik. Ist die Bedeutung der Plantagen im Rahmen des Greenings aufgrund des niedrigen Gewichtungsfaktors und der eingeschränkten Zulassung bestimmter Baumarten noch gering, könnten im Zuge einer intensiv diskutierten Mittelumschichtung (Wegfall bzw. erhebliche Reduzierung der 1. Säule zugunsten der 2. Säule der Gemeinsamen Agrarpolitik) die bei einem extensiven Gehölzanbau in hohem Maße erbrachten Ökosystemdienstleistungen (z. B. Bodenschutz, Biodiversitätserhöhung usw.) verstärkt an die Gewährung von Prämienzahlungen geknüpft werden und das Produktionsverfahren im Vergleich zu intensiv bewirtschafteten Marktfrüchten aus monetärer Sicht entsprechend besser stellen.

Unabhängig von einer möglichen finanziellen Förderung von KUP, sei es auf einem direkten oder indirekten Weg, sind für die Sicherung des Bedarfs an erneuerbaren Rohstoffen Bereitstellungsalternativen außerhalb des Forstsektors zu erschließen, da nicht davon ausgegangen werden kann, dass sich die Waldfläche in Deutschland in näherer Zukunft – wie vom Deutschen Forstverein e.V. (DFV 2015) gefordert – von 11,4 auf 13,9 Millionen Hektar erhöht, um den wachsenden Bedürfnissen nach ökologischen Leistungen sowie der Rohstoffproduktion gerecht werden zu können. Neben einem verstärkten Import von Holzbiomasse kommt somit für eine nachhaltige, mittelfristige Bereitstellung der benötigten Holzmengen lediglich eine Ausweitung des Energieholzanbaus in KUP auf geeigneten landwirtschaftlichen Flächen in Frage.

1.2 Zielsetzung

Das Hauptziel der Arbeit besteht in der ökonomischen Bewertung verschiedener Bereitstellungskonzepte von Energieholz aus KUP sowie einem Ergebnisvergleich mit standörtlich etablierten Kulturen am Beispiel des Freistaats Sachsen. So soll gezeigt werden, auf welchen Standorten und unter welchen Rahmenbedingungen KUP aus ökonomischer Sicht als Anbauoption für landwirtschaftliche Betriebe in Frage kommen können. Neben den im Mittelpunkt stehenden ausführlichen betriebswirtschaftlichen Betrachtungen werden dabei weiterhin die ökologischen Vorteile dieser sehr extensiven Landnutzungsform verstärkt in den Fokus gerückt. Daraus ergeben sich die folgenden Teilziele:

- Erfassung der aktuellen Situation der Bewirtschaftung von KUP in der landwirtschaftlichen Praxis.
- Ausführliche Auswertung des Forschungsstands zur ökonomischen Bewertung von KUP.
- Durchführung von Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen in Abhängigkeit von Umtriebszeit, Biomassertrag und Ernteverfahren.
- Untersuchung und Beurteilung verschiedener Vermarktungsoptionen von Holzhackschnitzeln aus KUP.
- Darstellung und Bewertung von Standortpotenzialen für KUP aus ökologischer und ökonomischer Sicht.

1.3 Aufbau der Arbeit

Zu Beginn erfolgt eine kurze Beschreibung des Produktionsverfahrens samt Kurzausschnitt zur praktischen Bewirtschaftung sowie der aktuellen Situation zum Anbau von KUP in Deutschland, welche auch die Ergebnisse aus Befragungen von Landwirtschaftsbetrieben in Sachsen beinhaltet. Anschließend wird der Forschungsstand zur ökonomischen Bewertung von KUP sehr ausführlich dargestellt. Der Beschreibung der insgesamt fünf untersuchten Verfahrensketten für die Bereitstellung von Hackschnitzeln sowie der Datengrundlage und der angewendeten Methodik in Kapitel 4 folgt eine sehr differenzierte Darstellung der verschiedenen Analysen im Ergebnisteil. So werden zunächst die ermittelten Gewinnbeiträge beim Biomasseverkauf am freien Markt für die verschiedenen Verfahrensketten bei Eigenmechanisierung und Dienstleistung beispielhaft gegenübergestellt. Anschließend erfolgen ökonomische Untersuchungen für den gesamten Freistaat Sachsen auf der Basis der Gemeindeebene, zudem werden verschiedene Vermarktungsoptionen für die produzierte Holzbiomasse sowie Anbaupotenziale von KUP in ökologisch sensiblen Gebieten für eine Beispielregion betrachtet. Weiterhin erfolgt ein Vergleich der berechneten Gewinnbeiträge des Anbaus von KUP mit standörtlich etablierten Kulturen sowohl auf Landes- als auch auf Gemeindeebene (Freistaat Sachsen) sowie die ökonomische Bewertung verschiedener Nutzungsoptionen für die Bereitstellung ökologischer Vorrangflächen, in deren Zusammenhang KUP eine durchaus sinnvolle Alternative darstellen können. Abschließend werden die gesammelten Erkenntnisse diskutiert und kurz zusammengefasst.

2 Energieholzanbau in Kurzumtriebsplantagen

2.1 Allgemeine Charakteristik

2.1.1 Rechtlicher Rahmen

Innerhalb des europäischen Förderrechts werden KUP mit dem Begriff „Niederwald im Kurzumtrieb“ (KN-Code 06029041) klassifiziert. Hierbei handelt es sich um Flächen mit Gehölzen, deren Wurzelstock nach der Beerntung im Boden verbleibt und in der folgenden Vegetationsperiode wieder austreibt. Jeder EU-Mitgliedsstaat kann aus seiner Sicht geeignete Baumarten und deren maximale Standzeit (je Erntezyklus) festlegen. In Deutschland zulässig sind Pappeln, Weiden, Robinien, Birken, Erlen (jeweils alle Arten) sowie Gemeine Esche, Stiel-, Trauben- und Roteiche. Für alle genannten Arten gilt eine maximale Standzeit von 20 Jahren. Das heißt, dass die Fläche spätestens 20 Jahre nach der Pflanzung bzw. nach der letzten Erntemaßnahme beerntet werden muss. Eine Verpflichtung zur Umwandlung ist damit jedoch keinesfalls verbunden, sodass die KUP durchaus auch deutlich länger als 20 Jahre auf einem Standort bewirtschaftet werden kann.

Gemäß Verordnung (EG) Nr. 1120/2009 werden KUP den Dauerkulturen zugeordnet. Sie zählen somit zur landwirtschaftlichen Fläche und sind entsprechend beihilfefähig (bei Pflanzung der oben genannten zugelassenen Baumarten).

Mit Blick auf das Bundeswaldgesetz lässt sich feststellen, dass KUP als Nichtwaldflächen vom Waldbegriff ausgenommen sind. Entscheidend hierfür ist ebenfalls die Beachtung der Umtriebszeit von maximal 20 Jahren. Bestände, deren Aufwuchs nicht innerhalb dieser Zeitspanne beerntet wird, verlieren den KUP-Status und unterliegen fortan dem Waldgesetz. Nicht von Relevanz bezüglich der Herausnahme vom Waldbegriff sind hingegen die verwendeten Baumarten, sodass im Gegensatz zur Prämienfähigkeit keine Beschränkung auf die zugelassenen Baumarten erfolgen muss (MICHALK et al. 2013: 105f).

Die Grundsätze zur Erzeugung, dem Inverkehrbringen sowie die Ein- und Ausfuhr des forstlichen Vermehrungsgutes sind im Forstvermehrungsgutgesetz (FoVG) geregelt. Diesem unterliegen alle förderfähigen Baumarten mit Ausnahme der Weide (BECKER et al. 2014: 61).

Bestimmungen zu Abstandsregelungen von KUP sind in den Nachbarrechtsgesetzen der Bundesländer enthalten, da es keine besonderen Restriktionen für KUP gibt. Diese länderspezifischen Gesetze schreiben jeweils die Abstände von Baum- und Strauchpflanzungen zumeist in Abhängigkeit der Baumhöhe und Nutzungsart der benachbarten Fläche vor (MICHALK et al. 2013: 111).

In Folge der Neuausrichtung der Gemeinsamen Agrarpolitik ab dem Jahr 2015 müssen im Rahmen des Greening sogenannte ökologische Vorrangflächen ausgewiesen werden. Dabei handelt es sich um „im Umweltinteresse bewirtschaftete Flächen“. Unter anderem ist die Anlage von KUP mit einem Flächenfaktor von 0,3 möglich (ein Hektar KUP entspricht 0,3 Hektar ökologische Vorrangfläche), allerdings ist die Liste der zugelassenen Baumarten aktuell noch deutlich eingeschränkt (Pappeln, Weiden, Birken und Erlen teilweise, dazu Gemeine Esche, Stiel- und Traubeneiche), zudem ist der Einsatz von mineralischen Düngesowie chemischen Pflanzenschutzmitteln nicht zulässig (s. Kapitel 5.3).

Einen Überblick zur finanziellen Unterstützung des KUP-Anbaus in den einzelnen Bundesländern gibt Kapitel 2.2.3.

2.1.2 Standort- und Baumartenwahl

Grundsätzlich können KUP auf nahezu allen Standorten des Ackerlands etabliert werden. Als ungeeignet erweisen sich lediglich drainierte Schläge und extrem nährstoffarme, trockene, dauerhaft staunasse sowie sehr hängige, steinige bzw. flachgründige Ackerflächen. Besonders geeignet erscheinen hingegen hofferne Standorte, Teilflächen mit Bewirtschaftungsauflagen (Pflanzenschutz- und Düngemittleinsatz) oder ungünstigem Zuschnitt (hoher Anteil an Rangier- und Wendezeiten) sowie Klein- und Splitterflächen des Ackerlands.

Allgemein lassen sich folgende Standorteigenschaften als günstig für die Etablierung von KUP definieren:

- gut durchlüftete Böden (ohne dauerhafte Staunässe)
- mindestens 600 Millimeter Jahresniederschlag, davon die Hälfte in der Vegetationsperiode
- Grundwasseranschluss (kann geringe Jahresniederschläge ausgleichen).

Zudem ist anzumerken, dass die Wasserverfügbarkeit des Standorts wichtiger ist als dessen Bodenqualität.

Aus Sicht der zu pflanzenden Baumart bedingt der jeweilige Standort die Wahl in entscheidendem Maße. Während alle aus förderrechtlicher Sicht zugelassenen Baumarten über die Fähigkeit des Stockausschlags verfügen, haben sich aus Gründen eines möglichst hohen Biomassezuwachses, welcher ein Hauptkriterium für eine ökonomisch tragfähige Bewirtschaftung darstellt, vor allem die Baumarten Pappel, Weide und Robinie für den Anbau auf Ackerflächen als geeignet erwiesen.

Pappeln weisen in Deutschland das größte Ertragspotenzial auf, wobei die Schwarzpappeln eher hohe Ansprüche an die Licht-, Wärme- und Wasserversorgung stellen. Als deutlich anspruchsloser zeigen sich die Balsampappeln, Aspen (Zitterpappeln) haben schließlich die geringsten Ansprüche an den Standort. Weiden sind durch sehr gute Anwuchsraten und mittlere bis hohe Ertragszuwächse auch bei geringeren Jahresmitteltemperaturen sowie kürzeren Vegetationsperioden gekennzeichnet, allerdings besteht im Vergleich zur Pappel generell eine höhere Gefährdung durch Wildverbiss. Robinien werden, ähnlich wie Aspen, in der Regel nur als bewurzelt Pflanzgut etabliert, was die Aufwendungen für Pflanzmaterial und Pflanzung ansteigen lässt. Als Leguminose eignet sich diese Baumart speziell auf leichten und sandigen Böden oder auf Rekultivierungsflächen. Ähnlich wie bei der Weide kann der Wildverbiss ein massives Problem darstellen (LANDGRAF und SETZER 2012: 9).

In KUP häufig verwendete Pappelsorten sind Max, Muhle Larsen, Androscoggin, Hybride 275, AF2 und Matrix. Auf den etablierten Weiden-KUP finden sich häufig Tora, Tordis, Sven, Jorr oder Inger (LANDGRAF und SETZER 2012: 18).

2.1.3 Anbauformen

Die Etablierung von KUP auf Ackerland kann auf sehr unterschiedliche Art und Weise erfolgen, typisch ist eine flächige Bewirtschaftung ganzer Schlägeinheiten. Weiterhin sind streifenförmige Anlagen als Agroforstsystem zur Kombination von Ackerbau bzw. Tierhaltung und Holzerzeugung, an Gewässerrandstreifen, auf erosiven Abflussbahnen (BRÄUNIG et al. 2015), zur Hanglinienverkürzung oder als Windschutzstreifen sowie Klein- und Splitterflächen auf Ecken und Rändern des Ackerlands zur Optimierung der Schlagform möglich (BÄRWOLFF et al. 2014: 11; BUSCH und MEIXNER 2015). Neu diskutiert werden zudem Streifenanlagen mit schnellwachsenden Baumarten in unmittelbarer Nähe von Tierhaltungsanlagen, die dort als sogenannte Ammoniakwäscher dienen sollen (HILDEBRANDT 2013). Weiterführende Informationen zu den einzelnen Anbauformen finden sich bei KRÖBER und HEINRICH (2015e).

2.1.4 Umsetzungskonzepte und Biomasseverwertungsoptionen

Ausschlaggebend für die Etablierungsform der KUP ist das gewünschte Zielprodukt. Daher sollte im Vorfeld der Pflanzung eindeutig klar sein, was produziert werden soll, da dies maßgeblich über die Wahl der Baumart, des Pflanzverbands, der Umtriebszeit sowie der Erntetechnologie entscheidet. Zur Gewährleistung einer unkomplizierten Pflege und Folgebewirtschaftung sollten die Gehölze in Einzelreihe mit einem Reihenabstand von zwei bis drei Metern und einem ausreichend dimensionierten Vorgewende (je nach Erntetechnik bis zu zehn Meter) angelegt werden.

Das Zielprodukt Hackschnitzel lässt sich im „Mini-Umtrieb“ mit sehr kurzen Umtriebszeiten von zwei bis fünf Jahren erzeugen. Je nach Standort eignen sich Pappeln, Weiden oder Robinien mit 7.000 bis 16.000 Pflanzen je Hektar. Industrieholzsortimente und/oder Hackschnitzel können auf gutwüchsigen Standorten bereits nach Standzeiten von sechs bis zwölf Jahren („Midi-Umtrieb“) vor allem mit Pappeln (3.000 bis 6.000 Pflanzen je Hektar) produziert werden. Soll die rechtlich mögliche Standzeit der Bäume von 20 Jahren komplett ausgereizt werden, ist zudem eine Bewirtschaftung im sogenannten „Maxi-Umtrieb“ möglich. Auch hier kommt überwiegend die Baumart Pappel zum Einsatz, allerdings reduziert sich die Baumzahl auf 500 bis 2.000 Pflanzen je Hektar. Während die Flächenpflege bei kurzen Umtriebsintervallen mit hohen Pflanzzahlen in der Regel auf das Etablierungsjahr beschränkt werden kann, bedingt der verzögerte Kronenschluss auf Flächen mit reduzierten Baumzahlen eine Bestandspflege über einen Zeitraum von zwei bis drei Jahren (s. Kapitel 2.1.5, Abschnitt Pflege). Im Allgemeinen werden bei Umtriebszeiten von sechs bis 20 Jahren Stammholzabschnitte mit Durchmesser von acht bis 40 Zentimetern für die Zellstoff- und Papierindustrie produziert oder die Bäume im Ganzen zu Hackschnitzeln für die Holzwerkstoffindustrie (z. B. OSB-Platten) verarbeitet bzw. der energetischen Verwertung zugeführt. Diese Hackschnitzel weisen im Vergleich zu denen aus kurzen Umtrieben in der Regel bessere Verbrennungseigenschaften auf, da vor allem der Rindenanteil deutlich geringer ist.

Neben den üblichen Verwertungswegen sind weiterhin zahlreiche Sondernutzungen für Holz aus KUP denkbar. Aus der Rinde der Weide ist beispielsweise die Gewinnung von

Salicylsäure für die Pharmaindustrie möglich. Ein weiterer Einsatzschwerpunkt könnte beim Leicht- und Anlagenbau im Bereich der plastischen Verformung entstehen, wobei für die Herstellung von Formholz sowohl Hackschnitzel als auch Stammholz in Frage kommen. Weitere, häufig nicht weniger abstrakte Verwertungsoptionen finden sich in der Produktion von Zaunmaterial oder vollständiger Holzkonstruktionen (z. B. Spielplatzgeräte) aus Robinie. Zudem kann bei entsprechendem Durchmesserzuwachs die Erzeugung von Scheitholz (z. B. Birke, Erle oder Robinie) in Betracht gezogen werden.

2.1.5 Kurzabriss Bewirtschaftung

Flächenvorbereitung

Bei geplanter Anlage der KUP auf einer bisher normal bewirtschafteten Ackerfläche kann eine typische Flächenvorbereitung durch Totalherbizideinsatz und/oder Stoppelsturz, Pflügen im Herbst und abschließender Saatbettbereitung mit Egge oder Grubber im zeitigen Frühjahr erfolgen. Auf ehemals stillgelegten Flächen oder Brachen bietet sich – speziell um die aus Sicht des Umweltschutzes kritische CO₂-Freisetzung zu minimieren – eine Minimalbodenbearbeitung durch die Herstellung von Pflanzstreifen an (LANDGRAF 2013: 54). Allerdings bedingt diese reduzierte Form der Flächenvorbereitung in der Folge unter Umständen einen erhöhten Pflegeaufwand, da sich die Begleitvegetation auf den unbearbeiteten Teilflächen nahezu ungestört entwickeln kann (SCHILDBACH et al. 2008).

Pflanzung

Bei der Anlage von KUP auf sehr kleinen Flächen oder mit geringen Pflanzenzahlen ist aus Kostengründen sinnvollerweise in Handarbeit zu pflanzen. Sollen hingegen mehr als 20.000 Steckhölzer in den Boden gebracht werden, bietet sich die maschinelle Pflanzung mittels Pflanzmaschine eines Dienstleisters an (Baumschule oder KUP-Betrieb). In diesem Bereich hat es in den letzten Jahren zahlreiche Neuentwicklungen gegeben, sodass in der Regel schlagkräftige Pflanztechnik zur Verfügung steht. Entscheidendes Kriterium einer qualitativ hochwertigen Pflanzung ist ein optimaler Bodenschluss, um einer möglichen Austrocknung des Pflanzmaterials vorzubeugen. Standard bei der Etablierung von KUP aus Pappeln und Weiden ist die Verwendung von Steckhölzern (0,20 bis 0,30 Meter Länge). Zur Reduzierung des Ausfallrisikos in Trockenjahren oder auf Grenzstandorten wird seit einiger Zeit auch verstärkt bewurzelter Pflanzmaterial angeboten. Weiterhin kann durch die Verwendung bewurzelter Steckhölzer die Pflanzperiode, die sich für unbewurzelter Pflanzmaterial auf das Frühjahr beschränkt, deutlich verlängert werden, da zudem eine Herbstpflanzung möglich ist. Für Pappel-KUP, die in längeren Umtriebszeiten bewirtschaftet werden sollen, wird teilweise auf Steckruten (1,00 bis 2,50 Meter Länge) oder Setzstangen (2,00 bis 7,00 Meter Länge) zurückgegriffen. Hier kann der Wuchsvorsprung im Vergleich zur Begleitvegetation genutzt werden, es ist allerdings auch eine spezielle Bodenvorbereitung und Pflanztechnik notwendig (LANDGRAF 2013: 55f). Aspen oder Robinien werden üblicherweise als wurzelnackte Pflanzen in den Boden gebracht, bei der Anlage von KUP mit Robinie wurden auch erste Untersuchungen zur Saat durchgeführt (WÜHLISCH 2011).

Kultursicherung

Speziell im Pflanzjahr stellt Wasser den entscheidenden Faktor für den Anwacherfolg der KUP dar. Daher ist es ratsam, bei Bedarf (vermehrt im Frühsommer auftretende

Trockenphasen) kostengünstige Bewässerungsmöglichkeiten – vom Güllefass bis zum Trommelregner – im Unternehmen verfügbar zu haben. Trotz der nicht unerheblichen Kosten ist eine unter Umständen notwendige Bewässerung häufig günstiger als eine Neuetablierung nach einem Totalausfall, welche beispielsweise bei einer Pflanzendichte von 10.000 Pappelsteckhölzern je Hektar inklusive Pflanzung mit etwa 2.000 bis 2.200 Euro zu Buche schlägt.

Zur Verhinderung von Wildschäden ist zudem die Errichtung entsprechend hoher Wildschutzzäune möglich, allerdings belaufen sich die Kosten für Material und Arbeit je nach Flächengröße und -form auf bis zu 1.000 Euro je Hektar. Hier erscheint eine intensive Kooperation mit dem ansässigen Revierjäger zielführender.

Pflege

Eine intensive Kulturpflege im Etablierungsjahr hat den entscheidenden Einfluss auf die zukünftige Ertragsfähigkeit der KUP und somit auf deren generellen finanziellen Erfolg. Kann die Pflege bei KUP mit hohen Pflanzzahlen je Hektar grundsätzlich auf das Pflanzjahr beschränkt werden, so sollte bei geringeren Pflanzzahlen auch im zweiten und unter Umständen sogar im dritten Standjahr die konsequente Beseitigung der Begleitvegetation fortgeführt werden (bis zum Kronenschluss). In der konventionellen Landwirtschaft, welche durch den Einsatz von (chemischen) Dünge- und Pflanzenschutzmitteln unter Einhaltung der „guten fachlichen Praxis“ gekennzeichnet ist, können chemische Mittel (Bodenherbizide, selektive Mittel gegen einkeimblättrige Pflanzen, Totalherbizide) sehr zielgenau und zudem mit einer hohen Flächenleistung angewendet werden. Allerdings ist die ungestörte Mittelausbringung in Abhängigkeit des Pflanzenwachstums nur zeitlich begrenzt durchführbar (Selektivität der Mittel, Pflanzenhöhe). Landwirte, die nach den Kriterien des ökologischen Landbaus wirtschaften oder die KUP-Flächen entsprechend im Greening als ökologische Vorrangfläche ausweisen möchten, müssen hingegen auf mechanische Bearbeitungsstrategien zurückgreifen, da in beiden Fällen die Verwendung chemischer Pflanzenschutzmittel untersagt ist. Bei der mechanischen Bearbeitung der unbestockten Teilflächen ist grundsätzlich eine bodenverwundende Technik (z. B. Grubber, Fräse) einer lediglich kürzenden Mechanisierung (Mulcher) vorzuziehen.

Eine Zunahme der KUP-Fläche in einer Region kann zu einem verstärkten Auftreten von Schaderregern führen. Stehen beispielsweise für blattfressende Schadinsekten zahlreiche Pflanzenschutzpräparate aus der Land- und Forstwirtschaft zur Verfügung, so ist ein wirksamer Schutz vor pilzlichen Erregern aktuell kaum mit geeigneten Mitteln möglich. Hier sollte als wirksamer Schutz eine unentwegte Unterdrückung der Begleitvegetation (Zwischenwirte) erfolgen, zudem hat sich die Pflanzung von verschiedenen Baumarten, Sorten oder Klonen auf einer Fläche bewährt (LANDGRAF und SETZER 2012: 28).

Ernte

Die Beerntung der KUP erfolgt grundsätzlich im unbelaubten Zustand außerhalb der Vegetationszeit in den Monaten November bis März. Als günstig erweist sich dabei ein trockener und nach Möglichkeit gefrorener Boden, um eine ausreichende Tragfähigkeit der Maschinen gewährleisten zu können. Höhere Schneelagen beeinträchtigen hingegen die Erntearbeiten, da entweder die Bäume nicht in der optimalen Höhe vom Stock abgetrennt

werden können oder der anhaftende Schnee mit dem Erntegut vermischt wird. Je nach Produktionsziel kann aus einer Vielzahl an vorhandenen Ernteoptionen gewählt werden.

Typisch für die Beerntung von kurzen Umtrieben sind Feldhäcksler mit einem speziellen Schwachholzvorsatz oder an Zugmaschinen angebaute Mähacker, welche Flächenleistungen von bis zu einem Hektar je Stunde erzielen können. Bei beiden Erntesystemen erfolgt die Übergabe der erzeugten Hackschnitzel im Parallelverfahren auf die nebenherfahrenden Transporteinheiten (z. B. Traktor und Anhänger) und – je nach Logistik- und Abnahmekonzept – ein Transport zum Zwischenlager oder direkt zum Zielort. Gehölze aus kurzen Umtriebszeiten mit Stammdicken bis maximal 15 Zentimeter können weiterhin mit speziellen Fäll-Bündel-Maschinen (z. B. Stemster) geerntet werden. Dabei werden die Bäume im Ganzen vom an einer Zugmaschine angehängten Erntegerät vom Stock abgetrennt, auf die Ladefläche befördert und schließlich gebündelt auf der Fläche oder am Plantagenrand abgelegt. Nach erfolgter Zwischenlagerung und -trocknung am Feldrand, die je nach Wassergehalt zum Erntezeitpunkt, Baumdimension, Witterung und Beschaffenheit des Lagerplatzes drei bis sechs Monate in Anspruch nehmen kann, werden die Bäume mit leistungsstarken Mobilhackern zu Hackschnitzeln weiterverarbeitet.

KUP in mittleren und langen Umtrieben können effizient mit Standardmaschinen aus der Forstwirtschaft beerntet werden. Für die Erzeugung von Stammholzabschnitten und Hackschnitzeln kann dabei auf Spezialtechnik in Form von Ganzbaumhackern (Hackschnitzelharvester) sowie auf bewährte Technik aus der Durchforstung und Starkholzernte (Harvester und Forwarder) zurückgegriffen werden, ebenso ist – speziell für kleinere oder begrenzt maschinentaugliche Flächen – eine motormanuelle Fällung und anschließende Rückung mit einem Teleskoplader und Rundholzzange praktikabel. Die Erzeugung von Hackschnitzeln erfolgt bei den zweistufigen Verfahren – in der Regel nach einer Zwischenlagerung ähnlich wie beim Stemster – durch den Einsatz von Mobilhackern (GROBE et al. 2013).

In Bezug auf das Zielprodukt Hackschnitzel liegt ein enormer Vorteil der einphasigen Ernte in der hohen Flächenleistung der verwendeten Technik, allerdings weist das Endprodukt sehr hohe Wassergehalte auf (je nach Baumart zwischen 40 und 65 Prozent). Daher ist es für eine sofortige Verwertung in Kleinfeuerungsanlagen nicht geeignet, weiterhin sind erntefrische Hackschnitzel nicht lagerstabil. Dies hat zur Folge, dass das Erntegut in frischem Zustand lediglich in großen Feuerungsanlagen eingesetzt werden kann bzw. eine Trocknung der Holzbiomasse erfolgen muss.

Die zweistufigen Verfahren sind in der Regel arbeitszeitintensiver, aufgrund der stattfindenden Trocknung während der Zwischenlagerung im Frühjahr und Sommer können jedoch lagerstabile Hackschnitzel mit Wassergehalten von teilweise deutlich unter 35 Prozent erzeugt werden. Zudem weist Hackgut aus längeren Umtrieben häufig eine bessere Qualität auf, da der Rindenanteil verglichen mit Material aus kurzen Umtriebszeiten geringer ist und sich der Aschegehalt entsprechend reduziert.

Trocknung und Lagerung

Hackschnitzel aus KUP weisen zur Ernte je nach Baumart, Sorte und Klon Wassergehalte zwischen 40 und 65 Prozent auf. Für eine Lagerung ohne Masseverlust, die idealerweise auf

festem Untergrund und unter Dach erfolgen sollte, um eine mögliche Wiederbefeuchtung zu vermeiden, sind Wassergehalte von weniger als 30 Prozent zu erreichen. Daher ist es notwendig, erntefrische Fraktionen entsprechend zu trocknen. Dies kann auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen. Neben technisch ausgereiften und entsprechend teuren Geräten wie Schubwende-, Trommel- oder Bandtrocknern, die über eine direkte Zufuhr von Wärmeenergie betrieben werden, wird verstärkt die Nutzung von Sonnenenergie (solare Hackschnitzeltrocknung) praktiziert. Relativ kostengünstige Alternativen stellen die Abwärmenutzung von Biogasanlagen oder fremdenergiefreie Trocknungsvarianten wie das sogenannte „Dombelüftungsverfahren“ oder die Trocknung unter Vlies bzw. unter Dach dar. Alle fremdenergiefreien Trocknungsalternativen weisen allerdings spezifische Biomasseverluste auf, die entscheidend von der Witterung im Verlauf des Trocknungsprozesses beeinflusst werden und daher von Fall zu Fall stark voneinander abweichen können (LANDGRAF und SETZER 2012: 51; BRUMMACK und PESCHEL 2013).

Düngung

Die Notwendigkeit von Düngungsmaßnahmen während der Bewirtschaftung einer KUP wird hauptsächlich von der verwendeten Baumart bestimmt. So haben Untersuchungen gezeigt, dass die Pappel bei verschiedenen Zusatzdüngergaben nur sehr gering bis überhaupt nicht mit einem Ertragszuwachs reagiert. Nach mehrjähriger Standzeit sowie auf Standorten mit geringem Ausgangsnährstoffgehalt kann jedoch auch bei der Bewirtschaftung von Pappelbeständen eine Düngung erforderlich werden. Eine deutlich gesteigerte Zuwachsleistung durch ein zusätzliches Nährstoffangebot ist hingegen bei Weiden zu beobachten. Hier eignen sich vor allem die Gabe organischer Düngemittel oder die Bewässerung mit vorgeklärtem Abwasser, diese Option ist in Deutschland allerdings mit rechtlichen Auflagen verbunden. Robinien sind als Leguminosen in der Lage, selbstständig Luftstickstoff zu fixieren.

Insgesamt sollte die Notwendigkeit einer Düngergabe durch regelmäßige Bodenuntersuchungen oder die Analyse der Ernährungssituation der Pflanzen (Blattspiegelwerte) im Auge behalten werden. Denkbar sind Düngemaßnahmen unmittelbar nach einer erfolgten Beerntung, da die Flächen dann relativ problemlos mit der Ausbringtechnik befahren werden können. Neben der Verfügbarkeit der Nährstoffe Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K) und Magnesium (Mg) sollte vor allem auch der pH-Wert (Ca) in einem für die Gehölze günstigen schwach sauren bis neutralen Bereich (5,5 bis 7,0) liegen. Als Alternative zu einer mineralischen Düngung, die im ökologischen Landbau sowie bei der Anrechnung als ökologische Vorrangfläche ohnehin untersagt ist, sollten ebenfalls Möglichkeiten der organischen Düngung (Gülle, Gärrest usw.) geprüft werden (LANDGRAF und SETZER 2012: 33; KNUST et al. 2013: 24f).

Rückwandlung

Im Verlauf der Bewirtschaftung kommt es aufgrund der wiederholten Erntemaßnahmen zu einem Ermüden der Wurzelstöcke, was schließlich zum Nutzungsende der KUP führt. Der Landwirt hat dann die Wahl, entweder an gleicher Stelle erneut eine KUP anzulegen oder die Fläche durch den Einsatz von Mulch- und Rodungsfräse wieder in einen Zustand zu überführen, der eine typische ackerbauliche Nutzung mit Marktfrüchten oder Futterpflanzen ermöglicht. Durch den Einsatz einer Mulchfräse werden zunächst die oberflächennah

verbliebenen Holzreste und überstehenden Wurzelstöcke zerkleinert. Im Anschluss erfolgen mit Hilfe einer Rodungsfräse die vollständige Zerkleinerung der Wurzelstöcke sowie die Einmischung der Holzreste in den Boden bei einer Bearbeitungstiefe von 20 bis 35 Zentimetern. Sollte es während der Bewirtschaftung zu einer deutlichen Erhöhung des Kohlenstoffanteils im Humus gekommen sein (je nach Holzmenge im Oberboden), wird eine direkt folgende Einsaat von Leguminosen zur Verengung des C-N-Verhältnisses empfohlen. Bei geringen Anteilen von Holzrückständen im Oberboden ist weiterhin der Anbau von schnellwüchsigen Zwischenfrüchten oder die Einsaat von Mais möglich (LANDGRAF und SETZER 2012: 53; GROßE 2013; SCHLEPPHORST et al. 2015; STOLL et al. 2016).

2.2 Aktueller Stand des Anbaus in Deutschland

2.2.1 Entwicklung der Anbaufläche

Die in Deutschland mit KUP bestockte Fläche ist nach wie vor sehr überschaubar. Nach GRUNDMANN (2015) betrug diese im Jahr 2015 rund 7.000 Hektar.

Die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) veröffentlicht jährlich die Anbauflächen für nachwachsende Rohstoffe auf dem Ackerland. Allerdings gibt es für KUP keine eigenständige Ausweisung des Anbauflächenumfangs, vielmehr werden innerhalb der Rubrik Festbrennstoffe die Werte für KUP, Miscanthus und sonstige Pflanzen zusammengefasst. Laut Schätzungen der FNR (2015b) beträgt die für Festbrennstoffe genutzte Fläche im Jahr 2015 rund 10.500 Hektar.

Eigene Recherchen durch Abfrage der KUP-Flächen bei den einzelnen Bundesländern ergaben einen Gesamtumfang von rund 5.600 Hektar für das Jahr 2013, Anbauschwerpunkte waren Brandenburg mit 40 Prozent sowie Bayern mit 16 Prozent der KUP-Gesamtfläche. Die zuständigen Behörden nutzen für die Angabe der Werte hauptsächlich die sogenannten InVeKoS-Daten (Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem). Bei diesen veröffentlichten Zahlen handelt es sich demnach um prämienerichtete KUP-Flächen. Da aus den unterschiedlichsten Gründen nicht alle KUP auf diesem Weg erfasst sind, kann davon ausgegangen werden, dass die tatsächliche Anbaufläche um Einiges höher ist. Eine ähnliche Abfrage von KRÜßMANN (2009) ergab eine prämienerichtete KUP-Fläche von 1.090 Hektar im Jahr 2008. Daraus resultiert ein mittlerer jährlicher Zuwachs von rund 900 Hektar im Betrachtungszeitraum. Bei einer kontinuierlichen Fortschreibung dieser Entwicklung bis ins Jahr 2020 errechnet sich eine Gesamtfläche von 11.900 Hektar. Dieser Wert liegt allerdings sehr deutlich unter dem Flächenumfang von ca. 150.000 bis 200.000 Hektar, der sich durch Addition der in diversen Biomassestudien veröffentlichten Anbauflächenpotenziale der einzelnen Bundesländer ergibt (s. Anhang 2.1).

2.2.2 Produktionsstandorte für KUP

Die im vorherigen Abschnitt aufgezeigte „Lücke“ zwischen tatsächlichem und prognostiziertem KUP-Anbau lässt erkennen, dass Ackerflächen, die eine intensive Bewirtschaftung mit Marktfrüchten zulassen, bisher kaum für die Etablierung von KUP

genutzt werden. Daher erscheint es sinnvoll, nach alternativen Produktionsstandorten zu suchen.

Auf dem Ackerland sind dies beispielsweise Flächen mit geringen Bodenwertzahlen, die über einen für Dauerkulturen nutzbaren Grundwasseranschluss verfügen. Während die annuellen Kulturen dieses Wasserreservoir in der Regel nicht erschließen können, sind die Gehölze nach erfolgreicher Etablierungsphase dazu in der Lage (LIEBHARD 2007: 27; LANDGRAF und BÖCKER 2010: 57f). Eine weitere Option stellen Klein- und Splitterflächen auf dem Ackerland dar, die speziell für die Nutzung in längeren Umtrieben geeignet sind, da sich so die Bewirtschaftung auf ein Minimum reduziert. Auch periodisch vernässte Schläge sowie hofferne Flächen können sich für den KUP-Anbau eignen. Einen Sonderfall stellen kontaminierte Ackerflächen dar. Aufgrund der Belastungen (z. B. Bergbau oder Abwasserverrieselung) bestehen auf diesen Schlageinheiten oft Einschränkungen bezüglich der Nahrungs- und Futtermittelproduktion. Ein Anbau von Energieholz kann sich hier als Nutzungsalternative anbieten (LANDGRAF und BÖCKER 2010: 61f; DIETZSCH 2011; FELDWISCH 2011: 25; GRUNERT 2013: 159). Auch häufig von Hochwasserereignissen betroffene Standorte können eine Option darstellen (STAHL et al. 2005: 115; JAECKEL et al. 2009). Allerdings ist hier genau zu prüfen, inwieweit die jeweiligen Flächen Bedeutung für den Hochwasserabfluss haben, da in diesen Fällen ein Gehölzbewuchs in Widerspruch zu den Schutzziele steht (KONOLD 2006: 21). Aufgrund der extensiven Bewirtschaftung ist eine Anlage von KUP weiterhin in Trinkwasserschutzgebieten denkbar. Durch die mehrjährige Bodenruhe sowie den konsequenten Verzicht auf Düngung und chemischen Pflanzenschutz kann eine Verbesserung der Trinkwasserqualität hauptsächlich durch eine Verringerung der Nitratgehalte erreicht werden (BLEYMÜLLER 2010: 32; ZACIOS et al. 2011). Eine Schutzwirkung kann ebenso bei einer Gehölzanlage an Gewässerrändern erzielt werden. Neben unerwünschten Stoffeinträgen (z. B. Düng- oder Pflanzenschutzmittel) aus der ackerbaulichen Bewirtschaftung können besonders in Hanglagen auch Sedimentverlagerungen (Bodenerosion) verhindert werden (BREITSCHUH et al. 2007: 3; BRÖKER 2014; GLOGER 2016; MEIER 2017).

Aussichtsreiche Möglichkeiten für einen Flächenzuwachs im KUP-Bereich wurden bisher vor allem in der Nutzung von nicht mehr für die Futterversorgung der Nutztiere benötigtem Dauergrünland gesehen (RÖSCH et al. 2007; SPANGENBERG et al. 2012; RÖSCH et al. 2013). Allerdings lassen die gegenwärtigen Regelungen der Gemeinsamen Agrarpolitik, die den Schutz von Dauergrünland als ein wesentliches Element zum Inhalt haben, hier kein zusätzliches Flächenpotenzial erwarten (BMEL 2015c: 42ff).

Diverse Studien bescheinigen KUP zudem positive Aussichten im Bereich der Kompensationsmaßnahmen (WAGENER et al. 2008). Dabei wird der Ansatz verfolgt, dass im Rahmen von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen erfolgte Pflanzungen regelmäßig bewirtschaftet, in Bezug auf KUP entsprechend beerntet werden können. Es handelt sich demnach um eine „produktionsintegrierte Kompensation“ (GÖDEKE et al. 2014).

Weitere, eher kleinflächige KUP-Potenziale können entlang von Schienenverkehrswegen (JÖNSSON 2013b; BARKOWSKI und BUTLER MANNING 2015), in der Nachnutzung von Deponien (KOOP et al. 2005; JÖNSSON 2013a) oder häufig innerstädtisch gelegenen Brach- und Reserveflächen bestehen (DENNER und SCHRENK 2008; THRÄN et al. 2010). Zudem sind

Gehölzpflanzungen in Streifenform als sogenannte Kurzumtriebshecken entlang von Gräben (THUR und STEINHARDT 2010), als Agroforstsystem für Hühnerausläufe (MEIER 2016a), als Lärmschutzpflanzung (NABU und B&P 2015: 17) oder als Vorwald für geplante Ackeraufforstungen denkbar (KRÖBER und HEINRICH 2015d; MEIER 2016b; UNSELD et al. 2016).

Inwieweit sich Bergbaufolgelandschaften (rekultivierte Braunkohletagebaue) als zukünftige Standorte für KUP eignen bleibt abzuwarten. Einerseits handelt es sich hierbei um meist sehr heterogene Substrate mit geringer Bodenfruchtbarkeit, andererseits zeigen die in den letzten Jahren verstärkt aufgetretenen Rutschungen ein sehr hohes Maß an Gefügestabilität (LANDGRAF und BÖCKER 2010: 59).

2.2.3 Fördermaßnahmen im Bereich KUP

2.2.3.1 Investitionsförderung in der Vergangenheit und in der Gegenwart

Die investive Förderung von KUP soll einerseits helfen, die im Vergleich zu annuellen Kulturen verhältnismäßig hohen Anlagekosten abzumildern sowie andererseits fehlende Verkaufserlöse in den Anfangsjahren der Bewirtschaftung auszugleichen.

Förderperiode 2007 bis 2014:

In der abgelaufenen Förderperiode wurden im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe Agrarstruktur und Küstenschutz (GAK) im Fördergrundsatz „Einzelbetriebliche Förderung landwirtschaftlicher Unternehmen“ in einer Vielzahl der Bundesländer Fördermaßnahmen für die Etablierung von KUP angeboten (s. Tabelle 2.1). Die Ausgestaltung erfolgte entweder als Agrarinvestitionsförderprogramm (AFP) oder durch Gewährung von Investitionen zur Diversifizierung (DIV), zudem wurden landesspezifische Programme (LSP) außerhalb der GAK aufgelegt (MARX et al. 2013: 121f). In der Praxis machten die Landwirte von den Fördermöglichkeiten jedoch nur selten Gebrauch. Hauptkritikpunkt war ein in der Regel zu hohes Mindestinvestitionsvolumen, welches für eine Fördermittelgewährung die Etablierung größerer Plantagenflächen erforderlich gemacht hätte (MARX et al. 2013: 130).

Förderperiode 2015 bis 2020:

Auch im aktuellen Förderrahmen sind im Bereich „Einzelbetriebliche Förderung“ unter den Maßnahmen zur Diversifizierung KUP in den Bundesländern Baden-Württemberg, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Nordrhein-Westfalen und Thüringen befristet bis 31.12.2018 förderfähig. Aufgrund der Erfahrungen der letzten Jahre erfolgten eine Anpassung sowie eine Vereinheitlichung der Förderbedingungen. So werden Zuschüsse für KUP einmalig in Höhe von maximal 1.200 Euro je Hektar (allerdings maximal 40 Prozent der zuwendungsfähigen Ausgaben) gewährt. Weitere Inhalte sind eine Obergrenze je Antragsteller von zehn Hektar, eine Mindestpflanzdichte von 3.000 Bäumen je Hektar, eine Mindestnutzungsdauer der Plantage von zwölf Jahren sowie ein Mindestinvestitionsvolumen von 7.500 Euro (MARX et al. 2013: 124; GAUL 2015a). Einen zusammenfassenden Überblick zur aktuellen Situation der KUP-Förderung in Deutschland gibt Tabelle 2.1.

Tabelle 2.1: Investitionsförderung für KUP in Deutschland

Bundesland	Förderperiode 2007 bis 2014				Förderperiode 2015 bis 2020	
	Programm/ Richtlinie	Mindestinvestition (€)	Förderung	Was wurde gefördert?	Umsetzung	Kontakt
Baden-Württemberg	Diversifizierung	20.000	25 %	Pflanzgut, Pflanzung	ja	www.foerderung.landwirtschaft-bw.de
Bayern	nein				nein	
Brandenburg	Landesprogramm	10.000	45 %	Pflanzgut, Pflanzung	ja	Investitionsbank Land Brandenburg
Hessen	nein				nein	
Mecklenburg-Vorpommern	Diversifizierung	10.000	25 %	Pflanzgut, Pflanzung Wildzaun	ja	Ministerium für LW, Umwelt & Verbraucherschutz
Niedersachsen	Agrarinvestitionsförderprogramm	20.000	25 %	Pflanzgut	nein	
Nordrhein-Westfalen	Diversifizierung	10.000	20 %	Bodenvorbereitung Pflanzgut, Pflanzung	ja	Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen
Rheinland-Pfalz	nein				nein	
Saarland	Landesprogramm	500	1.000 €/ha	Kostenvoranschlag/ Angebote	nein	
Sachsen	Landesprogramm	20.000	30 %	Bodenvorbereitung Pflanzgut, Pflanzung Pflege & Wildzaun	nein	
Sachsen-Anhalt	Diversifizierung	10.000	25 %	Pflanzgut Wildzaun Brunnenbau	nein	
Schleswig-Holstein	nein				nein	
Thüringen	Agrarinvestitionsförderprogramm	20.000	25 %	Pflanzgut	ja	Ministerium für LW, Forsten, Umwelt & Naturschutz

Quelle: eigene, veränderte Darstellung nach MARX et al. (2013: 123)

2.2.3.2 KUP-Schwerpunkte innerhalb des Wettbewerbs „Bioenergie-Regionen“

Neben der Gewährung direkter Investitionsbeihilfen für die Anlage von KUP auf Ackerland wurden in Deutschland in den letzten Jahren verstärkt Bioenergie-Projekte gefördert. Je nach Region und Handlungsschwerpunkt sollte hier auch Energieholz – unter anderem aus der Bewirtschaftung von KUP – eine tragende Säule für die dezentrale Energieversorgung darstellen. Aus diesem Grund kann beispielsweise der Bundeswettbewerb „Bioenergie-Regionen“ als eine indirekte Fördermaßnahme für KUP angesehen werden. Der Wettbewerb, welcher mit dem Hauptziel des Aufbaus bzw. der Stärkung von Netzwerken im Bioenergie-Sektor zur Erreichung der ambitionierten Klimaschutzziele der Bundesregierung verbunden war, wurde Anfang 2008 vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) ausgelobt. Aus den insgesamt über 200 Bewerberregionen wurden im Folgejahr 25 Antragsteller ausgewählt und als „Bioenergie-Region“ ausgezeichnet. Im Zeitraum von 2009 bis 2012 konnte schließlich jeder Sieger die gewährten Fördermittel in Höhe von bis zu 400.000 Euro für die Umsetzung der Projektideen – hauptsächlich für den Aufbau von Netzwerken und Öffentlichkeitsarbeit – verwenden (BOHNET et al. 2015: 10).

Aufgrund der positiven Zukunftserwartungen entschied sich das BMEL, eine vertiefende zweite Förderperiode für weitere drei Jahre folgen zu lassen. Hierfür konnten sich die 25 Teilnehmer der ersten Runde unter Hinzunahme einer Partnerregion bewerben. Insgesamt 21 Regionen erhielten schließlich den Zuschlag für eine Anschlussförderung von bis zu 330.000 Euro für die Jahre 2012 bis 2015. Thematische Schwerpunkte der Förderphase waren unter anderem eine weitere regionale Erhöhung der Wertschöpfung, die Verstärkung der aufgebauten Strukturen sowie ein regionaler und überregionaler Wissenstransfer (ANGEL et al. 2015: 6).

Bei genauerer Betrachtung der einzelnen Regionalentwicklungskonzepte sowie deren Fortschreibungen, welche die Grundlage für die jeweilige Teilnahme am Wettbewerb darstellten, finden sich in 17 der 25 bzw. 14 der 21 Studien teilweise sehr konkrete Angaben zur geplanten Flächennutzung von KUP. Mit Ausnahme der Stadtstaaten sowie dem Saarland (und Sachsen in der 2. Phase) waren diese „Bioenergie-Regionen“ mit KUP-Schwerpunkt über das gesamte Bundesgebiet verteilt (ANGEL et al. 2015; FNR 2015a). Diese hohe Dichte von KUP-Konzepten in den einzelnen Regionen unterstreicht das Potenzial für dezentrale Energieversorgungskonzepte mit Energieholz vom Ackerland in der gesamten Bundesrepublik.

2.2.3.3 Ausgewählte Verbundforschungsprojekte

Wissenschaftliche Forschungsprojekte zum Thema KUP wurden und werden in Deutschland durchaus mit einem hohen Budget an Fördermitteln bedacht.

Im „Modellvorhaben Schnellwachsende Baumarten“ (Laufzeit: 1993 bis 1999; Förderung: FNR) erfolgten Grundlagenuntersuchungen zur Anbautechnik, zum Leistungsvermögen und zur Verfahrenstechnik der Biomasseernte schnellwachsender Baumarten auf Versuchsstandorten in Bayern, Hessen und Niedersachsen. Weiterhin wurde das Produktionsverfahren aus energetischer, ökonomischer und ökologischer Sicht detailliert bewertet (SCHÜTTE 1999: 12).

Im Jahr 1997 startete das auf eine Gesamtlaufzeit von zehn Jahren ausgelegte „Modellvorhaben Stora Enso“ (Förderung: FNR) mit dem Ziel der Untersuchung der Eignung von Stilllegungsflächen für den Anbau von Pappeln zur Papierherstellung. In der ersten Projektphase erfolgten die Anlage und Pflege von Versuchsflächen auf verschiedenen Standorten in Hessen und Sachsen. Die zweite Projektphase hatte die Entwicklung standortspezifischer Etablierungsverfahren unter direkter Berücksichtigung ökologischer Aspekte zum Schwerpunkt. So wurden allein im Freistaat Sachsen auf fünf Standorten Versuchsflächen im Umfang von insgesamt 50 Hektar angelegt (WOLF und BÖHNISCH 2003: 8).

Im Rahmen des Förderschwerpunkts „Nachhaltige Waldwirtschaft“, welcher von 2004 bis 2009 tätig war und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) finanziert wurde, erarbeiteten die Verbundprojekte Agroforst, Agrowood und Dendrom weitere Grundlagen zu Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Eine Zusammenstellung der wichtigsten Ergebnisse erschien im Jahr 2009 im gleichnamigen Buch (REEG et al. 2009). Schwerpunkte im Projekt Agroforst waren die Anlage und Gestaltung von Agroforstsystemen zur Gewinnung von Wertholz und Biomasse zur energetischen Nutzung in

den Bundesländern Baden-Württemberg und Mecklenburg-Vorpommern. Die Wissenschaftler im Verbundvorhaben Agrowood analysierten die gesamte Kette von der Pflanzung der Gehölze bis hin zur Verwertung, wobei neben der Grundlagenforschung auch die direkte Praxisumsetzung, sprich die Anlage von KUP in landwirtschaftlichen Unternehmen in den Regionen Mittelsachsen und Südbrandenburg, im Fokus stand (BEMMANN und KNUST 2010). Im Projekt Dendrom wurden in den Schwerpunktregionen Nord- und Südbrandenburg unter anderem ökonomische und ökologische Perspektiven des Anbaus von KUP auf landwirtschaftlichen Flächen erforscht (REEG et al. 2009; MURACH 2010).

Chancen einer nachhaltigen und multifunktionalen Biomasseerzeugung aus dem Anbau von KUP untersuchte das von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) finanzierte Projekt NOVALIS in den Jahren 2006 bis 2009. Die Empfehlungen für eine zielgerichtete und standortangepasste Planung und Bewirtschaftung, um die Sekundäreffekte wie Diversitätsförderung oder Verbesserung von Boden-, Klima- und Grundwasserschutz bestmöglich zu erreichen, wurden in einem Handlungsleitfaden zusammengestellt (BUSCH und LAMERSDORF 2009).

Im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme „Nachhaltiges Landmanagement“ erfolgte unter anderem eine Finanzierung von Verbundforschungsprojekten mit den Kerninhalten Aufbau von Biomassewertschöpfungsnetzen und Entwicklung neuer Organisationsformen im Landmanagement. Die Schwerpunkte KUP und Energieholz spielten dabei vor allem in den Projekten AgroForNet und BEST eine bestimmende Rolle. Während der Projektlaufzeit von 2010 bis 2014 lieferten die Untersuchungen bei AgroForNet vor allem Ergebnisse zu Biomassepotenzialen aus den Bereichen Wald, Landschaftspflege und KUP für die Projektregionen Mittelsachsen, Südbrandenburg sowie Südliche Metropolregion Hamburg. Zudem erfolgte die Anbahnung und teilweise Umsetzung von Wertschöpfungsketten auf der Basis von regional erzeugter Holzbiomasse im ländlichen Raum (GEROLD und SCHNEIDER 2014). Untersuchungsschwerpunkte im BEST-Projekt mit den Bioenergie-Regionen „Göttinger Land“ (Niedersachsen) und „Thüringer Ackerebene“ (Thüringen) waren die Entwicklung innovativer Bereitstellungskonzepte von Energieholz durch KUP und Agroforstsysteme (z. B. Bewässerung mit vorgeklärtem Abwasser) sowie die Kombination von Energieholzgewinnung mit anderen Bioenergielinien (z. B. Biogas aus Gras). Eine Zusammenstellung der wichtigsten Forschungsergebnisse beider Verbundvorhaben findet sich bei BUTLER MANNING et al. (2015).

Das deutschlandweit angelegte Verbundprojekt ProLoc zur Erfassung der Klon-Standort-Wechselwirkungen bei den Baumarten Pappel und Weide wurde unter Förderung der FNR initiiert. In der ersten Phase (2008 bis 2012) erfolgte auf insgesamt 38 Versuchsflächen über das gesamte Bundesgebiet verteilt die Anlage der Pappelklone Max 1, Hybride 275 und AF2 sowie der Weidenklone Inger und Tordis in vierfacher Wiederholung mit einer Pflanzdichte von 11.000 Bäumen je Hektar mit dem Ziel der Bewirtschaftung im dreijährigen Umtrieb. Untersuchungsgegenstand waren bodenchemische und -physikalische Eigenschaften sowie klimatische Kenngrößen. Im Biomassebestand erfolgten Erhebungen zu Anwuchs- und Überlebensraten, Zuwachsparemtern sowie zur Pflanzenvitalität. Eine detaillierte Aufbereitung und Zusammenfassung der Ergebnisse liefert AMTHAUER GALLARDO (2014). In Phase II (2012 bis 2015) erfolgte eine Fortführung der Erhebungen auf einem Teil der 2008

angelegten Flächen sowie die Neuanlage von Versuchsflächen mit Pappel- und Weidenklonen bei unterschiedlichen Pflanzdichten von 9.600 bis 16.600 Bäumen je Hektar im dreijährigen Umtrieb. Weiterhin wurden Versuchsflächen mit Pappelprüfgliedern für den zehnjährigen Umtrieb bei Pflanzdichten von 625 bis 2.500 Bäumen je Hektar angelegt (HOFMANN et al. 2012: 19).

Im November 2014 startete das vom BMBF finanzierte Forschungsprojekt „Innovationsgruppe Agroforstliche Umweltleistungen für Wertschöpfung und Energie“ (AUFWERTEN) mit dem Ziel, bis zum Jahr 2019 Lösungsansätze für eine nachhaltige Landnutzung durch einen kombinierten Anbau von Holzbiomasse und standorttypischen Kulturen auf dem Ackerland zu finden. Im Mittelpunkt stehen dabei optimierte Anlage- und Verwertungskonzepte von Agroforstsystemen, die einerseits rentabel und andererseits ökologisch sinnvoll in die aktuelle Landnutzung integriert werden sollen (ROGGA und GAASCH 2016).

2.2.3.4 Aktivitäten in den Bundesländern

Die Anstrengungen zur Etablierung des Produktionsverfahrens in der landwirtschaftlichen Praxis sind in den einzelnen Bundesländern sehr unterschiedlich. Erste Untersuchungen zur Eignung schnellwachsender Pappelsorten für einen Anbau in KUP erfolgten bereits im Jahr 1976 im nordhessischen Wesertal bei Hann. Münden auf dem sogenannten „Haferfeld“ (HOFMANN 1999: 238). In Bayern, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Schleswig-Holstein und Thüringen wurden in den land- und forstwirtschaftlichen Forschungsanstalten Anfang bis Mitte der neunziger Jahre Versuchsflächen zur kontinuierlichen Datenerhebung von Anwuchsrate, Höhenwachstum und Biomasseertrag angelegt (BURGER 2010; SCHOLZ et al. 2006: 55; BOELCKE 2006: 5; BRÖHL und RÖHRICHT 2006: 165; SEEDLER 2007: 40; BIERTÜMPFEL et al. 2009: 2). Das Land Baden-Württemberg unterstützte von 2008 bis 2012 das Projekt „Biomasse aus Kurzumtrieb“ mit dem Ziel der Erhöhung der Anbaufläche von Kurzumtriebskulturen. Im Ergebnis dieser Aktivitäten kam es unter anderem zur Gründung des KUP-Netzwerk Südwest e.V. im Jahr 2011 (SEIDL et al. 2014).

Die etablierten Baumarten, Sorten und Klone werden dabei nicht nur auf deren Anbaueignung auf den jeweiligen Standorten untersucht. Zunehmend dienen die KUP auch als Rohstoffquelle zur Wärmeversorgung der in den Liegenschaften vorhandenen Biomasseanlagen (RÖHRICHT et al. 2011: 8; MÖBIUS 2012; NEUNER und BURGER 2015: 8; WIESBECK 2015).

Die in den Versuchs- und Praxisanlagen gewonnenen Erfahrungen von der Flächenvorbereitung bis zur Rückwandlung werden der interessierten Öffentlichkeit in regelmäßig aktualisierten Broschüren als Anbauempfehlungen zur Verfügung gestellt (s. Tabelle 2.2).

Tabelle 2.2: Darstellung einer Auswahl von KUP-Aktivitäten auf Landesebene

Bundesland	Institution	Projekt	Broschüre / Autor(en)
Baden-Württemberg	Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum	Biomasse aus Kurzumtrieb 2008 bis 2012	Anlage und Bewirtschaftung von Kurzumtriebsflächen in Baden-Württemberg (UNSELD et al. 2014)
Bayern	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft	Anbauversuche mit schnellwachsenden Baumarten 1992-2022	Anbau schnellwachsender Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen (UNSELD et al. 2012)
Brandenburg	Leibnitz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V.	Stoffliche und energetische Nutzung von Biomasse	Energieholz aus Kurzumtriebsplantagen. Leitfaden für Produzenten und Nutzer (PLÖCHL und BRAUN 2013)
Hessen	Kompetenzzentrum HessenRohstoffe (HeRo) e.V.	Praxisvorhaben „Schnellwachsende Baumarten in Hessen“	Energiehackschnitzel aus schnellwachsenden Hölzern (HOFMANN 2009)
Mecklenburg-Vorpommern	Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei	Anbauversuche mit schnellwachsenden Baumarten seit 1993	Schnellwachsende Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen (BOELCKE 2006)
Niedersachsen	Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe (3N)	Entwicklung von KUP zur Gewinnung von Energiehackschnitzeln	Schnellwachsende Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen in Niedersachsen (IHL 2010)
Nordrhein-Westfalen	Landesbetrieb Wald und Holz	Versuche mit Pappel, Weide und Robinie auf Forstflächen	
Rheinland-Pfalz	Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft	Anbauversuche mit verschiedenen Baumarten seit 2009	
Saarland			
Sachsen	Landesanstalt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie	Anbauversuche mit schnellwachsenden Baumarten seit 1995	Schnellwachsende Baumarten im Kurzumtrieb. Anbauempfehlungen (BECKER et al. 2014)
Sachsen-Anhalt	Landesforstbetrieb	Versuche mit Pappel, Weide und Robinie auf Nichtholzboden	
Schleswig-Holstein	Landwirtschaftskammer	Versuche mit Pappeln und Weiden seit 1994	
Thüringen	Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft	Anbauversuche mit schnellwachsenden Baumarten seit 1993	Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Energieholz (HERING et al. 2013)

Quelle: eigene Darstellung nach UNSELD et al. (2014); UNSELD et al. (2012); PLÖCHL und BRAUN (2013); HOFMANN (2009); BOELCKE (2006); IHL (2010); BECKER et al. (2014); HERING et al. (2013)

2.2.4 KUP-Akteure in der Praxis

Trotz des aktuell überschaubaren Anbauumfangs spielen KUP in einigen Unternehmen durchaus eine tragende Rolle in der aktuellen bzw. zukünftigen Rohstoffversorgungsstrategie.

Der Energieversorger RWE verkündete im Jahr 2008 das ambitionierte Ziel, innerhalb von nur vier Jahren bis zu 10.000 Hektar Fläche für die Anlage schnellwachsender Baumarten käuflich erwerben oder anpachten zu wollen. Mit der produzierten Biomasse sollten Biomasseheizkraftwerke in Nordrhein-Westfalen sowie in Berlin versorgt werden (LANDGRAF und WINKELMANN 2010). Im Jahr 2013 ist das Unternehmen allerdings vom anfänglichen Ziel abgerückt, die bis dahin etablierten KUP-Flächen wurden größtenteils an

die ursprünglich als Dienstleister aufgetretene Firmengruppe Pein&Pein verkauft. Dabei handelt es sich um einen Flächenumfang von ca. 440 Hektar, den Pein&Pein aufgrund der über die Bundesrepublik verstreuten Lage sowohl in Eigenregie als auch durch die Hinzunahme von regionalen Dienstleistern bewirtschaftet (LANDGRAF 2015). Gegenwärtige Projekte von RWE zur Gewinnung von Holzbiomasse für die energetische Verwertung sind beispielsweise die Etablierung von Vorwäldern mit Pappel, Birke und Erle auf Kyrill-Schadflächen im Sauerland, gepflanzte Robinien-KUP unter Stromtrassen in Fürstenwalde (Brandenburg), mit Pappel und Robinie bestockte Flächen in ehemaligen Braunkohletagebauen in Sachsen-Anhalt sowie KUP mit Pappel und Robinie auf ehemaligen Rieselfeldern der Stadtgüter Berlin in der Nähe von Königs Wusterhausen (Brandenburg) (RWE 2015).

Etwas zurückhaltender, jedoch nicht weniger ambitioniert, waren die Pläne des Pelletherstellers Schellinger KG in Krauchenwies bei Sigmaringen (Baden-Württemberg), 5.000 Hektar KUP bis zum Jahr 2015 zu etablieren. Mittlerweile wurde die Zielfläche auf ein Fünftel der ursprünglichen Flächengröße nach unten korrigiert, der aktuelle Flächenumfang liegt laut KUDLICH (2015) im niedrigen dreistelligen Bereich. Das Plantagenholz soll neben der Verwertung von Sägespänen die Rohstoffbasis für die Pelletproduktion verbreitern und so nachhaltig die Bereitstellung des Jahresbedarfs von rund 50.000 Tonnen (atro) absichern.

Der aktuell flächenstärkste Bewirtschafter von KUP in Deutschland ist die Energy Crops GmbH, eine Tochter der Vattenfall Europe Wärme AG. In den letzten fünf Jahren erfolgten für die anteilige Versorgung des Biomasseheizkraftwerks Berlin-Reinickendorf kontinuierliche Flächenerweiterungen in Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein und Westpolen. Die aktuelle KUP-Fläche beträgt rund 2.000 Hektar mit weiter steigender Tendenz. Als erfolgreiches Geschäftsmodell hat sich der Abschluss eines Kooperationsvertrags zwischen Landwirt und Energy Crops GmbH bezahlt gemacht. Der Landwirt bleibt Bewirtschafter und stellt die Fläche für 20 Jahre zum Anbau von KUP zur Verfügung. Die Kosten der Flächenetablierung (hauptsächlich mit Pappeln) sowie für Ernte und Transport und die abschließende Rückwandlung trägt die Energy Crops GmbH (GRUNDMANN 2015; NIEDERMAYR 2017). Die Zahlung einer lage- und ertragsabhängigen jährlichen Grundrente zusätzlich zur Flächenprämie führt zu einer kontinuierlichen Einnahmequelle für den Landbewirtschafter, was besonders auf Grenzertragsstandorten einen finanziellen Vorteil im Vergleich zur Marktfruchtproduktion darstellt (PLATEN 2012).

Etwas weniger als ein Zehntel des aktuellen Flächenumfangs der Energy Crops GmbH bewirtschaftet das Familienunternehmen Viessmann Werke GmbH & Co KG im hessischen Allendorf. Der Anbau findet hier jedoch nicht in Form von Kooperationen mit ortsansässigen Landwirten statt sondern auf extra für die Energieholzerzeugung erworbenen landwirtschaftlichen Flächen. Im Zeitraum von 2007 bis 2009 wurden rund 170 Hektar hauptsächlich mit verschiedenen Pappelsorten bepflanzt, Verwertung findet die Biomasse in der werkseigenen Energiezentrale. Hervorzuheben bei der Umsetzung ist der intensive Austausch mit dem Naturschutz vor und während der Plantagenanlagen. Zwar wurden viele, sehr kleine Schläge zu größeren Bewirtschaftungseinheiten zusammengefasst, soweit möglich aber auch bestehende Strukturen wie Altbäume, Hecken oder Feldraine belassen (BUTLER MANNING 2013). Diese Maßnahmen ermöglichten eine Berücksichtigung als

Modellstandort beim Projekt ELKE III (vgl. WAGENER et al. 2013) sowie bei der Voruntersuchung für Anforderungen an eine naturverträgliche Gestaltung von KUP (NABU und B&P 2012).

Ein weiterer KUP-Akteur mit einem Flächenpool in ähnlicher Größenordnung ist die Firma Lignovis GmbH mit Sitz in Hamburg. Das Unternehmen übernahm die Flächen der Choren Industries GmbH, welche im Jahr 2011 Insolvenz anmelden musste. Choren hatte seit 2009 im Rahmen des EU-Projekts „OPTFUEL“ rund 230 Hektar KUP mit Pappel, Weide, Robinie und weiteren Baumarten in den fünf Modellregionen Freiberg (Sachsen), Schwedt, Prignitz (Brandenburg), Kröpelin (Mecklenburg-Vorpommern) und Stettin (Polen) angelegt. Der Rohstoff sollte für die Herstellung von synthetischem Biokraftstoff (BtL - Biomass to Liquid) eingesetzt werden. Ähnlich wie bei Energy Crops wurde auch hier ein für die Landwirte attraktives Kooperationsmodell erarbeitet, welches die Flächenakquise entscheidend erleichterte (PESCHEL und WEITZ 2013).

2.2.5 Dienstleistungsunternehmen im KUP-Bereich

Innerhalb der letzten zehn Jahre hat es im Dienstleistungsbereich für KUP einen wesentlichen Zuwachs gegeben. Dabei ist ein deutlicher Trend hin zu Komplettangeboten von der Beratung bis zur Ernteorganisation oder gar inklusive der Biomassevermarktung zu erkennen. Zudem haben sich die Unternehmen nahezu über das gesamte Bundesgebiet etabliert; mit erhöhter Präsenz in den Schwerpunktregionen des Anbaus. Eine Vielzahl der Anbieter agiert auch überregional und nicht ausschließlich in der Nähe des Firmensitzes. In Tabelle 2.3 ist eine Auswahl an Dienstleistern aufgeführt, die zum Großteil ein Komplettpaket anbieten. Aus Gründen der Überschaubarkeit wurden maximal zwei Unternehmen je Bundesland berücksichtigt. Ein Teil dieser bewirtschaftet neben Mutterquartieren für die Pflanzguterzeugung auch selbst Flächen mit dem Ziel der Biomasseproduktion (s. Kapitel 2.2.4). In Anhang 2.2 und Anhang 2.3 findet sich eine Zusammenstellung weiterer Unternehmen (z. B. Baumschulen und Erntetechnikanbieter) für den Bereich KUP.

Tabelle 2.3: Darstellung ausgewählter Dienstleistungsunternehmen im KUP-Bereich

Bundesland	Firma	Sitz	Homepage	Kontaktperson
Bayern	Pro Lignum GbR	86879 Wiedergeltingen	www.schnepf-pro-lignum.de	Schnepf
	Wald 21 GmbH	97215 Uffenheim	www.wald21.com	Kudlich
Brandenburg	„Fürst Pückler“ GmbH	04924 Bad Liebenwerda	www.energywood.eu	Pelz
Hamburg	Energy Crops GmbH	22297 Hamburg	www.energy-crops.de	Dr. Grundmann
	Lignovis GmbH	22587 Hamburg	www.lignovis.de	Weitz
Hessen	KUP-Service Hüller	37242 Bad Sooden-Allendorf	www.kup-service-hueller.de	Hüller
Mecklenburg-Vorpommern	GALAFO mbH	18273 Güstrow	www.galafo-guestrow.de	Nehring
Niedersachsen	agraligna GmbH	38315 Schladen	agraligna.com	von König
	Hüttmann GmbH	29614 Soltau	www.jh-dienste.de	Hüttmann
Nordrhein-Westfalen	Wald-Agentur GmbH	48155 Münster	www.wald-agentur.de	Dr. Hagemann
Rheinland-Pfalz	P&P GmbH & Co. KG	56337 Eitelborn	www.energieholzanlagen.de	Neugebauer
Sachsen	Biohof Böhme GmbH	01762 Dippoldiswalde	www.biohof-boehme.de	Böhme
	Biomasseconsulting	01683 Nossen	www.biomasseconsulting.de	Neumeister
Sachsen-Anhalt	agraligna GmbH	39578 Stendal	agraligna.com	von Engelbrechten
	Stackelitz-Gruppe	06868 Coswig/Anhalt	www.stackelitz.de	Hehmke

Quelle: eigene Darstellung

2.3 Befragungen landwirtschaftlicher Betriebe in Sachsen

2.3.1 Umfrage im Landkreis Mittelsachsen

2.3.1.1 Ziele der Befragung

Im Rahmen der Aktivitäten im Verbundprojekt AgroForNet wurde unter anderem eine Befragung von Landwirtschaftsbetrieben im Landkreis Mittelsachsen durchgeführt (vgl. KRÖBER und HEINRICH 2015b). Neben der Ermittlung der aktuellen Situation zum Anbau von KUP sollte aufgezeigt werden, welche Gründe aus Sicht der Landbewirtschaftler für oder gegen die Anlage von KUP in ihrem Unternehmen sprechen. Weiterhin wurden die Teilnehmer nach notwendigen bzw. wünschenswerten Rahmenbedingungen befragt, die das Produktionsverfahren aus ihrer Sicht attraktiver machen könnten.

2.3.1.2 Durchführung der Befragung

Im April 2014 wurde knapp 660 Landwirtschaftsbetrieben im Haupt- und Nebenerwerb der Fragebogen (s. Anhang 2.4) samt Anschreiben und beigelegtem Rückumschlag sowie einer Informationsbroschüre mit ausgewählten Texten zum Thema KUP postalisch übermittelt. Rund sechs Wochen später erfolgte zudem die Zusendung eines weiteren Schreibens, in welchem für die Teilnahme an der Befragung gedankt bzw. um die Beantwortung des Fragebogens gebeten wurde.

Es beteiligten sich 130 Landwirte im Haupt- und Nebenerwerb mit einer insgesamt bewirtschafteten Fläche von knapp 30.000 Hektar Ackerland und 7.000 Hektar Grünland (entspricht jeweils rund einem Viertel der Acker- und Grünlandfläche im Landkreis Mittelsachsen) an der durchgeführten Befragung. Das entspricht einer Rücklaufquote von fast

20 Prozent. Unter den Befragungsteilnehmern befanden sich jedoch nur vier Betriebe, die bereits KUP mit Pappeln und Weiden auf Eigentums- sowie auf Pachtflächen auf einer Fläche von insgesamt 48 Hektar bewirtschaften. Während ein Landwirt KUP auf fast 40 Hektar gepflanzt hat, erfolgt der Anbau in den drei anderen Unternehmen auf Kleinstflächen zwischen einem und sechs Hektar Gesamtfläche.

Aufgrund des verschwindend geringen Anteils der KUP-Betriebe an der Grundgesamtheit konnte keine Ergebnisauswertung getrennt nach KUP- oder Nicht-KUP-Betrieben erfolgen. Weiterhin variiert die Häufigkeit der Nennungen bei den verschiedenen Antworten, da nicht alle Beteiligten jede Frage beantwortet haben.

2.3.1.3 Situation in der Region

Das es sich beim Anbau von KUP in Mittelsachsen um eine Nische handelt verdeutlicht die Tatsache, dass sich lediglich neun Prozent der Befragungsteilnehmer sehr oft oder oft mit dem Thema beschäftigten. Knapp jeder Vierte kam bisher gelegentlich mit Fragen zu KUP in Berührung, die übrigen zwei Drittel hingegen selten bis nie. Ein ähnliches Ergebnis zeigen die Antworten nach der Beurteilung des eigenen Fachwissens zu KUP. Nicht einmal jeder Siebte beurteilte dieses als sehr gut oder gut, knapp ein Drittel fühlte sich bestenfalls befriedigend bis ausreichend informiert, rund 45 Prozent beurteilten ihren Wissensstand jedoch als mangelhaft bis ungenügend.

Entsprechend des schmalen Wissens zum Thema wurden die positiven Aspekte, die für einen Anbau im Unternehmen sprechen könnten, von den Teilnehmern eher zurückhaltend eingeschätzt. Auf der Bewertungsskala von 1 (trifft gar nicht zu) bis 5 (trifft voll zu) lagen die gegebenen Antworten im Mittel allesamt unterhalb der 3 (trifft teilweise zu). Neben dem vorhandenen Eigeninteresse am Thema waren die Eigenverwertung der Biomasse, naturschutzfachliche und ökologische Aspekte sowie der Anbau auf Grenzertragsstandorten die wichtigsten Gründe pro KUP. Von geringerer Bedeutung erwiesen sich der Aufbau von Wertschöpfungsketten, die Extensivierung der Produktion sowie die Schaffung von Positivbeispielen (s. Abbildung 2.1).

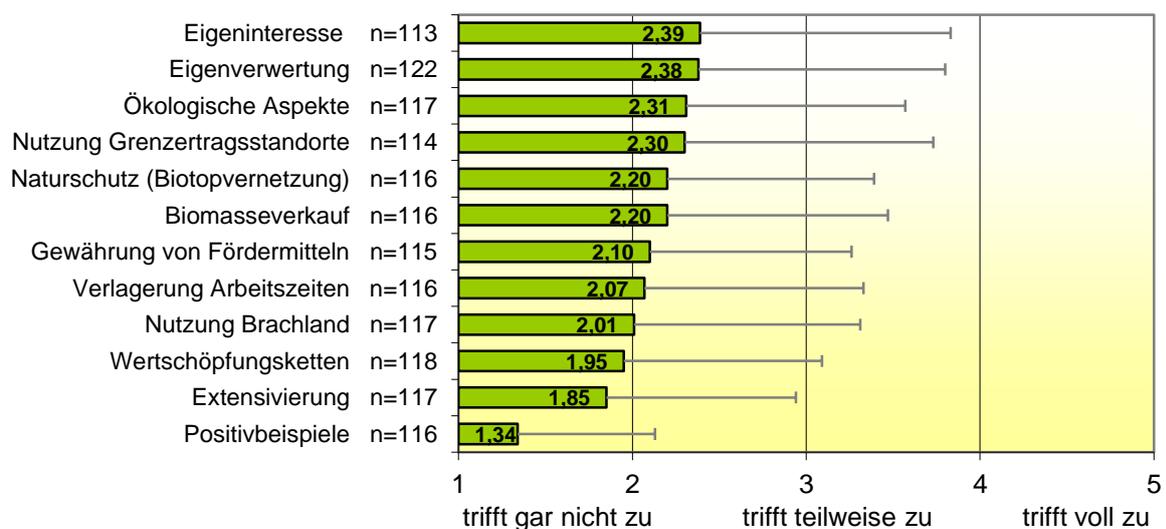


Abbildung 2.1: Gründe für den Anbau von KUP in Mittelsachsen

Quelle: eigene Darstellung

Die Angabe von Gründen, die gegen die Anlage von KUP im eigenen Unternehmen sprechen, war deutlich ausgeprägter (s. Abbildung 2.2). Neben der fehlenden Spezialtechnik für Pflanzung und Ernte erwiesen sich vor allem die lange Flächenbindung, hohe Anfangsinvestitionen, eine ungeklärte Vermarktung sowie Probleme auf Pachtflächen als entscheidende Hemmnisse. Hingegen waren geringe Hackschnitzelpreise, die fehlende finanzielle Unterstützung, ein mögliches Auftreten von Schadfaktoren oder ein negativer Einfluss auf das Landschaftsbild weniger relevant.

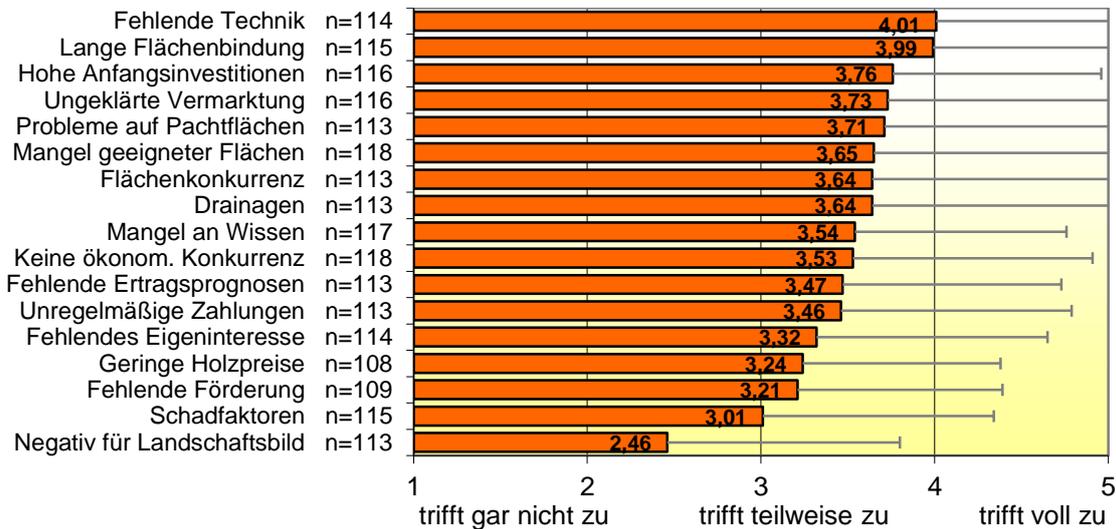


Abbildung 2.2: Gründe gegen den Anbau von KUP in Mittelsachsen

Quelle: eigene Darstellung

2.3.1.4 Aussichten für die Region

Bezüglich zukünftiger Nutzungsoptionen konnte sich in etwa jeder fünfte Befragte KUP auf dem von ihm bewirtschafteten Acker- oder Grünland vorstellen. Eine ähnlich große Teilmenge sah speziell nicht mehr für die Tierhaltung benötigte Grünlandflächen als Anbaupotenzial. Die reine Nutzung von Ackerland kam hingegen nur für drei Prozent der Befragten in Frage. Eine Mehrheit von 40 Prozent sah weder auf Acker- noch auf Grünland zukünftiges Potenzial für KUP im eigenen Betrieb.

Immerhin sechs Unternehmer hatten zum Befragungszeitpunkt die Absicht zur Etablierung von KUP in den nächsten fünf Jahren auf einer Gesamtfläche von 36 bis 66 Hektar sowohl auf Acker- als auch auf Grünland. Da aufgrund der sehr strengen gesetzlichen Regelungen zum Erhalt des Dauergrünlands KUP hier nur unter besonderen Voraussetzungen möglich sind, wird die genannte Zielfläche jedoch nicht zu realisieren sein.

Insgesamt erwarten lediglich 30 Prozent der Befragungsteilnehmer in Zukunft einen langsamen Anstieg der KUP-Fläche, fast jeder Zweite sieht den Anbau auch weiterhin als unmaßgeblich an.

Befragt nach erforderlichen Rahmenbedingungen für den Anbau von KUP im eigenen Betrieb nannten die Teilnehmer vor allem die Sicherstellung der Gewinnerzielung verbunden mit einer garantierten Abnahme der produzierten Biomasse. Weiterhin sollte zwingend die Konkurrenzfähigkeit zum Ackerbau erreicht werden sowie Spezialtechnik für die

Bewirtschaftung verfügbar sein. Weniger bedeutend waren Ertragsprognosen für die eigenen Standorte, die Schaffung von Positivbeispielen sowie die Ausweitung des Sortiments.

Die Notwendigkeit einer Gewährung von Fördermitteln beurteilten die Befragten sehr unterschiedlich. Etwas mehr als jeder Dritte befürwortete die finanzielle Unterstützung (Anschubfinanzierung und/oder jährliche Zahlungen), in etwa die gleiche Teilmenge sprach sich gegen eine Förderung aus, alle anderen waren unschlüssig.

Ein möglicher Anbau von KUP zur Anrechnung als ökologische Vorrangfläche wurde insgesamt eher zurückhaltend bewertet. Der niedrige Gewichtungsfaktor von 0,3 kann an dieser Stelle jedoch nicht als Begründung dienen, da die Faktoren sowie die genaue Umsetzung zum Zeitpunkt der Befragung noch nicht feststanden.

2.3.2 Folgeumfrage im Freistaat Sachsen

2.3.2.1 Hintergründe

Nachdem das Sächsische Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL) über die Umfrage informiert wurde, entschied man sich dort, auf der Grundlage des Fragebogens gezielt die Unternehmen in Sachsen zu befragen, die bereits KUP angelegt haben bzw. sich aktiv mit dem Thema beschäftigten. Daraufhin wurden im April 2015 insgesamt 42 Betriebe angeschrieben, die Rücklaufquote lag bei knapp 31 Prozent. Aufgrund der anonymisierten Vorgehensweise konnte natürlich nicht ausgeschlossen werden, dass Betriebe, die bereits an der Befragung der Universität Halle-Wittenberg teilnahmen, im folgenden Jahr noch einmal kontaktiert wurden und entsprechend erneut geantwortet hatten (NEUMANN 2015).

2.3.2.2 Ergebnisse

Beim Vergleich der beiden Befragungen werden einige Unterschiede deutlich. Bei der Nennung von Gründen für die Anlage von KUP lagen die Mittelwerte der Antworten bei den sächsischen KUP-Betrieben aus der Folgebefragung grundsätzlich höher als bei der Befragung in Mittelsachsen. Einen gravierenden Unterschied gab es lediglich bei der Eigenverwertung der Biomasse, welche von KUP-Betrieben deutlich niedriger bewertet wurde (2,0) und damit in der Rangfolge sogar an letzter Stelle stand. Entsprechend wichtiger erachteten die KUP-Landwirte den Biomasseverkauf (3,5) im Vergleich zu den hauptsächlich Nicht-KUP-Landwirten (2,2). Ebenfalls erheblich bedeutsamer schätzten die KUP-Landwirte den Aufbau von Wertschöpfungsketten, ökologische Aspekte (jeweils 3,3) sowie die Extensivierung der Produktion (2,8) ein.

Die Gegenüberstellung genannter Gründe gegen den Anbau von KUP zeigt in beiden Befragungen ähnliche Tendenzen. Es fällt allerdings auf, dass KUP-Betriebe die Etablierungskosten (4,1) sowie die ungeklärte Vermarktung (4,2) noch deutlich negativer beurteilten als die Landwirte in Mittelsachsen. Wesentlich entspannter bewerteten die Landwirte mit KUP Wissensdefizite (2,8), den Mangel an geeigneten Flächen sowie die Flächenkonkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion (jeweils 2,2). Wäre dies nicht so, hätten sie mit hoher Wahrscheinlichkeit auch keine KUP in ihrem Unternehmen etabliert. Auch ein negativer Einfluss auf das Landschaftsbild wurde nur sehr gering wahrgenommen (1,5).

Notwendige Rahmenbedingungen sahen die KUP-Landwirte hauptsächlich in der Sicherstellung der Gewinnerzielung sowie in der Anerkennung der KUP als ökologische

Vorrangfläche (jeweils 4,6). Auch eine anteilige Finanzierung der Plantagenetablierung in Form von Zuschüssen wurde als sehr entscheidend erachtet (4,1).

2.3.3 Zusammenfassende Bewertung

Grundsätzlich lässt sich feststellen, dass in der untersuchten Region eine eher geringe Bereitschaft zur Bewirtschaftung von KUP besteht. Eine mögliche Erklärung ergibt sich aus der Vorsicht der Landwirte. Manch problematisch erscheinender Aspekt wird demnach stärker eingeschätzt als die positiven Wirkungen des Produktionsverfahrens (s. Ergebnisunterschiede beider Umfragen). Als bedeutende Hemmnisse konnten die fehlende Verfügbarkeit an Spezialtechnik für Pflanzung und Ernte, die lange Flächenbindung, hohe Etablierungskosten sowie eine ungeklärte Vermarktung und Schwierigkeiten beim Anbau auf Pachtflächen identifiziert werden. Ein Großteil dieser Befürchtungen erscheint jedoch überhöht zu sein. So hat sich beispielsweise der Dienstleistungsbereich in Sachsen als Alternative zum eigenen Technikeinsatz in den letzten Jahren deutlich entwickelt (s. Kapitel 2.2.5). Allerdings scheint beispielsweise die Abnahme der produzierten Biomasse trotz steigender Anzahl an dezentralen Versorgungsstrukturen noch nicht in allen Regionen des Freistaats gesichert. Hier könnten Kooperationen mit Kommunen oder Industrieunternehmen, die generell Abnahmegarantien für den Rohstoff sowie häufig eine Beteiligung oder gar die Übernahme der Investitionskosten bei der Plantagenetablierung anbieten, sinnvoll sein.

3 Stand der Forschung zur Wirtschaftlichkeit und Ökologie von KUP

3.1 Allgemeine Anmerkungen zu Kosten und Leistungen des Produktionsverfahrens

Die Wirtschaftlichkeit eines Produktionsverfahrens ist im Allgemeinen dann gegeben, wenn alle mit der Erstellung verbundenen Kosten durch die erzielten Leistungen gedeckt werden. Dabei muss nicht zwangsläufig ein Verkauf der Biomasse stattfinden, ebenso ist eine innerbetriebliche Verwertung denkbar. Hier wird der Produktionswert dann beispielsweise über den Substitutionswert (Einsparung von Heizöl oder Erdgas) ermittelt.

Grundsätzlich sollte jedes Produktionsverfahren nach Vollkosten beurteilt werden, damit genaue Aussagen zur Wirtschaftlichkeit getroffen werden können (KÜNSTLING et al. 2015: 19). In Anlehnung an das KTBL (2014: 32ff) sind bezogen auf eine KUP in der Regel folgende Kostengruppen zu berücksichtigen:

- Direktkosten (z. B. Pflanzgut, Pflanzenschutz- und Düngemittel)
- Arbeitserledigungskosten
 - Kosten für Dienstleistungen (z. B. Lohnarbeit für Pflanzung und Rückwandlung)
 - Kosten für Arbeitsmittel (z. B. Treib- und Schmierstoffe, Abschreibungen und Reparaturen für eingesetzte Maschinen)
 - Lohnkosten (z. B. Löhne für Fest- und Saisonarbeitskräfte)
- Flächenkosten (z. B. Pacht, Grundsteuer, Bodenverbesserungen)
- Gebäudekosten (z. B. Abschreibung, Unterhaltung und Versicherung für Hackschnitzellager bei Eigenverwertung)
- Gemeinkosten (z. B. Haftpflichtversicherung, anteilige Kosten für Leitung und Verwaltung)

Die Leistungen beim Produktionsverfahren Energieholzanzbau in KUP errechnen sich aus der erzeugten Menge an Holzbiomasse multipliziert mit dem erzielbaren Marktpreis. Dieser schwankt sowohl regional als auch bezüglich der gelieferten Hackschnitzelqualität sehr stark (GEROLD und SCHNEIDER 2013: 87ff), was in der Folge zu entsprechend unterschiedlichen Leistungen führt. Der Abschluss langfristiger Liefervereinbarungen zu festen bzw. gekoppelten Preisen (z. B. Heizölpreisentwicklung) kann diese Schwankungen reduzieren und im Optimalfall sogar minimieren.

Neben der direkten Leistungsbewertung der Biomassebereitstellung über den Marktpreis finden verstärkt Bestrebungen statt, die häufig durch den Anbau von KUP erbrachten ökologischen Leistungen einer monetären Bewertung zu unterziehen. Einen Überblick über mögliche Ansatzpunkte gibt SCHÄGNER (2009) im Rahmen einer ökologisch erweiterten Nutzen-Kosten-Analyse. Im Bereich Klimaschutz kann hier etwa der Vermeidungskostenansatz zur Anwendung kommen, mit dessen Hilfe beispielsweise eine ökonomische Bewertung der gebundenen Mengen an Kohlenstoff über den Zertifikatspreis des EU-Emissionshandels möglich ist. Auch PETZOLD (2013) und WEIH et al. (2014) bekräftigen in ihren Untersuchungen die in der Mehrzahl positiven Wirkungen von KUP. So weisen diese hinsichtlich der Ökosystemdienstleistungen wie Bodenschutz, Biodiversität oder Wasserqualität deutlich bessere Bilanzen auf als annuelle Kulturen. Negative Auswirkungen

können jedoch bei großflächig etablierten KUP in niederschlagsarmen Gebieten aufgrund des höheren Wasserverbrauchs durch verringerte Grundwasserneubildungsraten auftreten. Konkrete Vorschläge zu einer monetären Vergütung der Positivwirkungen werden jedoch nicht unterbreitet.

3.2 Wirtschaftlichkeit in der Literatur

In der Literatur findet sich mittlerweile eine Vielzahl an Studien und Analysen, die sich mit der ökonomischen Bewertung von KUP befassen (s. Tabelle 3.1). Allerdings sind die angewendeten Kalkulationsmethoden und die berücksichtigten Eingangsdaten häufig sehr unterschiedlich. Nachfolgend wird der Fokus ausschließlich auf inländische, also deutschlandweite Studien gelegt, da sowohl die natürlichen Standortbedingungen (Baumarteneignung, Biomassezuwachs usw.) als auch die monetären (Lohn-, Maschinen-, Flächenkosten usw.) sowie die förderrechtlichen Gegebenheiten bereits in den deutschsprachigen Nachbarländern zum Teil erheblich von denen in Deutschland abweichen und die ermittelten Resultate folglich kaum sinnvoll miteinander vergleichbar sind (vgl. ANSPACH und ROESCH 2015).

Erste sehr ausführliche Ergebnisse zur ökonomischen Vollkostenbetrachtung von KUP mit der Baumart Pappel liefern KÜPPERS et al. (1997). Dabei erfolgt zunächst die Ermittlung der Gesamtkosten der Biomasseproduktion (Begründung, Düngung, Ernte und Rückwandlung), wobei Flächenkosten ausdrücklich nicht berücksichtigt werden, da ein Anbau auf Stilllegungsflächen unterstellt wird. Anschließend erfolgt ein Annuitätenvergleich (Kalkulationszinssatz 3,5 Prozent) für verschiedene Annahmen zur Nutzungsdauer, zum Pflanzenausfall und zum Biomassertrag. Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass bei Biomasserträgen unter acht Tonnen (atro) je Hektar und Jahr sowie Hackschnitzelpreisen unter 80 DM je Tonne (atro) keine positiven Ergebnisse zu erwarten sind. Ein Vergleich mit dem Anbau annueller Kulturen zeigt, dass unter den zum Zeitpunkt der Untersuchung herrschenden Bedingungen Pappel-KUP auf aus Sicht der Ertragsfähigkeit sowohl guten als auch schwachen Standorten ökonomisch nicht konkurrenzfähig sind, da die erzielbaren Deckungsbeiträge für Getreide, Ölfrüchte und Leguminosen durchweg höher liegen.

Auf Basis einer Vollkostenbetrachtung weisen PALLAST et al. (2005) die Produktionskosten je Tonne (atro) Hackschnitzel frei Feld aus. Dabei setzen sich die Gesamtkosten aus der Kulturanlage, dem Pflanzmaterial, der Rekultivierung (jeweils annuitätisch abgezinst bei einem Kalkulationszinssatz von fünf Prozent), den Erntekosten sowie den Flächen- und Gemeinkosten zusammen. Bei den Pflanzgutkosten werden drei Preishöhen unterstellt, auch bei der Erntetechnik wird zwischen den Verfahren Feldhäcksler und Mäh Hacker sowie einer jeweils differenzierten Auslastung unterschieden. Durch die Variation der Stecklingspreise und Erntekosten ergibt sich eine Spanne der Produktionskosten von 58 Euro je Tonne (atro) in der günstigsten Variante (niedriger Stecklingspreis und hohe Auslastung der Erntemaschine) bis 72 Euro je Tonne (atro) in der Variante hoher Stecklingspreis und geringe Auslastung der Erntemaschine. Im Fazit der Untersuchung stellt sich heraus, dass bei einem angenommenen Hackschnitzelpreis von 60 Euro je Tonne (atro) selbst in der günstigsten Variante gerade einmal die Produktionskosten gedeckt werden können. Da jedoch in nahezu allen Fällen zusätzliche Logistikkosten für den Transport zum Abnehmer berücksichtigt werden müssen,

sind bei den unterstellten Annahmen keine Gewinnbeiträge mit KUP erzielbar. Eine mögliche Stellschraube könnte neben den Kosten für Pflanzgut und Ernte noch die Höhe der Flächenkosten darstellen. Ein Ausweichen auf Standorte mit geringerer Bodengüte führt unter Umständen zu einer Pachtzinsreduzierung. Allerdings würde dies nur bei gleichem Biomasseertragspotenzial zu einer Senkung der Produktionskosten führen.

KRÖBER et al. (2009) untersuchen auf der Grundlage einer ausführlichen Literaturrecherche die Wirtschaftlichkeit von KUP mit Hilfe der Monte-Carlo-Simulation (Risikoanalyse). Basierend auf deutschlandweiten Veröffentlichungen werden von der Flächenvorbereitung bis zum Hackschnitzelpreis alle Eingangsvariablen in Form von Dreiecksverteilungen erfasst. Die Ermittlung der Annuitäten auf Vollkostenbasis erfolgt bei einem Kalkulationszinssatz von sechs Prozent. Im Ergebnis werden Häufigkeitsverteilungen der Gewinnbeiträge für Pappel-KUP auf mittleren und besseren Standorten in Sachsen ausgewiesen. Die Spanne reicht von rund -200 bis fast 400 Euro je Hektar. Weiterhin zeigen die Szenarien Förderung sowie Steigerung des Hackschnitzelpreises deutlich positive Wirkungen auf die Höhe der Gewinnbeiträge. In einem weiteren Schritt erfolgt eine Gegenüberstellung der KUP-Gewinnbeiträge mit den Ergebnissen von Wintergerste und Winterroggen, ebenfalls auf der Basis von Vollkosten. Es zeigt sich, dass zur Ernte 2007 KUP dem Anbau landwirtschaftlicher Marktfrüchte sowohl auf mittleren als auch auf besseren Standortqualitäten deutlich unterlegen sind. Selbst eine anteilige Förderung der Etablierungskosten kann diese Lücke nicht vollständig schließen. Erst eine Erhöhung des Hackschnitzelpreises um fast 50 Prozent führt zu vergleichbaren Gewinnbeiträgen von KUP und Wintergerste bzw. Winterroggen.

Zu tendenziell ähnlichen Aussagen kommt auch MEIER (2010). Sie vergleicht in einer Fallstudie den Anbau von KUP auf Hohertragsstandorten in Nordrhein-Westfalen mit standorttypischen Fruchtfolgen. In der Grundvariante mit einem unterstellten Hackschnitzelpreis von 45 Euro je Tonne (atro) errechnet sich bei einer Vollkostenbetrachtung eine deutlich negative Annuität. Durch Variation von Anlagekosten, Umtriebszeit, Biomasseertrag und Hackschnitzelpreis werden die Wirkungen auf die Höhe des Gewinnbeitrags untersucht. Es stellt sich heraus, dass die Annuität bei vierjährigem Umtrieb höher ist als bei lediglich zweijähriger Standzeit der Gehölze. Den größten Einfluss auf den wirtschaftlichen Erfolg hat jedoch die Höhe des Hackschnitzelpreises. So können bei Auszahlungspreisen ab 75 Euro je Tonne (atro) zwar positive Annuitäten mit KUP erzielt werden, die Gewinnbeiträge der Marktfrüchte fallen allerdings noch um Einiges höher aus.

Einen ökonomischen Vergleich verschiedener Prozessketten für die Bereitstellung von Hackschnitzeln aus KUP auf Vollkostenbasis stellen HAID und ELTROP (2010) an. Dabei analysieren sie jedes Prozessmodul von der Flächenvorbereitung bis zur Rückwandlung und ermitteln in Abhängigkeit der Nutzungsdauer die jährlich anfallenden Kosten durch Anwendung der Annuitätenmethode. Neben der Bewertung von Standardketten für die Erzeugung von Hackschnitzeln in Pappel- und Weiden-KUP werden zusätzlich für jedes Prozessmodul Variationsmöglichkeiten berücksichtigt. Dies sind unter anderem veränderte Pflanz-, Ernte- und Transporttechniken sowie unterschiedliche Transportdistanzen oder Schlaggrößen. Ein Blick auf die Ergebnisse der Standardketten zeigt, dass die Pappel-KUP aufgrund des deutlich größeren Ertragspotenzials im Vergleich zur Weide trotz höherer

Gesamtkosten, die hauptsächlich durch höhere Pflanzgut-, Transport- und Lagerungskosten hervorgerufen werden, insgesamt besser abschneidet. Ohne Berücksichtigung der Betriebsprämie kann mit Pappel-KUP ein Gewinnbeitrag von rund 230 Euro je Hektar und Jahr erzielt werden, die Weiden-KUP hingegen weist einen jährlichen Verlust von rund 70 Euro je Hektar aus.

FAASCH und PATENAUDE (2012) untersuchen den wirtschaftlichen Erfolg von Pappel-KUP im dreijährigen Umtrieb unter Berücksichtigung von Vollkosten auf der Grundlage verschiedener Bodenqualitäten. Für schwache Standorte mit jährlichen Holzbiomassezuwächsen von 2,5 bis sieben Tonnen (atro) je Hektar ermitteln sie bei einem unterstellten Kalkulationszinssatz von sechs Prozent eine Annuität von -80 Euro je Hektar. Deutlich positiver schneiden KUP hingegen auf mittleren und guten Standorten ab. Bei Erträgen zwischen sechs und zwölf Tonnen (atro) je Hektar und Jahr ergibt sich eine Annuität von 310 Euro je Hektar, bei einem jährlichen Zuwachs von acht bis 16 Tonnen (atro) gar von 690 Euro je Hektar. Beim Vergleich mit den mittleren Gewinnbeiträgen der Kulturen Winterweizen, Wintergerste, Winterroggen und Wintererbsen zeigt sich jedoch, dass KUP nur bei hohen Biomasseerträgen in die Nähe der Konkurrenzfähigkeit der annuellen Kulturen gelangen. So liegen die Gewinnbeiträge der Fruchtfolge auf schwachen Standorten bei rund 230 Euro je Hektar, auf mittleren Standorten bei 460 Euro je Hektar und auf guten Standorten bei 710 Euro je Hektar.

Eine sehr ausführliche Analyse findet sich zudem bei STROHM et al. (2012). Auch hier untersuchen die Autoren den betriebswirtschaftlichen Erfolg von KUP auf Vollkostenbasis im dreijährigen Umtrieb bei einer Standzeit von 21 Jahren auf drei Standorten mit differenziertem Ertragspotenzial in Sachsen-Anhalt (gut), Mecklenburg-Vorpommern (mittel) und Brandenburg (schwach). Die einzelnen Kostenparameter sowie der jährliche Biomasseertragszuwachs und der Hackschnitzelpreis fließen in drei unterschiedlichen Höhen in die Berechnungen ein. Weiterhin erfolgt die Kalkulation mit und ohne Berücksichtigung einer Rückwandlung, da nach Ende der Nutzungsdauer nicht zwingend eine Räumung der Fläche erforderlich ist. Ein Blick auf die insgesamt 54 Kosten-Erlös-Relationen verdeutlicht, dass unter den getroffenen Annahmen in der Mehrzahl der Fälle keine positiven Gewinnbeiträge erzielt werden. So ergibt sich lediglich bei niedrigen Kosten und hohen Hackschnitzelpreisen auf allen Standorten eine positive Annuität zwischen 24 und 279 Euro je Hektar. Für ausgewählte Szenarien wird schließlich die Höhe des Kalkulationszinssatzes von sechs auf drei Prozent reduziert, was zu einer Erhöhung der Annuität um 46 bis 75 Euro je Hektar führt. Der Vergleich zum traditionellen Ackerbau erfolgt durch die Gegenüberstellung der Gewinnbeiträge von KUP und standorttypischen Fruchtfolgen. Generell erzielt der Anbau von KUP nur in knapp 20 Prozent der betrachteten Fälle einen höheren Gewinnbeitrag als die landwirtschaftliche Fruchtfolge. Im Gegensatz zu den Ergebnissen von FAASCH und PATENAUDE (2012: 34) stellen sich die Tendenzen bei STROHM et al. (2012: 34) jedoch in umgekehrter Abfolge dar. Während die Mehrzahl der Gewinndifferenzen zwischen KUP und Ackerbau auf schwachen Standorten zwischen -200 und 100 Euro je Hektar liegt, werden auf guten Ackerflächen deutlich höhere Gewinne mit der Marktfruchtproduktion erzielt. Die Gewinndifferenzen liegen dort bei mehr als der Hälfte der Fälle zwischen -600 und -200 Euro je Hektar.

WAGNER et al. (2012) versuchen mit dem DLG-Merkblatt einen bundeseinheitlichen Standard der ökonomischen Bewertung von KUP zu definieren. Der inhaltliche Schwerpunkt liegt demnach auf der Berechnungsmethodik. Es wird ausführlich dargelegt, warum die Annuitätenmethode als dynamische Investitionsrechnung unter Berücksichtigung der gesamten Produktionskosten (Vollkostenrechnung) dem Deckungsbeitrag aus der Plankostenrechnung vorzuziehen ist. Die in der Beispielrechnung verwendeten Eingangsdaten sind als allgemeine Richtwerte zu verstehen, die an die spezifischen standörtlichen Gegebenheiten anzupassen sind. Die abschließend durchgeführte Sensitivitätsanalyse mit einer jeweils zehnpromzentigen Variation der Eingangsgrößen bekräftigt die Aussage von MEIER (2010: 71), dass neben dem Biomasseertrag vor allem der gezahlte Hackschnitzelpreis den größten Einfluss auf die Höhe des Gewinnbeitrags einer KUP hat.

Den betriebswirtschaftlichen Erfolg von KUP auf Marginalstandorten in Südwestdeutschland analysiert SCHWEIER (2013). Gegenstand der detaillierten Untersuchung ist die Hackschnitzelbereitstellung anhand verschiedener praxisüblicher Erntetechniken (Gehölmähhäcksler, Mähsmmler und Motorsäge). Auf der Grundlage von Zeitstudien werden die Leistungskennwerte für die drei Ernteooptionen erfasst und das Gesamtverfahren schließlich unter Berücksichtigung einheitlicher Annahmen zur Flächenetablierung und Biomasseaufbereitung für jede Erntekette ausgewertet. Die Vollkostenkalkulationen weisen für alle Erntetechniken eine positive Annuität aus, wobei der Einsatz des Gehölmähhäckslers den geringsten und die Ernte mit dem Mähsmmler den höchsten Gewinnbeitrag generiert. Der ökonomische Vorteil der zweistufigen Verfahren resultiert dabei hauptsächlich aus der Erzielung einer höheren Vergütung für die erzeugten Hackschnitzel, da diese im Vergleich zu erntefrischen Fraktionen aus der Ernte mit dem Gehölmähhäcksler deutlich geringere Wassergehalte aufweisen. Eine attraktive Form der Flächenverwertung kann für Landwirte zudem im Anbau von KUP in Eigenleistung zur Versorgung der hofeigenen Hackschnitzelheizung bestehen. Als wirtschaftlich wenig sinnvoll stellen sich hingegen die Etablierung einer Tropfbewässerung bzw. die Variante Bewässerung und Düngung zur Erhöhung des Biomasseertrags auf den Grenzstandorten dar, da die zusätzlichen Kosten den Mehrerlös durch den Ertragszuwachs deutlich übersteigen.

Ergänzend zu den geschilderten Erkenntnissen suchen SCHWEIER und BECKER (2013) nach Möglichkeiten zur Erhöhung der Gewinnbeiträge der verschiedenen Ernteketten im Vergleich zu den Grundannahmen. Beim Verfahren Gehölmähhäcksler kann beispielsweise eine technische Trocknung der erntefrischen Hackschnitzel mit Biogasabwärme zu einer deutlichen Steigerung der Annuität führen. In der Praxis ist diese Option jedoch nur selten ablaufoptimal und somit kostenminimierend in die Prozesskette integrierbar, sodass diese Optimierungsvariante eher als Ausnahme betrachtet werden muss (HÖNER 2014: 30). Gründe sind einerseits die standörtlichen Gegebenheiten, da sich die Biogasanlagen selten in unmittelbarer Nähe der Plantagenflächen bzw. des Hackschnitzelabnehmers befinden. Andererseits fallen die Erntemengen in sehr kurzer Zeit an, was eine direkte Beladung der Trocknungscontainer zur Ernte und die anschließende Trocknung an der Biogasanlage nur bei sehr hohen Trocknungskapazitäten ermöglicht. Besser umsetzbar erscheint die Überlegung, durch Erhöhung der Umtriebszeit von vier auf fünf Jahre die Anzahl der Ernte- und Transportmaßnahmen bei einer gleichbleibenden Gesamtnutzungsdauer von 20 Jahren zu

reduzieren. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass die Erntetechnik aufgrund der stärkeren Schnitthalsdurchmesser auch weiterhin problemlos eingesetzt werden kann. Die Autoren ermitteln durch die Verlängerung der Standzeit höhere Kosten für Ernte und Transport je Maßnahme bei einer gleichzeitigen Reduzierung der Aktivitäten im Verlauf der Bewirtschaftung. Dies führt zu einer Erhöhung der Annuität von ursprünglich 69 Euro je Hektar auf 255 Euro je Hektar (SCHWEIER und BECKER 2013: 498).

Die in SCHWEIER und BECKER (2013) genannte Option der Verlängerung der Standzeit wird von HERING et al. (2013) noch deutlich ausgeprägter in den Fokus gerückt. Hier unterscheiden die Autoren grundsätzlich zwischen den beiden Verfahren vier- und achtjähriger Umtrieb. Für eine aus zeitlicher Perspektive günstige Vergleichbarkeit wird eine Gesamtstandzeit von jeweils 24 Jahren betrachtet. Die im kurzen Umtrieb mit dem Gehölmähmäcksler geernteten Hackschnitzel werden im Dombelüftungsverfahren getrocknet, beim langen Umtrieb erfolgen die Beerntung der Ganzbäume mit Forsttechnik oder Baggern und die anschließende Trocknung am Feltrand. Die Richtwerte der Leistungen und Kosten des Produktionsverfahrens werden für beide Umtriebszeiten sehr ausführlich in REINHOLD und HERING (2013a und 2013b) erläutert. Die Darstellungen erfolgen für jeweils drei Intensitätsstufen, welche auf einer unterschiedlichen Ertragsfähigkeit der Standorte aufgrund einer differenzierten Wasserversorgung und Bodengüte beruhen. Beim kurzen Umtrieb können laut HERING et al. (2013: 22) bei einer Vollkostenbetrachtung ohne Berücksichtigung von Betriebsprämie und Zinsaufwand keine positiven Gewinnbeiträge erzielt werden (Verluste zwischen -339 und -312 Euro je Hektar). Mit dem Anbau von KUP im achtjährigen Umtrieb sind hingegen, je nach Ertragsfähigkeit des Standorts, Gewinnbeiträge zwischen 31 und 208 Euro je Hektar möglich (HERING et al. 2013: 23).

Eine andere Reihenfolge bezüglich des Vergleichs von kurzen und längeren Umtrieben ermitteln PECENKA et al. (2014b) in ihrer Analyse. Zwar wird hier ausschließlich das Augenmerk auf die Erntekosten gelegt, jedoch liegen diese für den dreijährigen Umtrieb und eine Beerntung mit Feldhäcksler oder Anbau-Mähacker deutlich unter denen für die achtjährige Umtriebszeit (Fäller-Bündler und Motorsäge). Da für alle Varianten ein identischer jährlicher Biomassezuwachs von zehn Tonnen (atro) unterstellt wird, führen auch die geringeren Etablierungskosten aufgrund reduzierter Pflanzanzahlen beim längeren Umtrieb kaum zu einer Verschiebung der Vorteilhaftigkeit. Allerdings können bei Erzielung einer deutlich höheren Vergütung für die aus den Ganzbäumen nach Zwischenlagerung erzeugten Hackschnitzel im Vergleich zur erntefrischen Ware die zweistufigen Verfahren aus ökonomischer Sicht durchaus konkurrenzfähig werden.

STOLL und BURGER (2016) vergleichen die Erntekosten unterschiedlicher Erntesysteme beim fünf- bis zwölfjährigen Umtrieb auf bayerischen Versuchsflächen. Dabei unterteilen sie die ermittelten Kosten für die Bereitstellung von Hackschnitzeln frei Feld in die Arbeitsschritte Fällen, Rücken und Hacken. Es zeigt sich, dass die motormanuelle Ernte die geringsten Erntekosten verursacht, unwesentlich höhere Kosten entstehen beim Einsatz von Sammelaggregaten am Kettenbagger. Aufgrund des höheren Stundensatzes des Harvesters im Vergleich zum Bagger steigen die Fäll- und somit die Erntekosten bei der Ernte mit Harvester und Sammelaggregat. Am ungünstigsten schneiden für den Einsatz im Hochwald konzipierte Harvesteraggregate am Harvester ab, da diese nicht über eine entsprechende Sammelfunktion

Tabelle 3.1: Zusammenfassende Darstellung zur Wirtschaftlichkeit von KUP (Auswahl)

Autor	Kostenbasis	Methode	Ergebnisse KUP	Vergleich mit Ackerfrüchten
KÜPPERS et al. (1997)	Vollkosten (ohne Flächenkosten)	Annuität	Annuität Pappel zwischen 50 und 350 DM/ha; je nach Szenario (Erträge, Erlöse Hackgut) Zinsfuß 3,5 % Umtrieb (U): 3 Jahre, Nutzungsdauer (ND): 21 Jahre	Vergleich mit Getreide und Ölsaaten; Ermittlung von Deckungsbeiträgen
PALLAST et al. (2005)	Vollkosten (ohne Transportlogistik)	Annuität (teilweise)	Produktionskosten zwischen 58 und 72 €/t _{atro} Hackschnitzel; je nach Szenario (Pflanzgutkosten, Auslastung Erntemaschine) Zinsfuß 5,0 % U: 3 Jahre, ND: 20 Jahre	nein
KRÖBER et al. (2009)	Vollkosten	Annuität	Annuität Pappel zwischen -200 und 400 €/ha; je nach Szenario (Bewirtschaftungskosten, Erträge, Erlöse Hackgut) Zinsfuß 6,0 % U: 3 Jahre, ND: 21 Jahre	Vergleich mit Winterroggen und Wintergerste; Ermittlung von kalkulatorischen Gewinnbeiträgen
MEIER (2010)	Vollkosten	Annuität	Annuität Pappel zwischen -225 und 825 €/ha; je nach Szenario (Pflanzgutkosten, Erträge, Erlöse Hackgut, Förderung) Zinsfuß 4,2 % U: 4 Jahre, ND: 20 Jahre	Vergleich mit landwirtschaftlichen Fruchtfolgen (z. B. Winterweizen - Kartoffeln - Zuckerrüben - Mais); Ermittlung von Annuitäten
HAID und ELTROP (2010)	Vollkosten	Annuität	Annuität Pappel 230 €/ha, Annuität Weide -70 €/ha Zinsfuß 6,0 % U: 4 Jahre, ND: 20 Jahre	nein
FAASCH und PATENAUDE (2012)	Vollkosten	Annuität	Annuität Pappel zwischen -80 und 690 €/ha; je nach Szenario (Erträge) Zinsfuß 6,0 % U: 3 Jahre, ND: 24 Jahre	Vergleich mit Getreide und Ölsaaten; Ermittlung von Annuitäten
STROHM et al. (2012)	Vollkosten	Annuität	Annuität Pappel zwischen -406 und 279 €/ha; je nach Szenario (Bewirtschaftungskosten, Erträge, Erlöse Hackgut, mit/ohne Rückwandlung) Zinsfuß 6,0 % U: 3 Jahre, ND: 21 Jahre	Vergleich mit landwirtschaftlichen Fruchtfolgen in Abhängigkeit der Bodengüte; Ermittlung von kalkulatorischen Gewinnbeiträgen
WAGNER et al. (2012)	Vollkosten	Annuität	Annuität Pappel 406 €/ha (Beispielkalkulation) Zinsfuß 3,5 % U: 3 Jahre, ND: 24 Jahre	nein
SCHWEIER (2013)	Vollkosten	Annuität	Annuität Pappel 69 €/ha bei Ernte Gehölmähähäcksler und 288 €/ha bei Ernte Mähssammler Zinsfuß 5,0 % U: 4 Jahre, ND: 20 Jahre	nein

Quelle: eigene Darstellung

verfügen. Während die Arbeitsschritte Rücken und Hacken kaum Kostenunterschiede in Abhängigkeit der Umtriebszeit offenbaren, verringern sich die Kosten beim Fällen mit Verlängerung der Standzeit von sechs auf zwölf Jahre um rund 40 Prozent beim Einsatz des Sammelaggregats am Kettenbagger bzw. 60 Prozent bei der manuellen Ernte mit der Motorsäge.

3.3 Ökologie von KUP

Die ökologische Bewertung der Energieholzerzeugung in Kurzumtriebsplantagen ist ein sehr komplexes Thema, welchem sich in der Vergangenheit zahlreiche Forschungsprojekte und Studien gewidmet haben. Eine ausführliche Zusammenstellung hierzu findet sich beispielsweise bei NABU und B&P (2012: 4f).

In dieser Arbeit soll lediglich ein allgemeiner Überblick zur ökologischen Beurteilung des Produktionsverfahrens gegeben werden.

Der NABU (2008) beschäftigt sich in seiner Studie zu den Chancen und Risiken der Energieholzproduktion auf landwirtschaftlichen Flächen aus ökologischer Sicht sehr ausführlich mit den möglichen positiven und negativen Auswirkungen von KUP auf Natur und Landschaft. Hinsichtlich der Bodenökologie werden verglichen mit dem konventionellen Ackerbau vor allem die Positivwirkungen wie die Extensivierung der Bodenbearbeitung, der verringerte Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln, die erhöhte Bindung von Hauptnährstoffen sowie Spuren- und Schadstoffen, die Reduzierung der Lachgasemissionen, eine erhöhte Kohlenstoffbindung und Humusbildung sowie ein verbesserter Erosionsschutz und die Förderung des Bodenlebens hervorgehoben. Negativ bewertet werden hingegen die schubartige Nährstofffreisetzung bei der Etablierung bzw. Rückwandlung der Gehölzfläche, eine mögliche Versauerung des Oberbodens verbunden mit der Auswaschung von Nährstoffen, die Verringerung der Grundwasserneubildungsrate infolge eines gesteigerten Wasserverbrauchs sowie eine erhöhte Emission atmosphärischer Stoffe (NABU 2008: 20ff). Bezüglich der Phytodiversität können KUP in wenig bewaldeten, ausgeräumten Agrarlandschaften mit hauptsächlich ackerbaulicher Nutzung eine Bereicherung darstellen, da in solchen Regionen bereits nach kurzer Zeit eine größere Pflanzenvielfalt im Vergleich zur vorherigen Nutzung des Ackerlands vorzufinden ist (NABU 2008: 34ff). Ähnliche Aussagen lassen sich zur Tierartenvielfalt treffen (NABU 2008: 41ff). Insgesamt zeigt sich, dass die Artenzusammensetzung in einer KUP maßgeblich von der Standzeit der Plantage abhängt. So finden sich in KUP mit kurzen Umtriebszeiten hauptsächlich lichtbedürftige Pflanzen bzw. Offenlandarten, in Plantagen mit längeren Umtriebszeiten siedeln sich hingegen zunehmend Waldarten an. In der abschließenden landschaftsökologischen Betrachtung werden vor allem positive Aspekte zu möglichen Schutzfunktionen hervorgehoben. So können KUP speziell in Regionen mit hohen Nährstoffeinträgen, einer hohen Viehdichte sowie hohen Sickerwasser- oder Erosionsraten einen Beitrag zum Schutz des Grundwassers leisten. Zudem dient eine gezielte Anlage auf erosionsgefährdeten Standorten sowie in der Nähe von Fließgewässern oder an Hangkanten den Zielen des Erosionsschutzes. Weiterhin eignen sich KUP bei sinnvoll geplanter Anlage neben einer klimatischen Ausgleichsfunktion auch zur Erfüllung von Abflussregulations-, Lebensraum-, Landschaftserlebnis- und Ertragsfunktionen (NABU 2008: 54ff).

Die Erkenntnisse der NABU-Studie zur Bodenökologie untermauern BAUM et al. (2009a). Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass KUP auf ehemaligen Ackerbaustandorten durch den Verzicht auf regelmäßige Bodenbearbeitungsvorgänge diverse bodenökologische Verbesserungen mit sich bringen (z. B. erhöhte Kohlenstoffspeicherung, Phytoremediation kontaminierter Böden). Unklarheit besteht allerdings über die zeitliche Wirksamkeit sowie die Nachhaltigkeit dieser positiven Veränderungen bei der Rückkehr zur konventionellen ackerbaulichen Nutzung.

BAUM et al. (2009b) stellen in Bezug auf die Phytodiversität fest, dass vor allem die Vielfältigkeit der Umgebung einen entscheidenden Einfluss auf die Besiedlung einer KUP hat. Dabei machen sie deutlich, dass kleinstrukturierte Plantagen mit langen Randbereichen die Artenzusammensetzung im Vergleich zu größeren Plantagen befördern. Der Artenreichtum einer KUP ist in der Regel höher als der von Ackerflächen und Nadelwäldern, jedoch geringer als der von alten, gemischten Laubwäldern. Grundsätzlich wird davon abgeraten, KUP in Gebieten mit Vorkommen an seltenen Pflanzenarten sowie in unmittelbarer Nähe von Seen und Flüssen zu etablieren.

MÜLLER-KROEHLING (2015: 24) betont den potenziellen Nutzen von KUP in ausgeräumten Agrarlandschaften zur Schaffung von Strukturen für eine Biotopvernetzung. Wo dauerhafte Nutzungsänderungen wie die Etablierung von Wäldern oder Hecken nicht gewünscht sind, können KUP zumindest für eine temporäre Vernetzung sorgen und so einer genetischen Verarmung und dem oftmals damit verbundenen mittelfristigen Aussterben von Tierarten in isolierten Waldgebieten entgegenwirken.

Basierend auf einer Vielzahl an Studien sowie eigener Untersuchungen weisen NABU und B&P (2015: 32) in einem Handlungsleitfaden zur naturverträglichen Anlage und Bewirtschaftung von KUP folgende Flächenkategorien aus, die aus ökologischer Sicht besonders für die Anlage von KUP geeignet sind:

- ausgeräumte Ackerbaustandorte
- durch Wasser- oder Winderosion gefährdete Flächen
- stark vorbelastete Areale wie Deponien oder Rohstoffabbaugebiete
- Wasserschutzgebiete
- Hochwasserentstehungsgebiete.

Hingegen sollte der Anbau von KUP in den nachfolgend aufgeführten Gebietskulissen grundsätzlich nicht in Erwägung gezogen werden:

- Areale mit empfindlichem Grundwasserstand
- hochwertige Grünlandstandorte mit großer biologischer Vielfalt
- naturschutzfachlich bedeutsame Kulissen (z. B. Feuchtwiesen, Bachauen, Offenlandbereiche)
- Biotope mit Schutzstatus.

Besonders positive Effekte auf den Naturhaushalt und die Landschaft insgesamt werden durch diese Besonderheiten bei der Gestaltung der KUP erwartet (NABU und B&P 2015: 37):

- Belassen von Bestandslücken bei der Plantagenetablierung
- Anlage von Randsäumen mit Blühstreifen oder Selbstbegrünung
- Anlage bzw. Integration bereits vorhandener Strauchmängel
- Teilflächenbeerntung der KUP
- Integration heimischer und standortangepasster Gehölze
- Anlage von KUP-Streifen auf dem Ackerschlag.

Auf einige dieser Aspekte wird in Kapitel 5.1.4 im Rahmen der ökonomischen Berechnungen noch einmal ausführlicher Bezug genommen.

Eine weitere Bewertung von KUP aus naturschutzfachlicher Sicht unter Berücksichtigung der Besonderheiten bei der Plantagengestaltung kann mit Hilfe der Managementsoftware MANUELA erfolgen. Hier werden anhand verschiedener Module unter anderem Kriterien zur Biodiversität sowie zum Landschaftsbild für die Komponenten KUP und KUP-Streifen erfasst und entsprechend ihrer tatsächlichen Ausprägung eingeschätzt. Detaillierte Informationen hierzu finden sich bei BOLL et al. (2014: 108ff).

4 Material und Methoden

4.1 Beschreibung der untersuchten Verfahrensketten

4.1.1 Allgemeine Anmerkungen

Die hier aus ökonomischer Sicht bewerteten Verfahrensketten der Hackschnitzelerzeugung aus KUP beruhen allesamt auf einer Grundvariante mit verschiedenen Teilvarianten. Zum Einsatz kommt die Baumart Pappel, wobei die Stekhölzer nach erfolgter Flächenvorbereitung durch Pflug und Egge maschinell in Einzelreihe gepflanzt werden. Beim Pflanzverband erfolgt in Bezug auf die Umtriebszeit eine Zweiteilung. So wird für den vierjährigen Umtrieb eine Pflanzdichte von 10.000 Bäumen je Hektar angenommen, beim achtjährigen Umtrieb reduziert sich diese auf genau die Hälfte. Die Pflege während der Etablierungsphase der KUP erfolgt sowohl chemisch als auch mechanisch. Bezüglich der Beerntung kommen beim vierjährigen Umtrieb der Feldhäcksler, der Mähacker sowie der Mähsammler zum Einsatz, beim achtjährigen Umtrieb werden die Gehölze mittels Harvester oder Motorsäge gefällt und auf der Fläche abgelegt. Hier erfolgt zusätzlich eine Unterteilung der Abläufe nach einer sofortigen Hackschnitzelerzeugung durch das Hacken der Ganzbäume mit einem mobilen Großhacker direkt nach dem Fällen noch im Bestand sowie einer Zwischenlagerung der Ganzbäume am Feldrand durch Rückung mit einem Forwarder bzw. einem Teleskoplader und anschließender Hackschnitzelerzeugung. Auch beim Einsatz des Mähsammlers beim vierjährigen Umtrieb werden die Ganzbäume nach einer Zwischenlagerung am Feldrand gehackt (s. Abbildung 4.1).

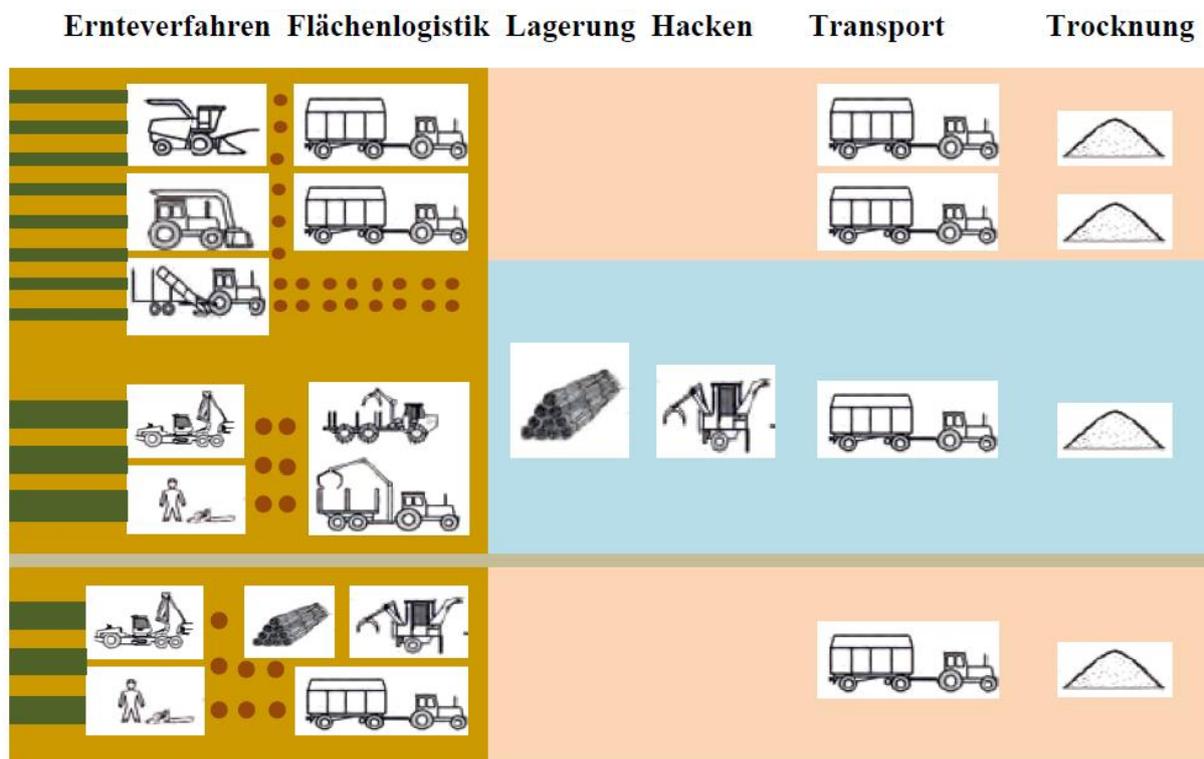


Abbildung 4.1: Untersuchte Verfahrensketten zur Hackschnitzelerzeugung aus KUP

Quelle: eigene Darstellung

Um eine Vergleichbarkeit der verschiedenen Verfahren der Hackschnitzelerzeugung gewährleisten zu können, wird jeweils ein Transport zum Abnehmer (Biomassehof) über 20 Kilometer Entfernung unterstellt (s. Anhang 4.1). Auf dem Biomassehof ist zusätzlich eine Lohntrocknung der Hackschnitzel möglich, sodass die ökonomische Bewertung sowohl für erntefrische Fraktionen mit einem Wassergehalt von 55 Prozent als auch für getrocknete Sortimente mit 35 bzw. 15 Prozent Wassergehalt durchgeführt werden kann.

Nach einer Nutzungsdauer von 24 Jahren erfolgt zudem die Rückwandlung der Plantagenfläche durch den Einsatz von Mulch- und Rodungsfräsen, um eine problemlose Folgenutzung mit annuellen Kulturen zu ermöglichen.

4.1.2 Verfahrenskette Feldhäcksler

Der Einsatz landwirtschaftlicher Feldhäcksler mit speziellen Schwachholzvorsätzen hat sich als praxistaugliche Lösung etabliert, eine zusammenfassende Marktübersicht liefert HEINRICH (2015). Die Bäume mit einem Schnitthalsdurchmesser von maximal 15 Zentimetern werden in einem Arbeitsgang vom Stock getrennt und im Häckselaggregat zerkleinert. Anschließend wird das Hackgut über den Auswurf auf einen Anhänger übertragen, welcher sich direkt an der Erntemaschine befindet oder von einer Zugmaschine im Parallelverfahren gezogen wird (SCHOLZ et al. 2009: 74). Das erzeugte Erntegut weist je nach Messeranzahl der Hacktrommel Partikelgrößen zwischen 16 und 45 Millimetern auf, was einer Qualität P45 (CEN/TS 14961) entspricht (PECENKA et al. 2014b: 6).

Je nach Flächengröße, Zuschnitt, Pflanzsystem und Biomassebestand können Ernteleistungen zwischen 0,5 und einem Hektar je Stunde erzielt werden. Bei Feldstudien mit einem New Holland lag die mittlere Flächenleistung bei 0,77 Hektar je Stunde reine Arbeitszeit (SCHWEIER und BECKER 2012c: 86), auf ähnliche Ergebnisse verweisen auch NAHM et al. (2013: 38).

Bereits vor der Etablierung der KUP sind bei einer geplanten Ernte mit einem selbstfahrenden Feldhäcksler einige Aspekte zu beachten. So sollte die Fläche grundsätzlich mit der schweren Erntetechnik befahrbar sein und keine zu große Hangneigung aufweisen. Weiterhin wird in der Literatur ein Reihenabstand von mindestens 1,50 Meter empfohlen. Erfahrungen aus der Praxis zeigen allerdings, dass dieser besser zwischen zwei und drei Metern liegen sollte, um vor allem auch das Risiko für auftretende Reifenschäden zu minimieren (NAHM et al. 2013: 39). Entscheidend ist zudem die Berücksichtigung ausreichend dimensionierter Rangier- und Wendeflächen an den Plantagenrändern. LANDGRAF und SETZER (2012: 16) empfehlen Breiten für das Vorgewende zwischen vier und zehn Metern. Aus Sicht einer günstigen Technikauslastung sollte die Erntefläche bzw. der Flächenverbund in unmittelbarer Umgebung mindestens fünf Hektar groß sein (GROBE et al. 2013: 69).

Für die Berechnungen wird eine Flächenleistung des Feldhäckslers von 0,7 Hektar je Stunde unterstellt, was einem Risikoabschlag von rund zehn Prozent im Vergleich zu den von SCHWEIER und BECKER (2012c) ermittelten Werten entspricht, verfahrensbedingt auftretende Ernteverluste werden mit fünf Prozent angenommen (SCHMIDT 2011: 29; SCHWEIER 2013: 52). Die erntefrische Biomasse mit einem Wassergehalt von 55 Prozent wird

auf einen von einem Traktor gezogenen Häckselguttransportwagen mit einem Ladevolumen von 40 Kubikmetern übertragen und über eine Entfernung von 20 Kilometern direkt bis zum Biomassehof transportiert. Bezogen auf die Untersuchungsregion Sachsen sind im praktischen Einsatz je nach Ertragsfähigkeit des Standorts und betrachtetem Umtrieb (nicht-linearer Ertragsverlauf während der Standzeit) zwei bis neun Transportgespanne im rotierenden Einsatz erforderlich.

4.1.3 Verfahrenskette Mäh Hacker

Die Entwicklung praxistauglicher Mäh Hacker für den direkten Anbau an Standardtraktoren im Front- oder Heckanbau ist in der jüngeren Vergangenheit weit vorangeschritten. Der Erntevorgang entspricht dem des Feldhäckslers, einige Maschinen (Schneckenhacker) arbeiten dabei ohne Vorspannung, wodurch mögliche Schäden an den Wurzelstöcken der Gehölze vermieden werden können. Die Einsatzgrenze liegt wie beim Feldhäckslers bei etwa 15 Zentimeter Schnitthalsdurchmesser, aus finanzieller Sicht ist die Anschaffung jedoch bedeutend günstiger (PECENKA et al. 2014b: 6). Im Vergleich zum Feldhäckslers ist das erzeugte Hackgut mit Partikellängen von 20 bis 100 Millimetern etwas grobstückiger, was ein günstigeres Lagerungs- und Trocknungsverhalten bewirkt, fällt allerdings ebenfalls in die Klassifizierung P45 (PECENKA et al. 2014a: 16).

Die Flächenleistung des Mäh Hackers ist etwas geringer als die des Feldhäckslers, PECENKA et al. (2014b: 8) geben diese mit 0,42 Hektar je Stunde an.

Im Vergleich zum Feldhäckslers sind die Anforderungen an die Flächengestaltung deutlich geringer. Natürlich sollte auch hier eine generelle Befahrbarkeit der Fläche gewährleistet sein, ein Einsatz ist aufgrund der besseren Wendigkeit und reduzierter Umsetzzeiten aber auch auf kleineren Parzellen sinnvoll möglich.

Im Rahmen der Kalkulationen wird eine Flächenleistung von 0,5 Hektar je Stunde angenommen. Diese Produktivität hat sich laut PECENKA (2015a) in Praxisernten im Winter 2014/2015 als sehr zuverlässig erreichbarer Wert bestätigt. Der weitere Ablauf der Verfahrenskette entspricht dem beim Einsatz des Feldhäckslers, auch die Berücksichtigung der Ernteverluste erfolgt in gleicher Größenordnung. Aufgrund der etwas geringeren Ernteleistung je Zeiteinheit werden auf den sächsischen Flächen für den Transport der erntefrischen Hackschnitzel zum Biomassehof zwei bis sieben Transportgespanne benötigt.

4.1.4 Verfahrenskette Mähsammler

Bei Mähsammlern (z. B. Stemster MK III) handelt es sich um Spezialmaschinen, die bisher vor allem in Nordeuropa entwickelt wurden und für die Ernte von Weidenplantagen zum Einsatz kamen. Aufgrund der Fähigkeit zur Beerntung ähnlicher Stammdimensionen (15 bis maximal 20 Zentimeter Schnitthalsdurchmesser) wie Feldhäckslers oder Mäh Hacker sind die Geräte ebenfalls für die Ernte von Pappeln im kurzen Umtrieb geeignet (SCHWEIER 2013: 14f; VANBEVEREN et al. 2015: 11). Die Erntemaschine wird an einen Standardtraktor angehängt und fällt die Bäume mit Hilfe von zwei sich gegenläufig zur Mitte hin drehenden Sägeblättern während der Fahrt. Über Förderketten gelangen die Bäume auf die Ladefläche, welche je nach Baumdimension und Pflanzverband 100 bis 500 laufende Meter Pappelreihe aufnehmen kann

(GROßE et al. 2013: 66f). Anschließend erfolgt eine Ablage der Bäume am Feldrand bzw. bei längeren Pflanzenreihen auch gebündelt auf der Fläche. In diesem Fall ist ein unverzüglicher Abtransport der Bäume von der Fläche notwendig, damit der Wiederaustrieb aus den Wurzelstöcken nicht behindert wird. Zur Reduzierung des Wassergehalts empfiehlt sich vor dem Hacken eine Zwischenlagerung am Feldrand, wobei der Lagerplatz möglichst wind- und sonnenexponiert gewählt werden sollte, um einen optimalen Trocknungsverlauf zu gewährleisten. Im Anschluss erfolgt das Hacken der Ganzbäume mit einem mobilen Großhacker samt direkter Übergabe der Hackschnitzel auf einen Transportanhänger.

Die Maschinen sind in Deutschland bisher nicht verfügbar, für Untersuchungen und Praxisernten erfolgte daher jeweils ein Import aus Dänemark. Nach SCHWEIER und BECKER (2012a: 293) liegt die Flächenleistung bei 0,54 Hektar je Stunde reine Arbeitszeit, wobei sich Unterschiede bei der Flächengröße, dem Hektarertrag, der Baumart, der Reihengänge oder des Pflanzverbands kaum bemerkbar machen. Lediglich großzügig bemessene Wendemöglichkeiten an den Reihenden scheinen die Flächenleistung tendenziell positiv zu beeinflussen. PECENKA et al. (2014b: 8) weisen bezüglich der Produktivität eine Spannbreite von 0,67 bis 0,75 Hektar je Stunde aus, wobei aus den Angaben nicht ersichtlich wird, ob die Entladung auf der Fläche oder am Feldrand stattfindet.

Die in SCHWEIER und BECKER (2012a: 293) getroffenen Schlussfolgerungen zur Flächenproduktivität können grundsätzlich auch als Empfehlung für die Plantagengestaltung verstanden werden. Ist die Ernte mit einem Mähmähdrescher vorgesehen, sollten die Pflanzreihen nicht zu lang gewählt werden, damit die Maschine jeweils am Ende der Reihe entladen werden kann und eine mit zusätzlichem Logistikaufwand verbundene Entladung auf der Fläche vermieden wird. Weiterhin sind für eine zügige Entladung sowie schnelle Wendevorgänge ausreichend breite Vorgewende zu berücksichtigen.

Für die Berechnungen der Erntekette Mähmähdrescher wird die bei SCHWEIER und BECKER (2012a: 293) angegebene Flächenleistung von 0,54 Hektar je Stunde übernommen, ebenso der unterstellte Ernteverlust von fünf Prozent (SCHWEIER 2013: 52). Es erfolgt eine Zwischenlagerung der Ganzbäume am Feldrand bis zu einer Reduzierung des Wassergehalts auf etwa 35 Prozent. Anschließend werden die Bäume mit einem Mobilhacker zu Hackschnitzeln verarbeitet. Während der Zwischenlagerung treten Lagerverluste in Höhe von fünf Prozent auf, die Biomasseverluste beim Hacken werden mit einem Prozent berücksichtigt (BÄRWOLFF und HERING 2012: 7ff). Die Hackschnitzel werden anschließend mit der üblichen Logistik zum Biomassehof transportiert. Da es sich hier um ein gebrochenes Verfahren handelt, hat der Biomassertrag keinen Einfluss auf die benötigte Anzahl an Transporteinheiten. Diese ist lediglich abhängig von der Durchsatzleistung des Hackers und liegt für die Untersuchungsregion Sachsen in allen Fällen bei fünf Gespannen.

4.1.5 Verfahrenskette Harvester

Für die Ernte von Pappeln im achtjährigen Umtrieb sind die bisher beschriebenen Ernteverfahren nicht geeignet, da die Schnitthalsdurchmesser von 15 bis 20 Zentimetern teilweise deutlich übertroffen werden. Daher ist an dieser Stelle der Einsatz von forstlicher Holzertetechnik sinnvoll, beispielsweise in Form von leistungsfähigen Harvestern mit Fällerbündler-Köpfen (Sammelaggregaten). Mittels angebrachter Greifklauen können so mehrere

Bäume hintereinander gegriffen, abgeschnitten und schließlich als Bündel abgelegt werden (PECENKA et al. 2014b: 8). Nach dem Fällen der Bäume erfolgt anschließend das Rücken zum Lagerplatz, beispielsweise mit einem Forwarder. Schließlich werden die Ganzbäume mit einem Großhacker zu Hackschnitzeln (Wassergehalt 35 Prozent) verarbeitet (s. Kapitel 4.1.4).

Zur Bewirtschaftung von KUP in längeren Umtrieben existieren bisher nur wenige großflächige Versuche, entsprechend gering ist die Datengrundlage zur Produktivitätsangabe der eingesetzten Technik. STOLL und BURGER (2012) ermittelten beim Einsatz eines Harvesters mit Fäller-Bündler-Aggregat beim fünfjährigen Umtrieb auf Versuchsflächen in Bayern eine Stundenleistung von 450 gefällten Bäumen, die gebündelt auf der Fläche abgelegt wurden. Der anschließend eingesetzte Forwarder konnte aufgrund der vorkonzentrierten Stammablage und kurzer Rückedistanzen sehr effektiv arbeiten und rückte innerhalb einer Stunde knapp 1.670 Bäume. Untersuchungen von SPINELLI et al. (2012: 321) sowie SCHWEIER et al. (2015: 90) auf Versuchsflächen in Italien zeigen deutlich geringere Ernteproduktivitäten von 160 bzw. 150 Bäumen je Stunde. Allerdings erfolgte das Fällen mit einfachen Fällköpfen ohne Bündelfunktion, zudem waren die Plantagen durch deutlich geringere Pflanzdichten gekennzeichnet, was den Anteil an unproduktiven Zeiten entsprechend erhöhte.

Bezüglich der Plantagengestaltung sind ausreichend breite Reihenabstände zu beachten, damit der Harvester möglichst direkt über die zu fallenden Baumreihen fahren kann. Dies reduziert die Kranarbeit sowie zusätzliches Rangieren (STOLL und BURGER 2012: 19). Aufgrund der reduzierten Pflanzdichte von 5.000 Bäumen je Hektar sollte diese Forderung recht problemlos umgesetzt werden können.

Im Rahmen der Kalkulationen wurden die aus STOLL und BURGER (2012: 19f) ermittelten Flächenleistungen für Ernte und Rücken inklusive eines Risikoabschlags von jeweils zehn Prozent übernommen. Daraus ergibt sich eine unterstellte Ernteproduktivität von 405 Bäumen je Stunde sowie eine stündliche Rückeleistung von 1.500 Bäumen. Die während der Ernte und dem Rücken auftretenden Biomasseverluste werden mit insgesamt sieben Prozent berücksichtigt, die Verluste während der Zwischenlagerung sowie beim Hacken kommen in identischer Höhe wie bei der Verfahrenskette Mähsammler zur Anrechnung. Die Stundenleistung des Hackers wird mit einem Durchsatz von 125 Schüttraummetern angenommen (STOLL und BURGER 2012: 19), beim vierjährigen Umtrieb erfolgt eine Reduzierung dieser aufgrund geringerer Baumdurchmesser und Stapelhöhen um fünf Prozent. Trotz dieser etwas höheren Stundenleistung beim Hacken werden ebenfalls fünf Transportgespanne benötigt.

Bei der direkten Hackschnitzelerzeugung (Wassergehalt 55 Prozent) im Bestand erfolgt das Hacken der Ganzbäume sofort nach dem Fällen, daher werden weder Rücke- noch Lagerverluste berücksichtigt. Allerdings reduziert sich die Hackerleistung um zehn Prozent im Vergleich zum Einsatz am Feldrand (Polter), da die Bäume lediglich auf kleinen Haufen vorkonzentriert sind und so ein häufigeres Umsetzen notwendig wird. Trotz der verringerten Produktivität des Hackers werden in der sächsischen Untersuchungsregion dennoch fünf Gespanne für den Transport der erntefrischen Hackschnitzeln zum Biomassehof benötigt.

4.1.6 Verfahrenskette Motorsäge

Im Unterschied zu allen bisher untersuchten Verfahren, bei denen die Arbeitsproduktivität der Erntemaschine im Vordergrund stand, hängt die Leistungsfähigkeit bei der motormanuellen Ernte in erster Linie vom ausführenden Personal ab. In der Forstwirtschaft spielt die Holzernte mit der Motorsäge nach wie vor eine wichtige Rolle, im Bereich der KUP-Ernte wurde dieses Verfahren bisher nur für Kleinstflächen oder dauerhaft vernässte Standorte in Betracht gezogen (NEUMANN 2013; PECENKA et al. 2014b: 8). Die Beerntung der Pappeln erfolgt durch den sogenannten Fälltrupp (Zwei-Mann-Trupp), bestehend aus Motorsägenführer und Fällgabelführer. Die Bäume werden mit der Motorsäge vom Stock getrennt und mit Hilfe der Fällgabel in die gewünschte Fällrichtung gelenkt (BURGER 2010: 47). Anschließend nimmt ein Teleskoplader mit Rundholzzange oder ein Traktor mit Forstanhänger die gefällten Bäume auf und transportiert diese zum Lagerplatz am Plantagenrand. Nach erfolgter Zwischenlagerung kommt ein mobiler Hacker zum Einsatz, die erzeugten Hackschnitzel mit einem Wassergehalt von 35 Prozent werden zum Biomassehof transportiert.

Hinsichtlich der Flächengestaltung ist lediglich zu beachten, dass bei der Ernte ausreichend Platz für ein ungehindertes zu Fall bringen der Bäume vorhanden ist. Vorgewende, wie beim Einsatz von Großtechnik, müssen in der Regel nicht berücksichtigt werden.

Die erbrachte Produktivität hängt in entscheidendem Maße von den spezifischen Eigenschaften der KUP-Fläche (z. B. Standort, Relief, Pflanzverband und Umtriebszeit) sowie der Leistungsfähigkeit und Motivation der ausführenden Personen ab. Die Ergebnisse der Untersuchungen von BURGER (2010: 52 und 56) sowie SCHWEIER und BECKER (2012b: 161f) können an dieser Stelle lediglich als Orientierung dienen, da diese Arbeitszeitstudien jeweils für kurze Umtriebszeiten zwischen zwei und fünf Jahren und teilweise deutlich höhere Pflanzdichten durchgeführt wurden. Die Verfahrenskette wird nachfolgend für Bestände mit 5.000 Bäumen je Hektar und acht Jahren Umtriebszeit beurteilt. Für die Berechnung wird daher auf eigene Annahmen zurückgegriffen, die aus Sicht des Autors durchaus nicht übertrieben optimistisch erscheinen. Die Ernteleistung beim Fällen wird mit 240 Bäumen je Stunde beim ersten Umtrieb und mit 120 Bäumen bzw. Stöcken je Stunde ab dem zweiten Umtrieb angenommen. Grund für die deutliche Reduzierung der Produktivität ist der mehrtriebige Aufwuchs nach der ersten Ernte. Da das Rücken unmittelbar an die Fälltätigkeit gekoppelt ist, beträgt die Stundenleistung im ersten Umtrieb hier ebenfalls 240 Bäume. Diese soll nach Möglichkeit auch in den Folgeumtrieben erzielt werden. Damit dies umgesetzt werden kann, arbeiten ab dem zweiten Umtrieb zwei Fälltrupps auf der Fläche. Die Leistung des Hackers sowie die Ernte-, Rücke-, Lager- und Hackverluste unterliegen den gleichen Annahmen wie bei der Verfahrenskette Harvester, entsprechend werden für die Biomasselogistik vom Feldrand bis zum Abnehmer in der Untersuchungsregion fünf Transportgespanne benötigt.

Bei der sofortigen Hackschnitzelerzeugung (Wassergehalt 55 Prozent) direkt nach dem Fällen reduziert sich die Stundenleistung des Hackers im Vergleich zum Einsatz am Feldrand um 15 Prozent, da die Bäume ohne Vorkonzentration einzeln auf der Fläche verteilt liegen.

Dennoch werden, wie bei allen anderen zweistufigen Verfahren auch, insgesamt fünf Transporteinheiten im rotierenden Umlauf benötigt.

4.2 Datenerhebung

4.2.1 Grundsätzliche Annahmen

Bevor genauer auf die Eingangsdaten der Berechnungen Bezug genommen wird, sollen an dieser Stelle einige wichtige Grundannahmen vorangestellt werden. Diese sind generell für alle nachfolgenden Kalkulationen gültig.

Baumart

Wie bereits im zweiten Kapitel ausführlich beschrieben, kommen in Deutschland vor allem die Baumarten Pappel, Weide und Robinie für die Bewirtschaftung von KUP zum Einsatz. Laut HERING et al. (2013: 11) sind aufgrund ihrer ausgezeichneten Wuchsleistung speziell Pappeln, und hier im Besonderen die Gruppe der Balsampappeln sowie deren Hybride, sowohl im kurzen als auch im längeren Umtrieb für den Biomasseanbau prädestiniert. Vor diesem Hintergrund erfolgen alle hier durchgeführten Berechnungen jeweils für KUP mit Pappeln.

Schüttdichte

Aufgrund der teilweise sehr unterschiedlichen Verwendung von Maßeinheiten ist es erforderlich im Vorfeld der Berechnungen genaue Umrechnungsfaktoren zu definieren. So erfolgt beispielsweise die Angabe des Biomassertrags in Tonne (atro) je Hektar oder die Ausweisung der Gewinnbeiträge in Euro je Tonne (atro), die Durchsatzleistung des Hackers sowie die Ladekapazität der Transportanhänger jedoch in Schüttraummeter je Stunde bzw. Schüttraummeter. Daher ist es zwingend notwendig, einen Umrechnungsfaktor von Tonne (atro) zu Schüttraummeter festzulegen. Anhand der Angaben von HAHN et al. (2014: 3) lässt sich für die Baumart Pappel ein Faktor von 7,145 ableiten (eine Tonne (atro) entspricht 7,145 Schüttraummeter), welcher für die nachfolgenden Berechnungen übernommen wird. Auch STOLL und BURGER (2012: 20) benennen einen nahezu identischen Wert (7,16). So ergeben sich beispielsweise Schüttgewichte von 215 Kilogramm je Schüttraummeter bei einem Wassergehalt von 35 Prozent bzw. 311 Kilogramm je Schüttraummeter bei erntefrischem Hackgut mit 55 Prozent Wassergehalt (s. Anhang 4.2).

Bestockungsgrad

Bezüglich des Bestockungsgrads, also der effektiv mit Bäumen bestandenen Fläche, gibt es differenzierte Ansichten. Fest steht, dass jeder unbepflanzte Quadratmeter den Hektarertrag reduziert und sich somit negativ auf den betriebswirtschaftlichen Erfolg auswirkt (KRÖBER und HEINRICH 2014b). Auf den ersten Blick kann eine KUP jedoch aufgrund der für den Technikeinsatz notwendigen Rangier- und Wendebereiche nicht vollständig mit Gehölzen bestockt werden. Zudem können zu beachtende Mindestabstände zu Nachbarflächen, Nutzungseinschränkungen durch unter- oder oberirdische Leitungstrassen (Gas, Wasser, Strom) sowie natürliche Hindernisse (Senken, Kuppen, Landschaftselemente usw.) die bestockte Fläche weiter reduzieren. Nach LANDGRAF (2014) liegen die Differenzen zwischen den Brutto- und Netto-KUP-Flächen in fünf untersuchten Bundesländern zwischen zwei und

30 Prozent. Daraus folgert er, dass eine optimale Flächenausnutzung bereits im Vorfeld der Anlage äußerst sorgfältig geplant werden sollte.

Genau diese Planung zur Gewährleistung einer maximalen Bestockung der KUP-Flächen wird bei den hier angestellten Untersuchungen vorausgesetzt. Für ein besseres Verständnis erfolgt zunächst eine vom Autor festgelegte Definition der verwendeten Begriffe (vgl. KRÖBER und HEINRICH 2014b), welche an die forstwirtschaftliche Begriffsbestimmung angelehnt ist (s. Abbildung 4.2).

- KUP-Flächen sind mit schnellwachsenden Baumarten bestocktes Ackerland sowie Vorgewende und Randflächen.
- KUP-Bodenflächen sind mit schnellwachsenden Baumarten bestockte Ackerflächen, sie dienen unmittelbar der Holzproduktion. Die Begrenzung bilden die jeweils randständigen Baumreihen bzw. Einzelbäume.
- Nicht-KUP-Bodenflächen sind alle unbestockten KUP-Flächenanteile, die beispielsweise dem Technikeinsatz in der Holzproduktion (Vorgewende, Randstreifen) bzw. der Holzlagerung dienen oder durch andere Nutzungen (Trassen, Landschaftselemente oder Ähnliches) bedingt sind. Zur KUP-Bodenfläche besteht grundsätzlich eine flächige Verbindung.

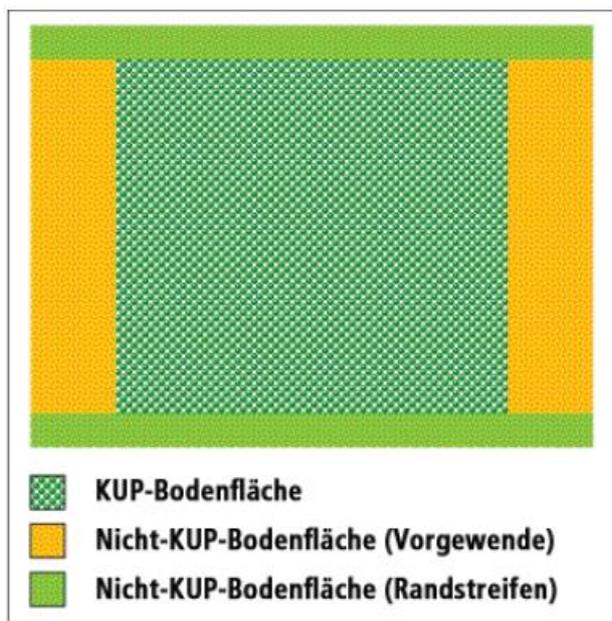


Abbildung 4.2: Schematische Darstellung einer KUP-Fläche

Quelle: eigene Darstellung

Eine grundsätzliche Unterstellung ist, dass KUP generell nur auf Schlägen angelegt werden, die keinen Nutzungseinschränkungen unterliegen (Versorgungstrassen, Dränagen usw.). Weiterhin erfolgt die Optimierung dahingehend, dass notwendige Vorgewende, also Nicht-KUP-Bodenflächen, als eigenständige Schläge ausgewiesen werden. Da diese Bereiche in der Regel nur im Etablierungsjahr und zur Beerntung befahren werden, können sie ansonsten für den Anbau von Marktfrüchten, Futterpflanzen sowie für Agrarumweltmaßnahmen genutzt werden. Bei entsprechender Verwertung könnte auch die Anlage von Dauergrünland erfolgen.

Einzigste Bedingung aus Sicht der Förderung ist das Erreichen der Mindestschlaggröße von 0,3 Hektar bzw. 0,1 Hektar bei Agrarumweltmaßnahmen (Regelungen im Freistaat Sachsen). Diese Bestimmung bewirkt sogar den äußerst positiven Nebeneffekt, dass die zeitweilig als Vorgewende genutzten Schläge dann ausreichend breit dimensioniert werden, was vor allem den Einsatz von Großtechnik entsprechend erleichtert. Aufgrund der auftretenden Konkurrenzen um Licht und Nährstoffe im Randbereich der KUP sowie der geringeren Mindestschlaggröße von 0,1 Hektar erscheint eine Nutzung der Nicht-KUP-Bodenflächen für Agrarumweltmaßnahmen (Naturschutzbrache oder Blühfläche) sinnvoller als eine intensive ackerbauliche Bewirtschaftung, welche auf Kleinstflächen mit vergleichsweise hohen Arbeitserledigungskosten verbunden ist (RIEDEL 2014: 1). Darüber hinaus kann die Randgestaltung von KUP mit Blühflächen einen wichtigen Beitrag zur Erhöhung der Akzeptanz des Produktionsverfahrens in der Bevölkerung leisten (BOLL et al. 2015: 114ff). Weiterhin sind im Rahmen der Greening-Verpflichtungen Brachen je nach Lage und Breite mit einem Gewichtungsfaktor bis 1,5 als ökologische Vorrangfläche anrechenbar (s. Kapitel 5.3).

Einen Sonderfall stellt jedoch die zeitweilige Lagerung der Gehölze auf den Nicht-KUP-Bodenflächen dar. Bei einer Zwischenlagerung von Ganzbäumen zur Vortrocknung stehen diese Flächen für jegliche ackerbauliche Nutzung über einen Zeitraum von mehreren Monaten nicht zur Verfügung. Daher sind sie im betroffenen Jahr nicht prämienberechtigt und müssen im Förderantrag entsprechend herausgenommen werden.

Alle hier durchgeführten Berechnungen unterstellen eine flächenoptimale Anlage der KUP, beziehen sich also auf die reine KUP-Bodenfläche bei vollständiger Bestockung mit 5.000 bzw. 10.000 Pflanzen je Hektar zum Zeitpunkt der Plantagenetablierung.

Umtriebszeit

Wie bereits in Abschnitt 4.1.1 kurz beschrieben, werden für die Untersuchungen zwei verschiedene Umtriebszeiten gegenübergestellt. Der kurze Umtrieb ist aufgrund der eingesetzten Erntetechnik prinzipiell auf maximal vier Standjahre beschränkt. Innerhalb dieser Wuchsperiode erreicht die Pappel jedoch nicht ihren maximalen Ertragszuwachs, was für eine Erhöhung der Rotationsdauer spricht. Aus rechtlicher Sicht ist eine Ausdehnung der Standzeit auf maximal 20 Jahre denkbar, jedoch lassen mit zunehmendem Alter Ertrag und Stockausschlagfähigkeit wieder deutlich nach (SCHIRMER 2010: 31). Nach SCHIRMER (1996: 12) erreichen Balsampappeln in Abhängigkeit von Sorte und Standort das Zuwachsoptimum nach vier bis zehn Jahren. Zur Gewährung einer optimalen Vergleichbarkeit beider Umtriebe bei einer Gesamtstandzeit der KUP von 24 Jahren wird daher eine Rotationsdauer von acht Jahren für den längeren Umtrieb gewählt.

4.2.2 Kosten der Bewirtschaftung

Da die Bewirtschaftung von KUP sowohl in Eigenregie als auch durch spezialisierte Dienstleistungsunternehmen durchgeführt werden kann, erfolgt eine Unterteilung der Eingangswerte für die Berechnungen jeweils nach Eigenleistung und Lohnarbeit. Die verwendeten Daten stammen dabei hauptsächlich aus einer umfangreichen Literaturrecherche sowie von eingeholten Dienstleistungsangeboten, da keine eigenen Ergebnisse durch Feldversuche oder Zeitstudien erhoben wurden. Für die Kostenberechnung der einzelnen

Produktionsprozesse in Eigenleistung dient das KTBL-Onlineprogramm MaKost (KTBL 2015) als Grundlage, wobei jeweils die Anschaffung neuer Maschinen unterstellt ist. Im Anhang erfolgt eine ausführliche Herleitung für jeden Arbeitsgang. Dabei werden zuerst allgemeine Informationen zur eingesetzten Technik vermittelt (Anschaffungspreis, Nutzungsdauer, Auslastung usw.). Weitere Angaben umfassen die fixen Maschinenkosten sowie die variablen Maschinenkosten und die Lohnkosten in Abhängigkeit vom Arbeitszeitbedarf für die jeweilige Aktivität. Für die Plantagenetablierung sowie die Bewirtschaftung der KUP ist eine komplette Finanzierung mit Eigenkapital unterstellt, alle angegebenen Werte sind Nettobeträge. Um die Vergleichbarkeit zu wahren, gilt bei allen Kalkulationen die Annahme, dass die jeweils angegebene Jahresauslastung durch weitere betriebliche Nutzung oder durch den Einsatz für Dienstleistungen erreicht wird. Im Ergebnis erfolgt die Ausweisung der Gesamtkosten je Arbeitsstunde sowie je Flächen- bzw. Gewichtseinheit. Für alle berechneten Zahlenwerte ist zudem der genaue Rechengang nachvollziehbar dargestellt. Sämtliche Kalkulationen beziehen sich grundsätzlich auf einen Hektar Flächengröße, wobei eine Gesamtgröße der KUP (KUP-Bodenfläche) von zehn Hektar unterstellt wird.

Flächenvorbereitung

Der Stoppelsturz der abgeernteten Fläche erfolgt in der Regel mit Traktor und Scheibenegge. Die Kosten dieser Maßnahme belaufen sich auf 32 Euro je Hektar (s. Anhang 4.3). Das Pflügen mit einem 6-Schar-Drehpflug sowie die abschließende Saatbettbereitung mit einer sechs Meter breiten Saatbettkombination verursachen Kosten in Höhe von 93 bzw. 36 Euro je Hektar (s. Anhang 4.4 und Anhang 4.5).

Für die entsprechenden Dienstleistungen, hier allerdings in Form einer chemischen Maßnahme durch Verwendung eines Totalherbizids anstelle des Stoppelsturzes, werden Gesamtkosten von 138 Euro je Hektar unterstellt (NEUMEISTER 2014).

Pflanzgut

Es erfolgt generell ein Zukauf des Pflanzmaterials am Markt. Je nach Anbieter und Abnahmemenge schwanken die Preise je Steckholz zwischen 0,15 und 0,25 Euro (SCHWEIER 2013: 114; P&P 2014: 36). Für die Berechnungen wird ein Steckholzpreis von 0,165 Euro angenommen, zusätzlich sind Frachtkosten in Höhe von 300 Euro zu berücksichtigen (NEUMEISTER 2014). Daraus ergeben sich Steckholzpreise von 0,168 bzw. 0,171 Euro bei Pflanzdichten von 10.000 bzw. 5.000 Steckhölzern je Hektar (s. Anhang 4.6).

Pflanzung

Die maschinelle Pflanzung erfolgt mit einer zweireihigen Pflanzmaschine und verursacht in Abhängigkeit von der Pflanzdichte Kosten von 490 bzw. 442 Euro je Hektar (s. Anhang 4.7 und Anhang 4.8). Die Unterschiede resultieren aus einem geringeren Personalbedarf bei Pflanzzahlen bis 5.000 Stück je Hektar.

Eine Pflanzung durch einen Lohnunternehmer verursacht Kosten in Höhe von 500 (10.000 Steckhölzer) bzw. 450 Euro je Hektar (5.000 Steckhölzer) (NEUMEISTER 2014).

Zaunbau

Eine Umzäunung der KUP kann vor allem in wildreichen Gebieten eine sehr effektive Maßnahme zur Verhinderung von Aufwuchsverlusten durch Fegen oder Verbiss darstellen.

Die Kosten für diese Schutzmaßnahme belaufen sich jedoch auf fünf bis sieben Euro je laufenden Meter (KRÖBER et al. 2010: 223; BECKER et al. 2014: 23), was je nach Anlageform der KUP Hektarkosten zwischen 650 und 1.500 Euro entspricht.

In den durchgeführten Berechnungen werden Kosten für den Zaunbau nicht berücksichtigt.

Bewässerung

Eine Zusatzwassergabe ist besonders in Trockenjahren eine vielversprechende Möglichkeit, den Etablierungserfolg der KUP sicherzustellen. Dabei sind je nach Verfügbarkeit vielfältige Bewässerungsoptionen denkbar.

In den Kalkulationen werden keine Bewässerungsmaßnahmen unterstellt, entsprechend fallen keine Kosten an.

Bestandspflege

Bei der Pflege im Etablierungsjahr werden zwei chemische sowie eine mechanische Maßnahme berücksichtigt. Die Kosten belaufen sich auf insgesamt 157 Euro je Hektar (s. Anhang 4.9 bis Anhang 4.12).

Die Pflege durch den Dienstleister verursacht mit 165 Euro je Hektar ähnlich hohe Gesamtkosten (NEUMEISTER 2014).

Ernte Feldhäcksler

Die Beerntung der KUP mit einem Feldhäcksler in Eigenleistung ist mit Kosten von 563 Euro je Hektar verbunden (s. Anhang 4.13). Dabei ist der Anschaffungspreis für den Schwachholzvorsatz mit 90.000 Euro veranschlagt (BERHONGARAY et al. 2013: 336).

Für die Lohnernte wird ein Stundensatz von 400 Euro unterstellt (NAHM et al. 2012: 12). Bei einer Flächenleistung von 0,7 Hektar je Stunde (s. Kapitel 4.1.2) und zuzüglich einer Anfahrtspauschale von fünf Prozent des Stundensatzes berechnen sich Erntekosten von 600 Euro je Hektar.

Ernte Mäh Hacker

Die Ernte mit dem Mäh Hacker ist im Vergleich zum Feldhäcksler trotz einer geringeren Produktivität aufgrund deutlich niedrigerer Anschaffungskosten um Einiges günstiger. Unter den getroffenen Annahmen errechnen sich Erntekosten von 261 Euro je Hektar (s. Anhang 4.14).

Wird ein vom Lohnunternehmer angesetzter Stundensatz von 170 Euro bei einer Flächenleistung von 0,5 Hektar je Stunde (PECENKA 2015a) sowie einer Anfahrtspauschale von fünf Prozent des Stundensatzes berücksichtigt, so ergeben sich Erntekosten von 357 Euro je Hektar.

Ernte Mähsammler

Der Einsatz der Spezialmaschine für die Ganzbaumernte in kurzen Umtrieben ist mit hohen Erntekosten verbunden. Dies liegt vor allem daran, dass der Anschaffungspreis des Mähsammlers 215.000 Euro beträgt (BERHONGARAY et al. 2013: 336). Zusätzlich wird eine Zugmaschine mit etwa identischen Investitionskosten benötigt. In Summe errechnen sich Erntekosten von 629 Euro je Hektar (s. Anhang 4.15).

Die Kosten für den Dienstleistungseinsatz belaufen sich bei einem Stundensatz von 380 Euro, einer Flächenleistung von 0,54 Hektar je Stunde (SCHWEIER 2013: 251) und einer Anfahrtspauschale von 15 Prozent des Stundensatzes auf 809 Euro je Hektar.

Ernte Harvester und Rücken Forwarder

Der Einsatz in „Eigenregie“ unterstellt den seltenen Fall, dass der KUP-Bewirtschafter die Forsttechnik selbst anschafft und neben der eigenen Nutzung auch Dienstleistungen anbietet. Die Maschinenkosten für die Ernte der Ganzbäume mit Forsttechnik sind auf der Grundlage der Datensammlung des Kuratoriums für Waldarbeit und Forsttechnik e.V. (KWF 2013: 26f) berechnet. Sie liegen bei 148 Euro je Stunde für das Fällen und 82 Euro je Stunde für das Rücken. Bei einer Stundenleistung von 405 gefällten und 1.500 gerückten Bäumen ergeben sich unter Berücksichtigung der Lohnkosten somit Fällkosten von 2.160 Euro je Hektar und Rückekosten von 402 Euro je Hektar (s. Anhang 4.16).

Die Lohnunternehmersätze werden nach STOLL und BURGER (2012: 20) inklusive einem Sicherheitszuschlag von 20 Prozent berücksichtigt und liegen demnach bei 150 Euro je Stunde für den Harvestereinsatz und 90 Euro je Stunde für die Arbeit mit dem Forwarder. Bei Unterstellung einer identischen Produktivität wie bei der Eigenleistung sowie einer Anfahrtspauschale für den Harvester von fünf Prozent des Stundensatzes ergeben sich Kosten von 2.048 Euro je Hektar für das Fällen und 360 Euro je Hektar für das anschließende Rücken.

Ernte Motorsäge und Rücken Teleskoplader

Die Maschinenkosten für den Einsatz von Motorsäge und Teleskoplader betragen rund 7 bzw. 25 Euro je Stunde. Bei einer Stundenleistung des Fälltrupps von 240 Bäumen im ersten Umtrieb ergeben sich Erntekosten von 787 Euro je Hektar. Da ab dem zweiten Umtrieb zum Erreichen einer deckungsgleichen Flächenproduktivität je Stunde ein zweiter Fälltrupp benötigt wird, verdoppeln sich die Erntekosten im Vergleich zur ersten Beerntung entsprechend. Die Kosten für das Rücken bleiben über die gesamte Nutzungsdauer identisch und liegen bei rund 847 Euro je Hektar (s. Anhang 4.17 und Anhang 4.18).

Bei einer Beerntung der Fläche im Lohn werden nach SCHWEIER (2013: 244) Erntekosten von 720 Euro je Hektar im ersten Umtrieb fällig. Ab dem zweiten Umtrieb verdoppelt sich dieser Wert entsprechend. Für das Rücken mit dem Teleskoplader entstehen Kosten von rund 1.053 Euro je Hektar.

Transportkosten Hackschnitzel

Die Gesamtkosten für den Hackschnitzeltransport sind abhängig von der Ertragsfähigkeit des Standorts, der eingesetzten Erntetechnik sowie der Transportentfernung. Diese ist für alle untersuchten Varianten auf 20 Kilometer festgelegt. Die Transportkosten bei Eigenmechanisierung betragen jeweils 0,74 Euro je Tonne für den Häckselguttransportwagen sowie 64 Euro je Stunde für den Einsatz der Zugmaschine (s. Anhang 4.19 und Anhang 4.20).

Für Transporttätigkeiten im Lohn werden Kosten in Höhe von 70 Euro je Stunde angesetzt (DÖRING et al. 2010: 8).

Lagerung Ganzbäume

Bei den Verfahren der Ganzbaumernte erfolgt eine Zwischenlagerung der Stämme über mehrere Monate am Rand der KUP. Da die für die Lagerung beanspruchte Fläche nicht für

eine landwirtschaftliche Nutzung zur Verfügung steht, müssen entsprechende Nutzungskosten berücksichtigt werden. Diese beinhalten den entgangenen Gewinn der Fläche beim Anbau von Marktfrüchten sowie den Verlust an Betriebsprämie, die Kosten für einen Unterbau zur besseren Durchlüftung und die Kosten für die abschließende Beräumung der Fläche. Der ermittelte Wert wird anschließend mit dem Lagerplatzbedarf für einen Hektar KUP verrechnet, nach HERING et al. (2013: 24) beträgt dieser für Bäume im längeren Umtrieb 0,1 Hektar. In den Berechnungen wird bei einer Pflanzdichte von 10.000 Bäumen je Hektar mit Lagerkosten von 110 Euro je Hektar im vierjährigen und 150 Euro je Hektar im achtjährigen Umtrieb kalkuliert, wobei ein Lagerplatzbedarf von 0,2 Hektar beim vierjährigen und 0,15 Hektar beim achtjährigen Umtrieb unterstellt wird (s. Anhang 4.21). Da beim achtjährigen Umtrieb jedoch nur 5.000 Bäume gepflanzt werden, halbieren sich die Lagerkosten entsprechend auf 75 Euro je Hektar. Der höhere Bedarf an Lagerfläche bei der Ernte mit dem Mähsammler ergibt sich aus den geringeren Polterhöhen beim Entladen. Die Kosten sind bei gleicher Pflanzdichte dennoch niedriger, da aufgrund der schwächeren Stammdurchmesser im Vergleich zum achtjährigen Umtrieb angenommen wird, dass kein zusätzlicher Unterbau errichtet werden muss.

Hacken Ganzbäume

Die Kosten für das Hacken der Ganzbäume mit einem traktorgezogenen Mobilhacker in Eigenleistung belaufen sich auf 176 Euro je Stunde (s. Anhang 4.22). Die Kostenhöhe bezogen auf die produzierte Hackgutmenge ist abhängig von den zu hackenden Stammdicken sowie der Vorhaltung am Hackplatz. Mit steigendem Anteil an unproduktiven Umsetzzeiten aufgrund geringerer Vorkonzentration der Bäume erhöhen sich entsprechend die Hackkosten je Tonne (atro).

Das Hacken in Dienstleistung durch einen regionalen Lohnunternehmer wird in Anlehnung an STOLL und BURGER (2012: 20) mit Kosten von 200 Euro je Stunde berücksichtigt.

Trocknung mit Sonnenenergie

Zur Sicherstellung der Vergleichbarkeit der verschiedenen Bereitstellungsketten bezüglich der Produktqualität (jeweils gleiche Wassergehalte) wird die Option einer Lohntrocknung mit Sonnenenergie auf dem Biomassehof berücksichtigt (s. Anhang 4.23 und Anhang 4.24). Um dabei Verzerrungen zwischen einzelnen Ketten zu vermeiden, werden die Trocknungskosten ausschließlich nach ihrem tatsächlichen Anfall ohne einen Gewinnzuschlag für den Betreiber angerechnet, zudem wird eine verlustfreie Trocknung unterstellt. Die ermittelten Kosten für eine Reduzierung des Wassergehalts von 55 auf 35 Prozent belaufen sich auf rund 26 Euro je Tonne (atro). Soll der Wassergehalt der erntefrischen Ware gar auf 15 Prozent gesenkt werden, entstehen Trocknungskosten von knapp 44 Euro je Tonne (atro).

Düngung

Die Expertenmeinungen zur Düngenotwendigkeit bei KUP gehen weit auseinander (KNUST et al. 2013: 23f; HERING et al. 2013: 13). Letztendlich hat der Landwirt anhand der Ergebnisse der Bodenuntersuchungen zu entscheiden, ob eine Nährstoffrückführung in Form einer organischen oder mineralischen Düngung notwendig ist. In den Berechnungen wird eine Düngung ab dem 16. Standjahr der Plantage berücksichtigt. In Abhängigkeit von der Umtriebszeit erfolgt eine Entzugsdüngung von 75 Prozent beim vierjährigen und 50 Prozent beim achtjährigen Umtrieb. Eine Reduzierung der Düngemenge mit steigender Umtriebszeit

erscheint sinnvoll, da sich der nährstoffreiche Rindenanteil im Verhältnis zur Gesamtbiomasse der Gehölze kontinuierlich verringert. Im Stammholz selbst sind deutlich geringere Nährstoffkonzentrationen zu finden (BECKER et al. 2014: 24). Die Gesamtkosten für die Ausbringung sowie den Rohstoff liegen im Mittel bei 4,80 Euro je Tonne (atro) beim vierjährigen und 3,11 Euro je Tonne (atro) beim achtjährigen Umtrieb (s. Anhang 4.25 und Anhang 4.26).

Rückwandlung

Nach der letzten Beerntung der KUP ist generell eine Rückwandlung der Fläche erforderlich. Hierzu werden Mulch- und Rodungsfräsen eingesetzt. Bei Nutzung einer Rodungsfräse in Eigenleistung entstehen Kosten von 1.324 Euro je Hektar (s. Anhang 4.27), wobei diese in erheblichem Maße von der Fahrgeschwindigkeit der Zugmaschine abhängen.

Kostenangaben für die Flächenrückwandlung in Dienstleistung liegen im Bereich von 1.000 Euro je Hektar (NEUMEISTER 2014).

Lohnkosten

Lohnkosten werden für alle Tätigkeiten in Höhe von 15,15 Euro je Arbeitsstunde unterstellt. Lediglich beim Einsatz der Forsttechnik (Harvester und Forwarder) wird ein Stundensatz von 18,15 Euro angenommen, wobei jeweils Lohnnebenkosten in Höhe von 50 Prozent berücksichtigt sind. Die Annahmen beruhen auf dem seit 2014 gültigen sächsischen Tarifvertrag Landwirtschaft für Landarbeiter und Angestellte.

Flächen- und Gemeinkosten

Die Flächenkosten sind standortabhängig und errechnen sich aus der jeweiligen durchschnittlichen Ackerzahl multipliziert mit einem Wert von vier Euro je Bodenpunkt.

Gemeinkosten werden einheitlich für alle Betrachtungen in Höhe von 150 Euro je Hektar angenommen. Hierzu zählen die Kosten für die Betriebsführung sowie Kosten für Gebäude, Versicherungen, Energie, Wasser, Pkw und Sachkosten. Nach KRIEG und KÖHLER (2010) belaufen sich diese je nach Größe und Struktur des Unternehmens auf 50 bis 150 Euro je Hektar.

4.2.3 Preise für Hackschnitzel aus KUP

Der deutliche Nachfrageanstieg nach Holzbiomasse zur stofflichen und energetischen Verwertung hat zu stetig steigenden Hackschnitzelpreisen bis zum Jahr 2011 geführt. In der Folge stabilisierte sich der Preis auf diesem Niveau mit jahreszeitlich bedingten Schwankungen. Das Centrale Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk e.V. (C.A.R.M.E.N.) mit Sitz in Straubing veröffentlicht seit 2003 die Preise für Waldhackgut sowie seit 2012 zudem die Preise für Holzhackschnitzel aus KUP. Berücksichtigt werden Meldungen aus dem gesamten bundesdeutschen Einzugsgebiet. Im Bereich KUP ist die Grundgesamtheit aktuell noch gering, zudem liegt der Schwerpunkt der Unternehmen mit einer Preismeldung im süddeutschen Raum. Dennoch wird für die Kalkulationen das arithmetische Mittel der Preisangaben aus den Jahren 2012 bis 2015 (1. Quartal) für KUP-Hackschnitzel (137 Euro je Tonne (atro) für Hackschnitzel mit einem Wassergehalt von 35 Prozent) verwendet, wobei die ursprünglichen Angaben von C.A.R.M.E.N. unter

Berücksichtigung des Heizwerts auf Netto-Preise mit Bezugsbasis Tonne (atro) umgerechnet sind (s. Abbildung 4.3 sowie Anhang 4.28).

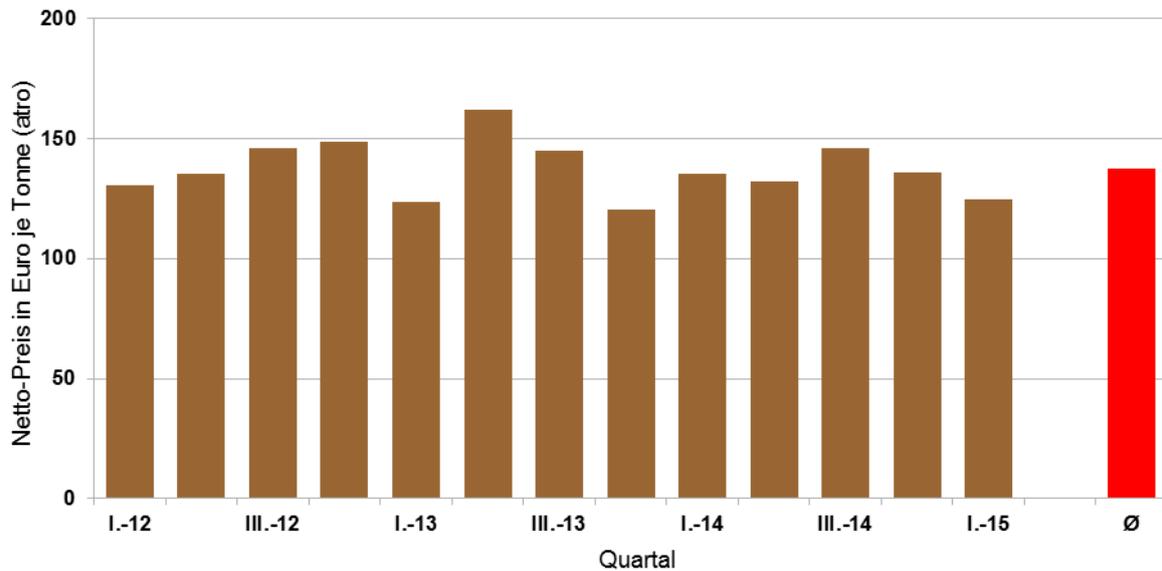


Abbildung 4.3: Preisentwicklung für KUP-Hackschnitzel von 2012 bis 2015

Quelle: eigene Darstellung nach C.A.R.M.E.N. (2015)

Da für die gelieferten Hackschnitzelqualitäten unterschiedliche Preise von den Abnehmern gezahlt werden, erfolgt weiterhin eine Umrechnung in Bezug auf die bereitgestellten Fraktionen mit Wassergehalten von 55, 35 und 15 Prozent in Anlehnung an GEROLD und SCHNEIDER (2013: 89f). Somit ergeben sich Hackschnitzelpreise frei Abnehmer von 105 Euro je Tonne (atro) bei erntefrischen Qualitäten mit einem Wassergehalt von 55 Prozent, 137 Euro je Tonne (atro) für Hackschnitzel mit einem Wassergehalt von 35 Prozent sowie 169 Euro je Tonne (atro) für sogenannte Premiumhackschnitzel mit 15 Prozent Wassergehalt, hier durch eine solare Trocknung bereitgestellt (s. Anhang 4.29).

4.2.4 Biomasserträge

Einen entscheidenden Einfluss auf die Ertragsfähigkeit einer KUP haben nach RÖHLE et al. (2013: 37) neben den Standortfaktoren Boden und Klima bzw. Witterung vor allem die Pflanzdichte sowie die Zahl an Umtrieben. Für den Freistaat Sachsen wurden in den zurückliegenden Jahren sehr detaillierte Untersuchungen zur Biomassertragsleistung durchgeführt. Auf der Grundlage eines sogenannten Standort-Leistungsmodells ermittelte ALI (2009) das Biomassertragspotenzial von Pappel-KUP für Ackerstandorte in Sachsen auf Gemeindeebene. Die Berechnungen erfolgten für Pflanzdichten von 3.333 bis 10.000 Bäumen je Hektar bei Umtriebszeiten zwischen drei und neun Jahren. Im ersten Schritt der Modellierung wird die Oberhöhe des Bestands unter Verwendung der Parameter nutzbare Feldkapazität (nFK), Ackerzahl (AZ), Niederschlagssumme Mai und Juni, mittlere Temperatur April bis Juni sowie Bestandsdichte ermittelt. Anschließend erfolgt im zweiten Schritt die Schätzung der Bestandsbiomasse als durchschnittlicher jährlicher Gesamtzuwachs (dGZ) in Tonne (atro) je Hektar. Da die Erträge von KUP jedoch nicht über alle Rotationen

hinweg identisch sind und eine deutliche Zuwachssteigerung vor allem in der zweiten Rotation auftritt, entwickelte HORN (2015) ein Modell zur Ertragsschätzung von Pappel-KUP in Folgerotationen. Die Ertragssteigerung ist dabei grundsätzlich auf das im Vergleich zum Pflanzzeitpunkt gut entwickelte Wurzelsystem der Gehölze sowie eine Erhöhung der Triebanzahl nach der Beerntung zurückzuführen, allgemein fallen die relativen Ertragssteigerungsraten auf schwächeren Standorten am höchsten aus. Insgesamt haben neben der Pflanzengenetik vor allem direkte Umwelteinflüsse wie Niederschlag, Temperatur oder das Auftreten von Schadfaktoren Einfluss auf die Ertragssteigerung, was eine Verallgemeinerung der aus Versuchsreihen gewonnenen Schätzergebnisse entsprechend erschwert (HORN et al. 2013: 53). Auch AMTHAUER GALLARDO (2014) untersuchte im Rahmen seiner Dissertation die Ertragsentwicklung von Pappel und Weide in Folgerotationen.

Die hier durchgeführten Berechnungen erfolgen auf der Grundlage der Ergebnisse von HORN (2015). Um nach dem Vorsichtsprinzip die Unsicherheit der Modellergebnisse in angemessener Form zu berücksichtigen, wird eine Mortalität der Wurzelstöcke von jährlich einem Prozent beim vierjährigen bzw. zwei Prozent beim achtjährigen Umtrieb ab dem Folgejahr der ersten Beerntung unterstellt. Daraus resultiert eine Reduzierung der durchschnittlichen jährlichen Zuwachsleistung über die Gesamtstandzeit der KUP in Abhängigkeit des Standorts von rund elf Prozent beim vierjährigen Umtrieb bzw. etwa 20 Prozent beim achtjährigen Umtrieb im Vergleich zu den Modellrechnungen ohne Verlustberücksichtigung. Weiterhin erfolgt beim achtjährigen Umtrieb für alle Gemeinden mit einem Ertragssteigerungsfaktor größer zwei, wobei die jährliche Mortalität bereits berücksichtigt ist, eine pauschale Festlegung des Faktors auf den Maximalwert zwei. Dadurch soll verhindert werden, dass eine mögliche Überschätzung des Ertragszuwachses durch das Modell stattfindet, da die Ertragssteigerungsfaktoren hauptsächlich auf der Grundlage kürzerer Umtriebszeiten ermittelt wurden. Aufgrund der längeren Wuchsperiode beim achtjährigen Umtrieb wird unterstellt, dass die Ertragssteigerungen unabhängig von der Standortqualität in den Folgerotationen grundsätzlich geringer ausfallen als beim vierjährigen Umtrieb. Ertragskundliche Untersuchungen von BURGER et al. (2012b: 12ff) auf Versuchsstandorten in Bayern, welche im fünf- und zehnjährigen Umtrieb bewirtschaftet werden, bekräftigen diese Annahme.

Eine detaillierte Auflistung der Biomasseerträge und der entsprechenden Ertragssteigerungsfaktoren für den vierjährigen und achtjährigen Umtrieb auf Gemeindeebene für jeden sächsischen Landkreis sowie die kreisfreien Städte (Gebietsstand 1. Januar 2005, s. Anhang 4.30) findet sich in Anhang 4.31 bis Anhang 4.54. Da das Modell die Ertragssteigerungsfaktoren vom ersten zum zweiten Umtrieb gemeindespezifisch ermittelt und für die Folgeumtriebe jeweils nur einen standortunabhängigen Steigerungsfaktor ausgibt, sind in den Übersichten lediglich die Erträge des ersten und zweiten Umtriebs dargestellt. Die einheitlichen Steigerungsfaktoren der weiteren Umtriebszeiten werden mit Werten von 1,1460, 1,0383, 1,0012 sowie 0,9884 für den vierjährigen und 1,0027 für den achtjährigen Umtrieb ausgewiesen. Dieser Verlauf macht deutlich, dass aufgrund der Berücksichtigung von Stockausfällen (Mortalität) beim vierjährigen Umtrieb kein kontinuierlicher Ertragszuwachs bis zum Ende der Gesamtstandzeit von 24 Jahren erwartet werden kann. Vielmehr liegt der durchschnittliche jährliche Biomassezuwachs des sechsten und letzten

Umtriebs unter dem des fünften Umtriebs (Steigerungsfaktor kleiner eins). Bei Unterstellung höherer Ausfallprozent tritt diese Konstellation entsprechend früher auf, bei einem Ausfall von jährlich zwei Prozent ab der ersten Beerntung beispielsweise bereits nach der dritten Ernte.

4.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

4.3.1 Berechnung von Kapitalwert und Annuität beim KUP-Anbau

KUP unterscheiden sich von den annuellen Kulturen des Ackerbaus in vielerlei Hinsicht. Als klassische Dauerkultur ist die Bewirtschaftung charakterisiert durch hohe Etablierungskosten, einen langen Produktionszeitraum sowie unregelmäßige Zahlungsströme mit häufigen Perioden ohne die Generierung von Einzahlungen aus der Biomasseproduktion. Aufgrund des langen Zeithorizonts ist für Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit von KUP die Verwendung des Deckungsbeitrags ungeeignet, da hier lediglich die geplanten Leistungen den geplanten variablen Kosten gegenübergestellt werden. Stattdessen sind Methoden der Investitionsrechnung zu verwenden und die ermittelten Ergebnisse mit denen einjähriger Verfahren vergleichbar zu machen (WAGNER et al. 2012: 13).

Dabei sind dynamische Investitionsrechnungen den statischen Verfahren vorzuziehen, da diese die Gesamtheit der Zahlungsströme und zudem deren zeitliches Auftreten während des Investitionszeitraums berücksichtigen. Im Fall der KUP bedeutet dies, dass über die gesamte Bewirtschaftungsdauer von der Flächenvorbereitung bis zur abschließenden Rückwandlung die im jeweiligen Standjahr resultierenden Kosten (Auszahlungen) von den Erlösen (Einzahlungen) aus dem Biomasseverkauf subtrahiert werden. Im Anschluss erfolgt eine Abzinsung des ermittelten Einzahlungsüberschusses oder -fehlbetrags unter Berücksichtigung eines angemessenen kalkulatorischen Zinssatzes auf den Investitionszeitpunkt t_0 , also den Investitionsbeginn (s. Gleichung 1). Für alle hier durchgeführten Kalkulationen wird ein kalkulatorischer Zinssatz von 3,5 Prozent unterstellt (BMEL 2015a: 55). Der nach diesem Vorgehen ermittelte Betrag wird in der Ökonomie allgemein als Kapitalwert bezeichnet. „Ist der Kapitalwert größer oder gleich null, stellt er den über der Kapitalverzinsung liegenden erwirtschafteten Gewinn der Kurzumtriebsplantage dar“ (KRÖBER et al. 2010: 218). Negative Kapitalwerte weisen hingegen Verluste aus, die Investition ist folglich unwirtschaftlich. Grundsätzlich eignet sich die Berechnung von Kapitalwerten für einen Vergleich verschiedener Investitionsalternativen mit gleicher Laufzeit.

$$KW = \sum_{t=0}^n \left(\frac{E_{(t)} - A_{(t)}}{(1+i)^t} \right)$$

KW Kapitalwert der Investition

n Laufzeit der Investition

t Jahr

$E_{(t)}$ Einzahlungen zum Zeitpunkt t

$A_{(t)}$ Auszahlungen zum Zeitpunkt t

i kalkulatorischer Zinssatz

Gleichung 1: Ermittlung des Kapitalwerts (KW)

Für den Vergleich der KUP mit annuellen Kulturen ist der berechnete Kapitalwert allerdings nicht geeignet, da dieser den Gesamterfolg der Investition über die Bewirtschaftungsdauer abgezinst auf den Investitionsbeginn ausweist. Zur Ermittlung einer jährlichen Erfolgsgröße, die entsprechend mit den Ergebnissen typischer Ackerkulturen verglichen werden kann, muss der Kapitalwert auf die Nutzungsjahre verteilt werden. Dies geschieht durch Multiplikation mit dem sogenannten Kapitalwiedergewinnungsfaktor (s. Gleichung 2). Im Ergebnis errechnet sich eine jährlich konstante Rente aus der Summe aller auf den Investitionsbeginn abgezinster Ein- und Auszahlungen, welche gewöhnlich als Annuität bezeichnet wird. Sie entspricht demnach dem durchschnittlichen jährlichen Gewinnbeitrag der KUP und kann zum Vergleich der relativen Vorzüglichkeit mit typischen Ackerkulturen verwendet werden. Hierbei ist jedoch unbedingt zu beachten, dass der Ergebnisvergleich auf der Basis gleicher Sachumfänge der angerechneten Kosten (Teil- oder Vollkostenrechnung) durchgeführt wird. In Abbildung 4.4 ist die Ermittlung des Kapitalwerts und dessen Überführung in eine Annuität schematisch dargestellt.

$$r = KW \cdot \frac{(1+i)^n \cdot i}{(1+i)^n - 1}$$

r Annuität

Gleichung 2: Berechnung der Annuität (r)

Sämtliche hier durchgeführte Berechnungen erfolgen auf der Basis von Vollkosten ohne eine Anrechnung von Prämienzahlungen (s. Kapitel 3.1). Dabei wird ausdrücklich auf eine Berücksichtigung von Trendentwicklungen bei den Eingangsparametern verzichtet (z. B. Preisentwicklung Hackschnitzel), da deren tatsächliche Höhen aufgrund ihres zukünftigen Auftretens mit sehr großer Unsicherheit behaftet sind. Wirkungen von veränderten Eingangsdaten auf den ökonomischen Erfolg werden dennoch untersucht, allerdings in Form von beispielhaft durchgeführten Sensitivitätsanalysen.

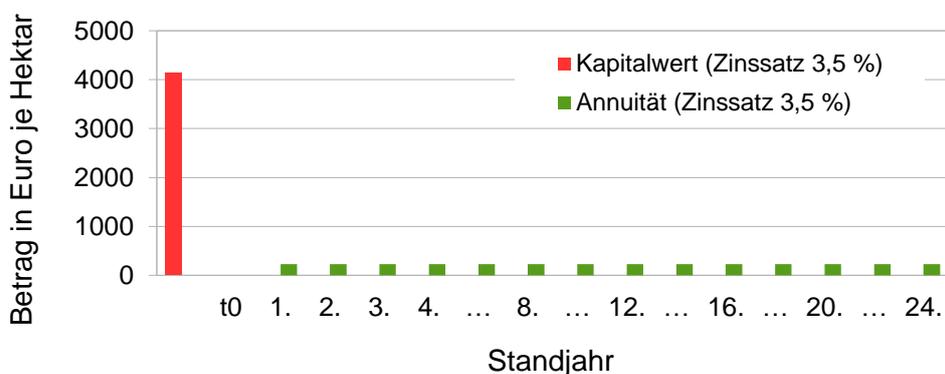
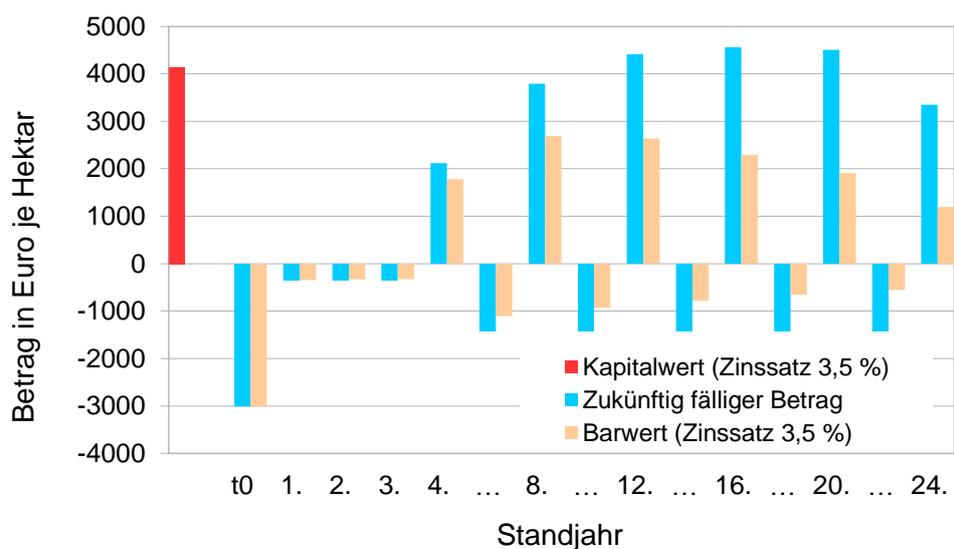


Abbildung 4.4: Berechnung des Kapitalwerts und Überführung in eine Annuität

Quelle: eigene Darstellung

4.3.2 Vergleich der relativen Vorzüglichkeit von KUP und Ackerfrüchten

Eine positive Annuität beim KUP-Anbau zeigt zwar, dass mit dem Produktionsverfahren Gewinne erwirtschaftet werden können. Es ist jedoch an dieser Stelle noch nicht möglich, eine eindeutige Aussage zur Anbauwürdigkeit von KUP zu treffen, da hierzu ein Vergleich mit um die in der Regel begrenzte Produktionsfläche konkurrierenden Anbauoptionen notwendig ist (WAGNER et al. 2009: 142). Je nach regionalen Produktionsbedingungen können dabei unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt werden. Auf ertragsschwachen Standorten muss sich die KUP beispielsweise gegen Triticale oder Roggen behaupten, auf mittleren und besseren Böden gegen Raps, Weizen und Gerste. Da die Früchte auf einem Schlag im Allgemeinen nicht als Monokultur angebaut werden, ist ein Vergleich von KUP und Fruchtfolge sinnvoll. Die Berechnung der Wirtschaftlichkeit beim Marktfruchtanbau erfolgt ebenfalls auf Vollkostenbasis, wobei für die Bewertung von Fruchtfolgen die Ergebnisse der einzelnen Glieder jeweils mit ihrem Anteil an der Fruchtfolge zu berücksichtigen sind. Die hier unterstellten Annahmen basieren auf den Planungs- und

Bewertungsdaten für den Freistaat Sachsen (Stand Mai 2015). Diese Datenbank enthält unter anderem Richtwerte für Verfahren der Pflanzenproduktion differenziert nach Bewirtschaftungsintensität und Leistungsniveau (LFULG 2015). Da keine detaillierten Informationen zu den Marktfruchterträgen auf Gemeindebasis in Sachsen vorliegen, erfolgt die Beurteilung der relativen Vorzüglichkeit des Gehölzanbaus auf einem indirekten Weg. Mit Hilfe dieser Berechnung sind allerdings lediglich Vergleiche von KUP mit jeweils einer Kultur möglich, nicht jedoch mit einer gesamten Fruchtfolge. Auf der Basis unterschiedlicher Preisannahmen werden notwendige Grenzerträge für die einzelnen Ackerkulturen zur Erzielung identischer Gewinnbeiträge von KUP und Marktfrucht ermittelt. Liegen die berechneten Mindesterträge für Weizen und Co. unterhalb bzw. im Bereich der mittleren Ertragsfähigkeit der untersuchten Gemeinde, so sind KUP nicht konkurrenzfähig. Werden hingegen Erträge ausgewiesen, die deutlich über dem langjährigen Mittel der Gemeinde liegen, können mit KUP höhere Gewinnbeiträge als mit der verglichenen Ackerfrucht erzielt werden.

4.3.3 Methodenvielfalt in der Praxis

Nachfolgend werden einige weitere Methoden zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit von KUP vorgestellt und einer kurzen Bewertung unterzogen.

„Methode FNR“

Die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) veröffentlicht in regelmäßigen Abständen Informationen zum Thema KUP. In der aktuellen Broschüre „Energieholz aus der Landwirtschaft“ (BÄRWOLFF et al. 2012) wird in einem eigenständigen Kapitel ausführlich auf die betriebswirtschaftliche Beurteilung von KUP eingegangen. Zunächst erfolgen die Darstellung der Berechnungsgrundlage für eine KUP mit Pappel im dreijährigen Umtrieb und einer Gesamtstandzeit von 18 Jahren sowie die Beschreibung der Ermittlung von Kapitalwert und Annuität. Nachfolgend werden sämtliche Zahlungsströme für jedes Standjahr der Plantage übersichtlich erfasst und die ermittelte Annuität des Berechnungsbeispiels mit Standarddeckungsbeiträgen ausgewählter landwirtschaftlicher Fruchtarten verglichen. Abschließend erfolgen Sensitivitätsanalysen durch Variation von Biomassertrag, Hackschnitzelpreis sowie Standdauer.

Die Berechnungsmethodik ist insgesamt etwas unschlüssig. Grundsätzliches Ziel ist die Ausweisung von Deckungsbeiträgen für die KUP, allerdings werden dabei auch Flächenkosten (Pacht) berücksichtigt! Die berechnete Annuität von 90 Euro je Hektar ist auf der Basis der unterstellten Eingangsdaten korrekt ermittelt, jedoch aufgrund der fehlenden Darstellung der abgezinsten Salden aus Kosten und Erlösen in der Übersicht der jährlichen Zahlungsströme nur schwer nachzuvollziehen. Der anschließende Vergleich mit den Standarddeckungsbeiträgen landwirtschaftlicher Kulturen führt zu keiner sinnvollen Aussage, da dieser nicht auf der Grundlage gleicher Sachumfänge stattfindet. Bei den Ackerfrüchten hätten entsprechend der KUP Deckungsbeiträge unter Berücksichtigung von Flächenkosten ermittelt werden müssen. Der Vergleich mit Grünlandnutzungen ist generell wenig zweckmäßig, da diese mit KUP nicht in Flächenkonkurrenz stehen. Schließlich muss der am Ende des Kapitels getroffene Aussage zur aus ökonomischer Sicht optimalen Standdauer der KUP widersprochen werden. Die Autoren stellen fest, dass aufgrund von Zinseszinsseffekten

längere Standzeiten kaum Auswirkungen auf die Höhe der Annuität haben, weshalb eine KUP aus wirtschaftlicher Sicht nicht länger als 15 bis 18 Jahre stehen müsse. Diese Aussage könnte unter dem Umstand sinkender Biomasserträge ab dem vierten oder fünften Umtrieb in Folge von Stockermüdung zutreffen. Bei Unterstellung identischer Erträge je Umtrieb – und dies ist hier der Fall – erhöht sich die Annuität vom ersten bis zum zehnten Umtrieb zwar unterproportional, jedoch kontinuierlich, was leicht mit dem KUP-Kalkulator 2.0 (SCHWEINLE 2012) nachvollzogen werden kann.

„Methode Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen“

Hier erfolgt ein Vergleich von KUP und Marktfrüchten auf der Basis der Direktkostenfreien Leistungen (DkFL), wobei für die KUP eine Annuitätsberechnung stattfindet (WAGNER 2012). Neben einer statischen Betrachtung werden zudem Preistrends sowohl beim Ackerbau (Ertrag, Produktpreis, Produktionsmittelpreis, Kosten Arbeitserledigung) als auch beim Energieholzanbau (Produktpreis) berücksichtigt. Abschließend wird gefolgert, dass unter Berücksichtigung bisheriger Preistrends in Zukunft attraktive Deckungsbeiträge mit dem Anbau von KUP erzielt werden können.

Neben der möglicherweise unpassend gewählten Berechnungskennzahl, die hauptsächlich zur Bewertung arbeitswirtschaftlich ähnlicher Verfahren verwendet wird (KTBL 2014: 36), erscheint vor allem die Berücksichtigung der Preistrends sehr fragwürdig. So dient beispielsweise der Hackschnitzelpreisanstieg von Anfang 2006 bis Ende 2009 (im Mittel jährlich rund acht Prozent) als Bezugsgröße für die zukünftig unterstellte jährliche Preissteigerung. Ein Blick auf die Entwicklungen der Hackschnitzelpreise aus Wald(rest)holz oder KUP ab dem Jahr 2011 zeigt jedoch, dass diese Annahmen als wenig realistisch einzuschätzen sind.

„Methode LEL Schwäbisch Gmünd“

Die Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume (LEL) hat im Jahr 2010 eine Berechnungshilfe für KUP veröffentlicht (KRIEG und KÖHLER 2010). Die Kalkulation erfolgt auf der Basis von Vollkosten, im Ergebnis werden Kapitalwert und Annuität ausgewiesen. Neben der Berücksichtigung der Betriebsprämie können zusätzlich erwartete Steigerungsraten („Inflation“) für den Hackschnitzelerlös, die Bewirtschaftungs- sowie die Flächen- und Gemeinkosten in das Modell eingegeben werden.

Ohne die Anrechnung der Betriebsprämie sowie bei Unterstellung einer „Inflation“ von null handelt es sich um die identische Berechnung wie in Kapitel 4.3.1 beschrieben. Die problematische Wirkung der Berücksichtigung von Inflation wurde bereits bei der vorherigen Methode dargestellt, zudem müsste bei einem Vergleich das gegenübergestellte Verfahren entsprechend behandelt werden.

„Methode LfL Sachsen“

Die Berechnungen der sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft erfolgen durch Aufstellung sämtlicher Leistungen und Kosten für jedes einzelne Standjahr der KUP (RÖHRICHT und RUSCHER 2009: 32ff). Es handelt sich demzufolge um eine Vollkostenkalkulation, die Ergebnisse (Gewinn oder Verlust) werden mit und ohne Berücksichtigung von Flächenprämien dargestellt. Abschließend erfolgt zudem die Auflistung

der durchschnittlichen jährlichen Kosten sowie der durchschnittlichen jährlichen Ergebnisse jeweils mit einer Verzinsung von sechs Prozent.

Die Berechnungsdarstellung gewährt einen sehr guten Überblick zum Anfall der jährlichen Kosten und Erlöse. Die Ermittlung der durchschnittlichen jährlichen Kosten und Gewinne bzw. Verluste unter Berücksichtigung der Verzinsung ist allerdings nicht nachvollziehbar und kann entsprechend nicht näher beurteilt werden.

„Methode Wald21“

Die ökonomische Bewertung erfolgt beim Dienstleistungsunternehmen und KUP-Bewirtschafter Wald21 durch die Ausweisung von Deckungsbeiträgen für die Bewirtschaftung sogenannter Energiewälder (KUDLICH 2011). Dabei werden Einzelberechnungen für die Baumarten Pappel und Weide bei unterschiedlichen Ertragsersparungen durchgeführt, das Vorgehen ist für alle Einzelbetrachtungen gleich. Zunächst erfolgt die Berechnung des jährlichen Umsatzes durch Multiplikation des Biomassertrags mit dem erzielbaren Hackschnitzelpreis. Dieser stammt von C.A.R.M.E.N. und geht mit einem Sicherheitsabschlag von 25 Prozent in die Kalkulation ein, gleichzeitig wird ein jährlicher Preisanstieg von vier Prozent unterstellt. Die Kostenseite beinhaltet die Investitions-, Ernte-, Logistik-, Düngungs- und Rekultivierungskosten, diese werden unter Beachtung einer Steigerungsrate von jährlich vier Prozent bei der Flächenanlage bzw. zwei Prozent bei Ernte und Logistik in eine jährliche Kostenposition umgerechnet. Durch Abzug dieser Größe vom ermittelten Umsatz ergibt sich der jährliche Ertrag in Euro je Hektar.

Auf die nicht unproblematische Wahl von Teilkostenrechnungen für die Bewertung der Dauerkultur KUP wurde bereits mehrfach hingewiesen. Hier kommt erschwerend hinzu, dass für eine Gegenüberstellung mit landwirtschaftlichen Kulturen die Ergebnisse dieser ebenfalls unter Berücksichtigung unterschiedlicher Steigerungsraten der Erlös- und Kostenpositionen kalkuliert werden sollten, um eine in etwa übereinstimmende Vergleichsbasis gewährleisten zu können. Methodisch unsauber ist hingegen die Verwendung von Hackschnitzelpreisen mit beinhaltenen Mehrwertsteuer in Kalkulationen, die grundsätzlich auf Netto-Angaben basieren. Der hier unterstellte Preis reduziert sich bei Abzug der Mehrwertsteuer und der Berücksichtigung des Sicherheitsabschlags um rund 16 Prozent, dies hat im Durchschnitt 30 Prozent geringere jährliche Erträge (Deckungsbeiträge) zur Folge.

„Methode BB Göttingen“

In einem Rundschreiben aus dem Sommer 2014 erläutert RIEDEL (2014) beispielhaft die ökonomische Bewertung von KUP. Auf der Grundlage des DLG-Standards (vgl. WAGNER et al. 2012) führt er eine Vollkostenkalkulation für eine dreijährige Rotationsdauer bei einer Gesamtstandzeit von 21 Jahren durch. Zusätzlich berücksichtigt er unbepflanzte Areale an den Randbereichen von einem Fünftel der Gesamtfläche, was entsprechend zu einer Reduzierung des Ertrags je Hektar führt.

Die verwendeten Eingangsdaten sind aufgrund der übersichtlichen Darstellung gut nachvollziehbar. Allerdings treten im Verlauf der Bewirtschaftung Flächen- und Gemeinkosten in teilweise unterschiedlicher Höhe und in zu hoher Anzahl auf (22 Kostenangaben in 21 Jahren), ohne dass eine Inflation unterstellt wäre. Die Ergebnisaufstellung durch Saldierung der Kosten und Erlöse sowie die Berücksichtigung der

Zinsen ist nicht schlüssig und keinesfalls nachvollziehbar. Zudem werden trotz der Ausweisung von Erlösen lediglich Stückkosten der Hackschnitzelerzeugung aufgeführt. Im Fazit schlussfolgert der Autor schließlich, dass KUP nur auf marginalen Flächen rentabel wären (Grundrente unter 200 Euro je Hektar), allerdings weist er in seiner Berechnung weder Kapitalwert noch Annuität aus, die einen solchen Vergleich erst ermöglichen könnten.

Die wenigen aufgeführten Beispiele zeigen bereits eine Vielzahl an Bewertungsoptionen des Produktionsverfahrens. Entscheidend aus Sicht des potentiellen Anwenders sind eine übersichtliche Darstellung der Eingangsparameter sowie nachvollziehbare Rechengänge. Kalkulationen in Form einer Black Box sind hingegen für eine praktische Nutzung nicht geeignet. In welchem Maße eine Berücksichtigung von Kosten- und Erlössteigerungen während der Bewirtschaftungsdauer erfolgen sollte, hängt grundsätzlich von der individuellen Situation ab. Ist einem Landwirt aufgrund einer angebotenen festen Abnahmegarantie der zukünftige Hackschnitzelpreis bekannt, sollte dieser entsprechend in die Kalkulation einfließen.

5 Ergebnisse der betriebswirtschaftlichen Betrachtungen

5.1 Ökonomische Betrachtungen KUP

5.1.1 Ökonomie KUP freier Markt

Bei fehlender Eigenverwertung oder nicht vorhandenen bzw. aufgrund von Betriebsaufgabe weggebrochenen Verwertungsstrukturen mit langfristig gesicherter Biomasseabnahme in der unmittelbaren Umgebung bleibt dem Landwirt häufig nur ein Verkauf der Hackschnitzel an Biomassehöfe oder Zwischenhändler zu regional und saisonal sehr unterschiedlichen Marktpreisen. Im Vergleich zur Getreidevermarktung ist die Abnehmerdichte im Freistaat Sachsen allerdings deutlich geringer, was häufig mit größeren Transportwegen verbunden ist.

Zunächst erfolgt anhand einer Beispielrechnung für einen ertragreichen Standort in Mittelsachsen (Gemeinde Zettlitz) eine Gegenüberstellung der ökonomischen Ergebnisse der verschiedenen Verfahrensketten der Hackschnitzelproduktion jeweils für die Optionen Eigenmechanisierung und Bewirtschaftung in Dienstleistung. Dabei finden die in Kapitel 4.2.2 beschriebenen Kosten für die einzelnen Verfahrensschritte Verwendung, die Biomasseertragsleistung sowie der Hackschnitzelerlös sind für beide Optionen identisch. Die durchschnittlichen Ertragszuwächse je Umtrieb leiten sich aus den Modellierungen von HORN (2015) ab. Der Marktpreis für die produzierte Biomasse wird in Anlehnung an die Preisberichterstattung von C.A.R.M.E.N. je nach gelieferter Qualität (Wassergehalte von 55, 35 und 15 Prozent) mit 105, 137 bzw. 169 Euro je Tonne (atro) angenommen (s. Anhang 4.29). Bei der Trocknung der Hackschnitzel auf Wassergehalte von 35 bzw. 15 Prozent wird für alle Verfahrensketten sowohl in Eigenregie als auch in Dienstleistung eine Lohntrocknung unterstellt. Anschließend werden für die Verfahrenskette Mäh Hacker beispielhaft Sensitivitätsanalysen durchgeführt, um die Wirkungen von Kostenveränderungen sowie unterschiedlich großen Lieferentfernungen und Stockmortalitäten auf das Kalkulationsergebnis aufzuzeigen. Des Weiteren erfolgt eine vergleichende Darstellung der Annuitäten für die Bereitstellungsketten Mäh Hacker, Harvester und Motorsäge auf Gemeindebasis für den gesamten Freistaat Sachsen.

5.1.1.1 Vergleich Eigenmechanisierung vs. Dienstleistung

Zum besseren Verständnis der insgesamt 42 durchgeführten Kalkulationen für die gewählte Gemeinde Zettlitz wird an dieser Stelle beispielhaft die Datengrundlage für die Verfahrenskette Feldhäcksler zur Gewinnung erntefrischer Hackschnitzel bei Eigenmechanisierung dargestellt (s. Tabelle 5.1). Die ausführliche Berechnung kann in Anhang 5.1 nachvollzogen werden.

Tabelle 5.1: Datengrundlage der Beispielkalkulation Verfahrenskette Feldhäcksler

Arbeitsverfahren bzw. Parameter	Häufigkeit je Nutzungsdauer	Einheit	Wert
Unkrautbekämpfung	1	€/ha	31,73
Pflügen	1	€/ha	93,48
Saatbettbereitung	1	€/ha	36,01
Pflanzgut	1	€/ha	1.680,00
Pflanzung	1	€/ha	490,46
Pflege	1	€/ha	157,14
Ernte	6	€/ha	563,20
Transport	6	€/t _{atro}	19,77
Düngung	3	€/t _{atro}	4,80
Rückwandlung	1	€/ha	1.323,73
Flächenkosten	24	€/ha	256,00
Gemeinkosten	24	€/ha	150,00
Durchschnittsertrag		t _{atro} /ha/a	11,02
Hackschnitzelpreis		€/t _{atro}	105,00

Quelle: eigene Berechnungen

Beim Vergleich der jeweiligen Verfahrensketten ergeben sich zwischen Eigenmechanisierung und Dienstleistung kaum Unterschiede in der Höhe der berechneten Annuitäten, wie aus Tabelle 5.2 ersichtlich wird.

Tabelle 5.2: Annuitätenvergleich der untersuchten Verfahrensketten bei Eigenmechanisierung und Dienstleistung (Werte in Euro je Hektar)

Verfahrenskette	Wassergehalt 55 Prozent		Wassergehalt 35 Prozent		Wassergehalt 15 Prozent	
	Eigenleistung	Dienstleistung	Eigenleistung	Dienstleistung	Eigenleistung	Dienstleistung
Feldhäcksler (4)	63,30	63,46	122,69	122,86	250,37	250,53
Mäh Hacker (4)	117,62	102,03	177,01	161,43	304,69	289,10
Mähsammler (4)	-88,49	-137,96	144,96	91,80	200,92	147,76
Harvester+Forwarder (8)	-101,75	-90,83	161,05	167,97	220,85	227,77
Harvester+Hacken (8)	-72,99	-70,61	-8,65	-6,28	129,43	131,81
Motorsäge+Teelader (8)	-49,04	-66,29	213,77	192,51	273,57	252,31
Motorsäge+Hacken (8)	9,69	9,14	74,02	73,47	212,11	211,55

Anmerkungen:

(4) = vierjähriger Umtrieb, (8) = achtjähriger Umtrieb.

Die kursiv dargestellten Werte weisen die Ergebnisse der mit den Verfahrensketten typischerweise produzierten Hackschnitzelqualitäten aus (ohne zusätzliche Trocknung des Hackguts).

Quelle: eigene Berechnungen

Lediglich bei den Verfahrensketten Mäh Hacker, Mähsammler sowie Motorsäge und Teleskoplader erweist sich die Bewirtschaftung mit eigener Erntetechnik als etwas vorteilhafter im Vergleich zum Dienstleistungsangebot. Aufgrund dieser Ergebnisse sowie der Tatsache, dass eine KUP-Bewirtschaftung in Eigenregie mit erheblichen Investitionskosten für die Spezialtechnik verbunden ist, wird für alle weiteren Betrachtungen jeweils eine Bewirtschaftung durch Dienstleistungsunternehmen unterstellt. Nur beim Verfahren

Motorsäge und Teleskoplader erfolgen Ernte und Rücken in Eigenleistung, da sowohl Motorsäge(n) als auch ein Teleskoplader in der Regel zur allgemeinen Ausstattung landwirtschaftlicher Unternehmen gehören und die Tätigkeiten keine speziellen Qualifikationsanforderungen an die ausführenden Personen stellen. Weiterhin werden zur besseren Übersichtlichkeit die nachfolgenden Analysen auf die drei Verfahrensketten Mähacker, Harvester und Motorsäge beschränkt.

5.1.1.2 Sensitivitätsanalysen für ausgewählte Parameter

Anhand der Verfahrenskette Mähacker wird veranschaulicht, wie sich Veränderungen einzelner Eingangsparameter unter sonst gleichen Bedingungen (*ceteris paribus*) auf die Höhe der Annuität auswirken. Diese Aussagen zur Sensitivität des Ergebnisses – hier des durchschnittlichen Gewinnbeitrags – lassen sich in ihren grundsätzlichen Tendenzen auch auf die anderen Verfahrensketten übertragen.

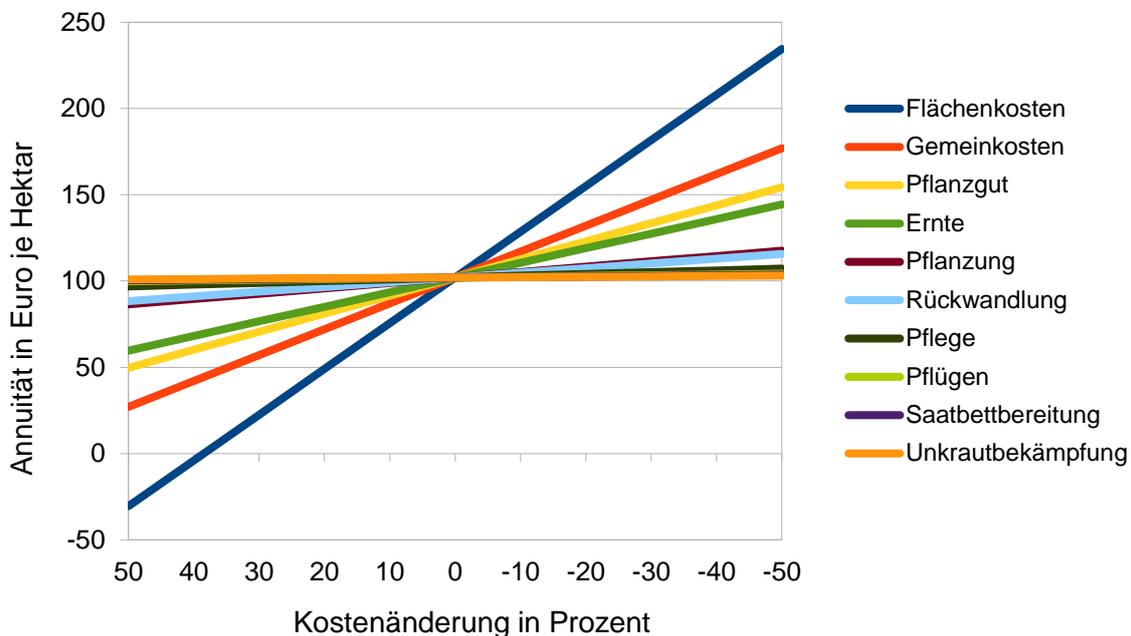


Abbildung 5.1: Einfluss der Kostenänderung einzelner Eingangsparameter auf die Höhe des Gewinnbeitrags bei der Verfahrenskette Mähacker

Quelle: eigene Darstellung

In der ursprünglichen Kalkulation wird beim Mähackereinsatz ein jährlicher Gewinnbeitrag von rund 102 Euro je Hektar erzielt (s. Tabelle 5.2). Den größten Einfluss auf die Veränderung der Annuität bei einer Kostenänderung von jeweils zehn Prozent haben die jährlich anfallenden Flächen- und Gemeinkosten mit 26,50 bzw. 15,00 Euro je Hektar. Mit deutlichem Abstand folgen die Parameter Pflanzgut- und Erntekosten (10,46 bzw. 8,47 Euro je Hektar). Eine Kostenvariation aller übrigen Arbeitsschritte wirkt sich kaum auf den erzielbaren Gewinnbeitrag aus (s. Abbildung 5.1).

In der Sensitivitätsanalyse nicht berücksichtigt wurden die Transportkosten der Hackschnitzel, da diese in Abhängigkeit von der Zuwachsleistung je Umtrieb in unterschiedlicher Höhe anfallen und folglich nicht über die gesamte Bewirtschaftungsdauer

hinweg als einheitlicher Wert in Euro je Hektar abgebildet werden können. Sinnvoller erscheint daher eine Betrachtung der Wirkung der Transportkosten in Bezug auf die Lieferentfernung zum Abnehmer. So erhöht sich die Annuität bei Halbierung der Transportstrecke von 20 auf zehn Kilometer auf rund 174 Euro je Hektar, eine Verdopplung der Distanz zum Endkunden auf 40 Kilometer führt hingegen zu Verlusten von 29 Euro je Hektar. Die „kritische Transportentfernung“, bei welcher der Kapitalwert der Investition und somit entsprechend der Gewinn des Produktionsverfahrens gleich null sind, liegt bei rund 36 Kilometern.

Eine noch deutlichere Gewinnbeeinflussung zeigt die Variation des durchschnittlichen Ertragszuwachses. In den Kalkulationen ist beim vierjährigen Umtrieb eine jährliche Stockmortalität von einem Prozent ab dem Jahr nach der ersten Ernte unterstellt. Wird hingegen keine Mortalität berücksichtigt, steigt die Annuität auf 194 Euro je Hektar. Bei einer Verdopplung der Mortalitätsrate auf zwei Prozent sinkt die Annuität auf 23 Euro je Hektar.

5.1.1.3 Gesamtbetrachtungen für den Freistaat Sachsen

Wie die Beispielkalkulation in Abschnitt 5.1.1.1 zeigt, lassen sich beim vierjährigen Umtrieb in der Variante Dienstleistung mit der Verfahrenskette Mäh Hacker die höchsten Gewinnbeiträge erzielen. Beim achtjährigen Umtrieb erweisen sich die Verfahren mit einer Zwischenlagerung der Ganzbäume im Vergleich zu einem sofortigen Hacken als wirtschaftlicher, da durch die Bereitstellung trockenerer Hackschnitzel ein höherer Erlös erzielt werden kann, der trotz der notwendigen Rückemaßnahme, auftretender Lagerverluste und Kosten für den Lagerplatz zu einer Steigerung des Gewinnbeitrags führt.

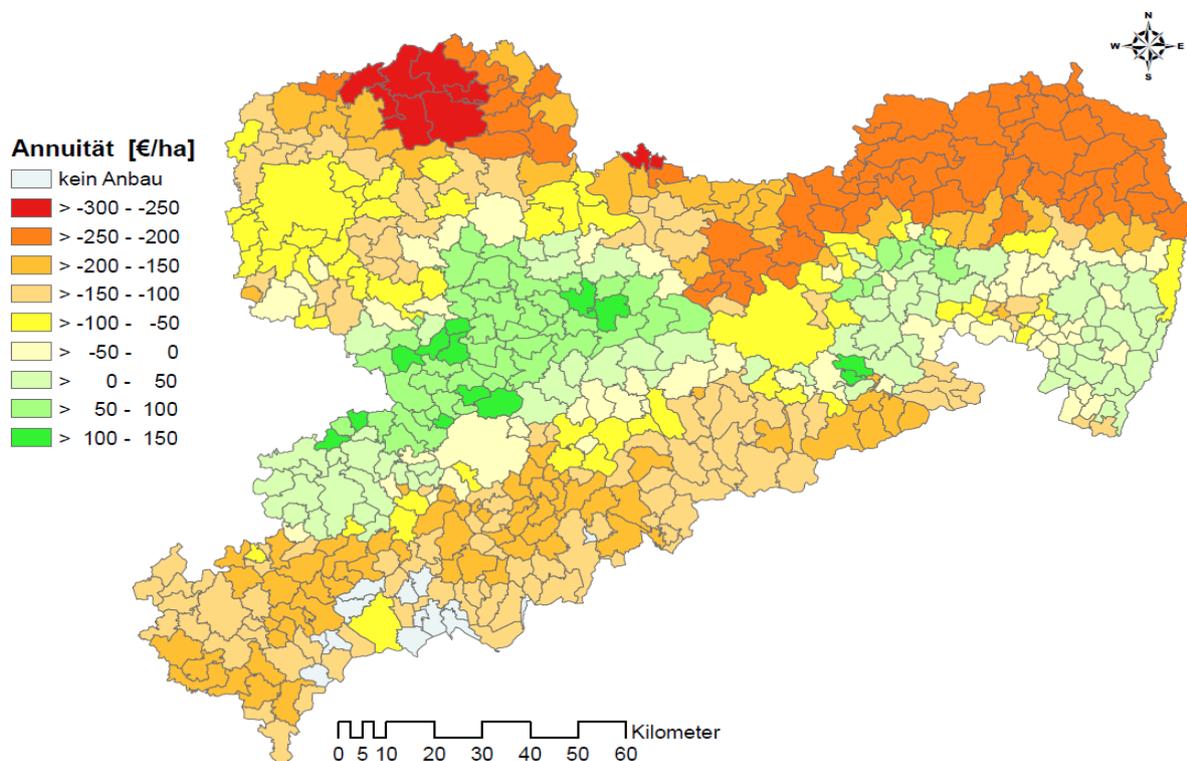


Abbildung 5.2: Annuitäten Mäh Hacker (Euro je Hektar; Wassergehalt 55 Prozent)

Quelle: eigene Darstellung

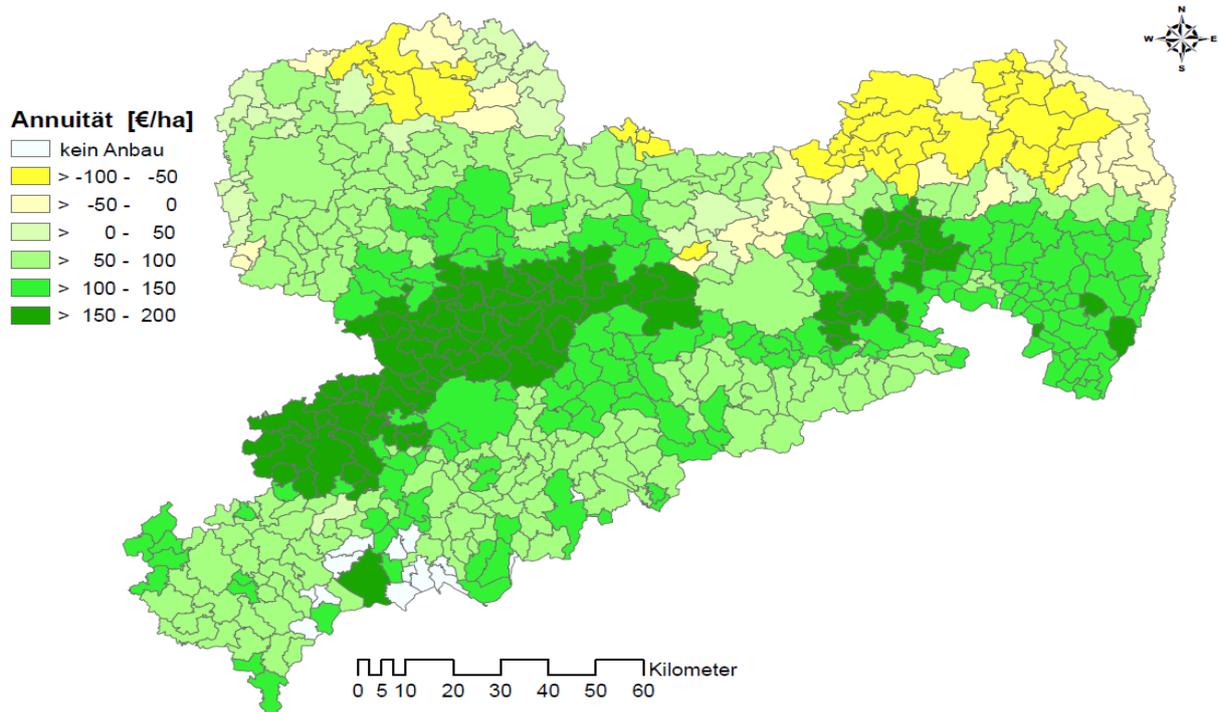


Abbildung 5.3: Annuitäten Harvester (Euro je Hektar; Wassergehalt 35 Prozent)

Quelle: eigene Darstellung

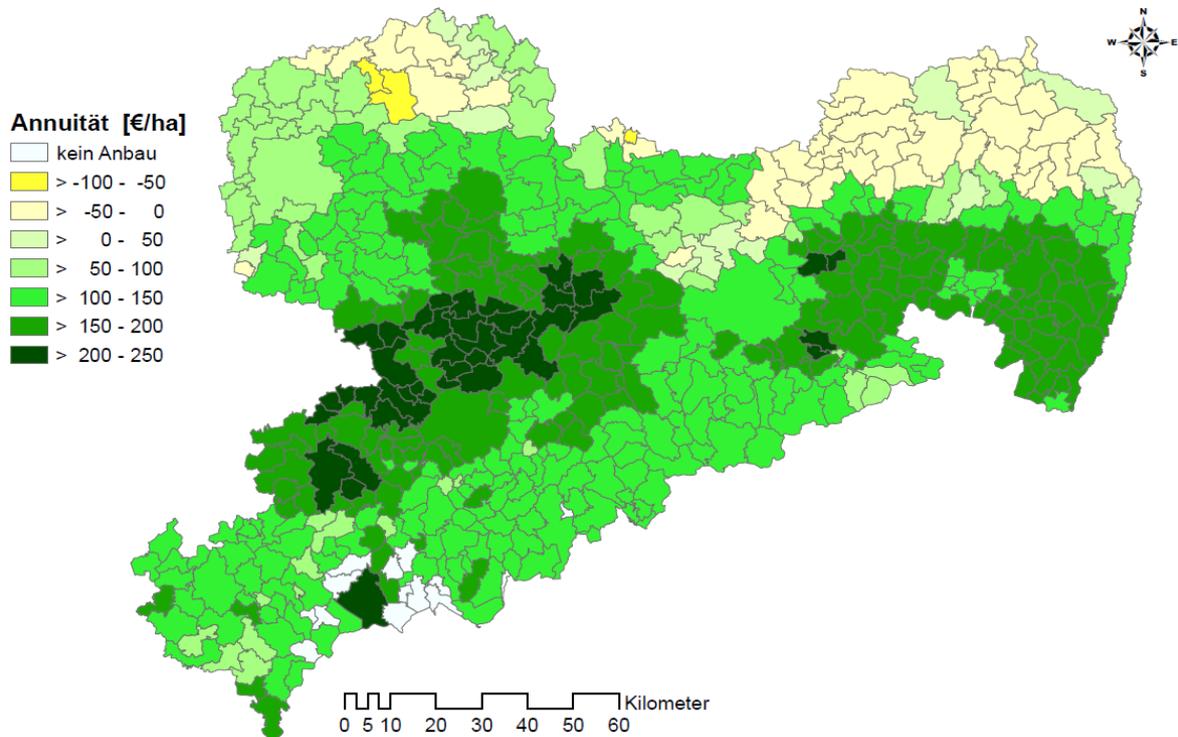


Abbildung 5.4: Annuitäten Motorsäge (Euro je Hektar; Wassergehalt 35 Prozent)

Quelle: eigene Darstellung

Ohne die Möglichkeit einer zusätzlichen (technischen) Trocknung werden mit den Verfahren typischerweise Hackschnitzel mit 55 (Mäh Hacker) bzw. 35 Prozent Wassergehalt (Harvester und Motorsäge, kein sofortiges Hacken auf der Fläche) erzeugt. Ein Vergleich auf dieser Basis erbringt für jede Gemeinde im Freistaat Sachsen die gleiche Rangfolge der Höhe der Gewinnbeiträge. So werden beim Verfahren Motorsäge und Teleskoplader stets die höchsten Annuitäten ausgewiesen; gefolgt vom Verfahren Harvester und Forwarder und dem Mäh Hacker (s. Abbildung 5.2 bis Abbildung 5.4 sowie Anhang 5.2 bis Anhang 5.25).

Grundsätzlich zeigen die Ergebnisse, dass auf ertragsschwachen Standorten mit einer zusätzlich unzureichenden Wasserversorgung unabhängig von der Umtriebszeit die geringsten Annuitäten erzielt werden. Beim vierjährigen Umtrieb liegen diese zumeist im negativen Bereich, teilweise können sogar beim achtjährigen Umtrieb keine positiven Gewinnbeiträge erzielt werden. Dies betrifft vor allem Gemeinden in den Agrarstrukturgebieten „Heide“ und „Gebirge“ im Norden bzw. Süden des Freistaats. Hier sollte geprüft werden, inwieweit andere Baumarten neben der Pappel eventuell bessere Ergebnisse erzielen können (z. B. die Robinie auf Standorten mit geringer Bodengüte bzw. schlechter Wasserversorgung oder die Weide in höheren Lagen). Gunststandorte des Energieholzanbaus befinden sich in den intensiven Ackerbaugebieten im Mittelsächsischen Lößhügelland sowie im ostsächsischen Hügelland. Hier können unter den in den Kalkulationen berücksichtigten Rahmenbedingungen sowohl im vierjährigen als auch im achtjährigen Umtrieb positive Gewinnbeiträge erzielt werden.

5.1.2 Ökonomie KUP bei Anwendung von Geschäftsmodellen

Die Analysen zur ökonomischen Vorteilhaftigkeit bei der Anwendung verschiedener Geschäftsmodelle erfolgen in Hinblick auf eine Reduzierung des zeitlichen Berechnungsaufwands nicht für das gesamte Bundesland sondern lediglich für die „Region Grimma“. Diese befindet sich östlich der Stadt Leipzig und umfasst in ihrer territorialen Ausdehnung eine Vielzahl der Gemeinden des ehemaligen Landkreises Muldentalkreis sowie zwei Gemeinden des Altkreises Leipziger Land. In Anlehnung an die bisherigen Kalkulationen wurden alle Gemeinden in einem Umkreis von 20 Kilometern um die in Grimma-West gelegene Biomasseanlage berücksichtigt. Die Ackerstandorte sind gekennzeichnet durch ein mittleres bis hohes Energieholzertragspotenzial. Ausschlaggebend für die Auswahl dieser Betrachtungsregion waren sehr ausführliche Projektaktivitäten im Rahmen des BMBF-Verbundprojekts AgroForNet, wo unter anderem eine potenzielle Wertschöpfungskette mit Hackschnitzeln aus KUP zur anteiligen Versorgung des Heizwerks Grimma-West untersucht wurde (SCHNEIDER und GEROLD 2014).

Nachfolgend werden mögliche Ausgestaltungsvarianten verschiedener Geschäftsmodelloptionen kurz vorgestellt und deren ökonomische Wirkung aufgezeigt.

5.1.2.1 Vertragsanbau

Beim Vertragsanbau sind grundsätzlich zwei Gestaltungsoptionen denkbar. Einerseits erfolgt eine nahezu komplette Übernahme der Etablierungs- sowie der Bewirtschaftungskosten und damit auch der Anbaurisiken durch den Abnehmer. Der Landwirt bleibt Flächenbewirtschafter und erhält neben der Flächenprämie eine jährliche Vergütung in Abhängigkeit der Lieferentfernung zum Zielort sowie des Ertragspotenzials des Standorts.

Nach einem solchen Modell wirtschaftet der Energieversorger Vattenfall recht erfolgreich in den Regionen Nordostdeutschland und Westpolen (s. Kapitel 2.2.4), im Text wird fortan die Bezeichnung „Modell Finanzierung“ verwendet. Bei der zweiten Variante beteiligt sich der Abnehmer mit einem Investitionszuschuss an der Flächenetablierung (Einmalzahlung) sowie der Übernahme der Kosten für Ernte, Transport und Rückwandlung zuzüglich einer jährlichen Zahlung und erhält im Gegenzug die produzierte Biomasse zu einem vertraglich abgesicherten Preis weit unter dem lokalen Marktpreis. Diese Option des Vertragsanbaus wird nachfolgend als „Modell Beteiligung“ bezeichnet. Bei beiden Gestaltungsoptionen erfolgt die Bewirtschaftung mit der Verfahrenskette Mäh Hacker, also im vierjährigen Umtrieb bei Lieferung erntefrischer Hackschnitzel.

„Modell Finanzierung“

Da in der Region aktuell keine Biomasseanlage nach einem solchen Modell mit Hackschnitzeln versorgt wird, müssen für die Durchführung der Berechnungen vereinfachte Annahmen getroffen werden. Um das Konstrukt möglichst übersichtlich zu gestalten, wird von einer jährlich konstanten Vergütung ohne Anpassung über die Laufzeit ausgegangen. Die jährlichen Vergütungshöhen werden mit 300, 400 und 500 Euro je Hektar angesetzt. Der Landwirt übernimmt die Kosten für die Flächenvorbereitung und die Bestandspflege, welche hier nach Dienstleistungssätzen verrechnet werden. Zusätzlich muss er Flächen- und Gemeinkosten berücksichtigen. Alle übrigen Kosten für die Pflanzung und die weitere Bewirtschaftung der KUP bis zur Rückwandlung der Fläche übernimmt der Abnehmer. Für die Landwirte in den Gemeinden der „Region Grimma“ entstehen so einmalige Kosten in Höhe von 303 Euro je Hektar für Flächenvorbereitung und Bestandspflege sowie jährlich zu berücksichtigende Flächenkosten je nach Ertragsfähigkeit des Standorts zwischen 188 und 280 Euro je Hektar und Gemeinkosten von 150 Euro je Hektar.

Anhand der dargestellten Kostenblöcke wird schnell ersichtlich, dass bei einer jährlichen Vergütungshöhe von 300 Euro je Hektar keine positiven Annuitäten erzielt werden können. Erst bei Gewährung einer Zahlung von 500 Euro je Hektar und Jahr werden auf allen Standorten positive Gewinnbeiträge zwischen 47 und 154 Euro je Hektar erwirtschaftet.

Vergleicht man die ermittelten Ergebnisse mit denen der Verfahrenskette Mäh Hacker bei Lieferung von erntefrischen Hackschnitzeln zu Marktpreisen, so werden auf den Standorten mit mittleren durchschnittlichen Ertragszuwächsen bis 8,5 Tonnen (atro) je Hektar und Jahr beim „Modell Finanzierung“ ab einer jährlichen Zahlung von etwa 255 bis 320 Euro je Hektar zwar höhere Annuitäten erzielt, die jährlich notwendigen Grenzvergütungen zur Erzielung eines Kapitalwerts von null liegen jedoch zwischen 360 und 400 Euro je Hektar. Für Hohertragsstandorte mit mittleren jährlichen Zuwächsen von teilweise deutlich über zehn Tonnen (atro) je Hektar müssen zwingend Jahreszahlungen von 520 Euro je Hektar und mehr erfolgen, damit sich das Geschäftsmodell im Vergleich zum Verkauf am Markt aus Sicht des Landwirts rechnet (s. Anhang 5.26).

„Modell Beteiligung“

Auch dieses Modell wird in der „Region Grimma“ nach aktuellem Kenntnisstand nicht in der Praxis umgesetzt. Im Vergleich zum „Modell Finanzierung“ ist es jedoch deutlich komplexer, da neben der Höhe der Jahreszahlung weiterhin der einmalige Pflanzzuschuss sowie die Vergütung der Hackschnitzel variieren können. Aus diesem Grund soll an dieser Stelle auf

eine ausführliche Bewertung der Kalkulation verzichtet werden. Allgemein kann dennoch festgestellt werden, dass bei Gewährung eines Pflanzzuschusses in Höhe von 50 Prozent der Kosten für Pflanzgut und Pflanzung, also rund 1.000 Euro je Hektar, und einer Hackschnitzelvergütung von 15 Euro je Tonne (atro) nur unwesentlich geringere Jahreszahlungen im Vergleich zum „Modell Finanzierung“ notwendig sind, um in den Bereich der dort erzielten Annuitäten zu gelangen. Lediglich für die Standorte mit hohen Biomasseertragspotenzialen sind aufgrund der Vergütung in Abhängigkeit des Ertrags leichte Reduzierungen der erforderlichen Auszahlungsbeträge erkennbar (s. Anhang 5.27).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass beide erläuterten Modelle des Vertragsanbaus für Landwirte eine Option darstellen können, sofern diese in unmittelbarer Nähe des Abnehmers wirtschaften und der Vertragspartner entsprechend lukrative Zahlungen gewährt. Mit steigender Entfernung der KUP-Flächen zum Lieferort ist mit einer kontinuierlichen Vergütungsreduzierung zu rechnen. Aufgrund der teilweisen bzw. fast vollständigen Übernahme der Kosten durch den Abnehmer trägt dieser auch nahezu das komplette Risiko der Investition, wobei grundsätzlich im Vorfeld der Plantagenetablierung genauere Untersuchungen zur Anbaueignung der potenziellen KUP-Fläche angestellt werden sollten, um Totalausfälle zu vermeiden. Häufig ist eine solche Zusicherung des Landwirts, wonach die bereitgestellte Fläche für den KUP-Anbau geeignet ist, Bestandteil der vertraglichen Regelungen zwischen beiden Parteien. Weitere Forderungen von Seiten des Abnehmers betreffen eine grundsätzliche Erreichbarkeit sowie Befahrbarkeit der Fläche für eine reguläre Bewirtschaftung mit Spezialtechnik, teilweise werden auch Mindestschlaggrößen vorgegeben. Zudem verpflichtet sich der Landwirt über die Gesamtlaufzeit der Vereinbarung zur Lieferung der vertraglich festgelegten Menge, in der Regel umfasst diese den kompletten Aufwuchs der KUP.

5.1.2.2 Vermarktung „frei Stock“

Hier erfolgt die Bewirtschaftung durch den Landwirt bzw. durch von diesem beauftragte Dienstleister, wobei der Biomasseaufwuchs stehend „frei Stock“ vermarktet wird. Die Beerntung übernehmen in der Regel regionale Dienstleistungsunternehmen mit entsprechender Spezialtechnik, neben der Flächen- und Transportlogistik koordinieren diese zusätzlich die Verwertung bzw. Vermarktung des Ernteguts (Biomassehöfe).

Auch für dieses Bewirtschaftungsmodell wird eine Verfahrenskette zur Beerntung von Schnitthalsdurchmessern bis maximal 15 Zentimeter unterstellt, je nach Ausstattung des ausführenden Unternehmens kann die Beerntung mittels Feldhäcksler, Mäh Hacker oder Mähsammler erfolgen.

In der Regel werden für eine solche Vermarktungsoption keine langfristigen Verträge vereinbart. Vielmehr erkundigt sich der Landwirt im Vorfeld der Ernte bei in Frage kommenden Unternehmen und wählt – soweit möglich – einen entsprechenden Anbieter aus. Je nach Zahlungsbereitschaft des Abnehmers ergeben sich sehr unterschiedliche Aussagen zur Lukrativität des Modells. Für die Beispielrechnungen wird eine Spanne der Hackschnitzelpreise von 70 bis 90 Euro je Tonne (atro) unterstellt. Zur Vereinfachung der Berechnung wird dabei angenommen, dass die jeweils gezahlte Vergütung über die gesamte Nutzungsdauer der Plantage, hier also sechs Ernten, konstant bleibt. In Abhängigkeit der

Ertragsfähigkeit des Standorts liegen die Grenzpreise zur Gewinnerzielung zwischen 66 und 88 Euro je Tonne (atro). Bei einem Hackschnitzelpreis von rund 70 Euro je Tonne (atro) werden auf mittleren Standorten in etwa identische Ergebnisse erzielt wie beim Verkauf am freien Markt, auf guten Standorten sind Mindestpreise von knapp 76 Euro je Tonne (atro) erforderlich (s. Anhang 5.28).

Das vorgestellte Modell kann für Landwirte sinnvoll sein, deren ursprünglicher Abnehmer nicht mehr vorhanden ist (z. B. Insolvenz) bzw. sich nicht an die vereinbarten Verträge hält. Grundsätzlich sollte sich ein potenzieller Dienstleister in der näheren Umgebung befinden, damit die Anfahrtkosten gering ausfallen. Das Risiko der Anlage und Bewirtschaftung liegt weiter vollständig beim Landwirt, da lediglich die Kosten für Ernte und Transportlogistik vom Vertragspartner übernommen werden, welcher im Gegenzug eine Vergütung unter dem lokalen Marktpreis zahlt. Dieser kann in Abhängigkeit der Situation am Energieholzmarkt generell stark schwanken. Aufgrund des schmalen Erntefensters (Bäume müssen nach drei bis vier Jahren geerntet werden) bleibt dem Bewirtschafter hier allerdings kaum Spielraum, die Beerntung der KUP in eine Phase günstiger Marktpreise zu legen. Auch ist es für den Landwirt sehr schwierig, die tatsächliche Erntemenge genau zu überblicken. Daher sollte von Seiten des Dienstleisters eine detaillierte Dokumentation der Warenströme erfolgen, die zum Aufbau einer soliden Vertrauensbasis zwischen beiden Vertragsparteien beitragen kann.

5.1.2.3 Belieferung kommunale Heizanlage

Die nachfolgenden Berechnungen geben einen Ergebnisüberblick zur optionalen Versorgung der Heizanlage Grimma-West mit Hackschnitzeln aus KUP. Als Basis für die Höhe des gezahlten Hackschnitzelpreises dient eine Bekanntmachung zur Belieferung der Anlage mit Hackschnitzeln durch ein Versorgungsunternehmen. So wird im Jahr 2016 ein Preis von 21,30 Euro je Schüttraummeter Hackschnitzel mit einem Wassergehalt von 35 Prozent geliefert frei Anlage gezahlt (BÖHME 2014). Umgerechnet auf die Gewichtseinheit entspricht dies einem Hackschnitzelpreis von 152 Euro je Tonne (atro).

Die vertraglich vereinbarten Regelungen betreffen bei diesem Modell ausschließlich die zu liefernde Rohstoffqualität sowie die Liefermenge, für welche der Anlagenbetreiber eine gesicherte Abnahme zum oben genannten Hackschnitzelpreis über die gesamte Vertragslaufzeit garantiert. Im Gegensatz zum Vertragsanbau kann der Landwirt demnach frei über die Art und Weise der Produktion entscheiden. Aufgrund der zu liefernden definierten Hackschnitzelqualität bei einem Wassergehalt von maximal 35 Prozent werden die zweistufigen Verfahrensketten Mähsmahler im vierjährigen sowie Harvester und Motorsäge im achtjährigen Umtrieb vergleichend gegenübergestellt.

Die Berechnungen weisen grundsätzlich sehr hohe Gewinnbeiträge der achtjährigen Umtriebe für alle Gemeinden der „Region Grimma“ aus. Dies ist hauptsächlich durch den sehr hohen Hackschnitzelpreis sowie die gesteigerte Zuwachsleistung bei Erhöhung der Standzeit der Gehölze begründet. Unterschiede der Annuitäten resultieren aus der differenzierten Ertragsfähigkeit der Standorte sowie der Entfernung zur Biomasseanlage. Eine Bewirtschaftung mit dem Mähsmahler führt hingegen nur auf den Hohertragsstandorten sowie in Gemeinden mit geringer Transportentfernung zu positiven Gewinnbeiträgen, der

Abstand zu den Verfahren Harvester und Motorsäge ist allerdings auch hier sehr deutlich (s. Anhang 5.29).

Das Modell scheint für Landwirte sehr attraktiv zu sein, die in näherer Umgebung einer Biomasseheizanlage über geeignete Flächen für die Anlage von KUP in ihrem Unternehmen verfügen. Dies müssen nicht zwangsläufig die besten Ackerflächen sein, vielmehr kann hier auch eine Nutzung von landwirtschaftlichen Grenzstandorten erfolgen, die sich aufgrund von Bewirtschaftungsauflagen, ihrer Lage, Größe oder Form nicht für einen intensiven Ackerbau eignen. Allerdings tragen die Landnutzer auch das volle Risiko der Bewirtschaftung und müssen sich bei teilweisem oder vollständigem Ertragsausfall um Alternativen kümmern, damit die vertraglich zugesicherte Rohstoffmenge fristgerecht geliefert werden kann. Auch für die Abnehmerseite kann eine solche Vertragsgestaltung von Vorteil sein. Zum einen sind aufgrund der gezahlten Preise die benötigten Mengen in der Regel relativ problemlos abzusichern, zum anderen bewirkt eine Fixierung des Preisniveaus bzw. eine nur sehr moderat ausfallende Preisanpassung in den Folgejahren eine sehr hohe Planungssicherheit für den zukünftigen Anlagenbetrieb. Kurze Vertragsabschlüsse mit jährlichen Preiserhöhungen führen hingegen zu einer ständigen Steigerung der Rohstoffkosten und können bei einer absehbaren weiteren Verknappung des Rohstoffangebots den wirtschaftlichen Betrieb der Biomasseanlage auf lange Sicht gefährden.

5.1.2.4 Zusammenfassender Vergleich

Die untersuchten Geschäftsmodelle zeigen sehr unterschiedliche ökonomische Ergebnisse. Da die Eingangsdaten jedoch zum Großteil nicht aus der praktischen Umsetzung stammen, sondern lediglich hypothetische Zahlungsgrößen annehmen, kann an dieser Stelle keine Rangfolge nach der ökonomischen Vorteilhaftigkeit aus der Sicht des Landwirts abgeleitet werden. Grundsätzliche Aussagen zum Produktionsrisiko und zur Rolle des Landnutzers bei den verschiedenen Modellen lassen sich aber durchaus treffen (s. Tabelle 5.3).

Tabelle 5.3: Vergleich der untersuchten Geschäftsmodelle beim KUP-Anbau

Bezeichnung	Geschäftsmodell		
	Vertragsanbau	Vermarktung „frei Stock“	Belieferung Kommune
Bewirtschaftungskosten			
<i>Flächenvorbereitung</i>	Landwirt	Landwirt	Landwirt
<i>Pflanzgut & Pflanzung</i>	Abnehmer	Landwirt	Landwirt
<i>Pflege</i>	Landwirt	Landwirt	Landwirt
<i>Ernte & Logistik</i>	Abnehmer	Abnehmer	Landwirt
<i>Rückwandlung</i>	Abnehmer	Landwirt	Landwirt
Flächenkosten	Landwirt	Landwirt	Landwirt
Gemeinkosten	Landwirt	Landwirt	Landwirt
Höhe Auszahlungspreis	deutlich unter Marktpreis	unter Marktpreis	zum bzw. über Marktpreis
Sonstige Zahlungen	jährliche Vergütung	keine	keine
Bewirtschaftungsrisiko	vollständig beim Abnehmer	vollständig beim Landwirt	vollständig beim Landwirt
Entscheidungsgewalt	vollständig beim Abnehmer	zum Großteil beim Abnehmer	vollständig beim Landwirt
Rolle des Landwirts	Flächenbereiter	Rohstoffproduzent	Rohstofflieferant
Beispiel aus der Praxis	Vattenfall	Hüttmann	Bauernhof Meuselwitz GmbH

Quelle: eigene Darstellung

Beim Vertragsanbau ist unbedingt zu beachten, dass mit Ausnahme der Kosten für Flächenvorbereitung und Pflege zwar alle weiteren Bewirtschaftungskosten vom Biomasseabnehmer übernommen werden, die jährlich auftretenden Flächen- und Gemeinkosten allerdings auch bei diesem Modell vom Landwirt zu tragen sind. Dieser nicht unerhebliche Kostenblock muss daher bei den Verhandlungen über die jährliche Vergütung in angemessener Höhe berücksichtigt werden.

Die Höhe des Auszahlungspreises kann bei den Modellen Vermarktung „frei Stock“ und Belieferung Kommune durchaus schwanken. So ist es ebenfalls denkbar, dass bei beiden Varianten eine Vergütung zum jeweils aktuellen Marktpreis erfolgt, beim Modell „frei Stock“ natürlich abzüglich der Aufwendungen für Ernte und Transportlogistik.

5.1.3 Ökonomie KUP bei finanzieller Förderung in Wasserschutzgebieten

Der intensive Ackerbau kann in Wasserschutzgebieten zu unbefriedigenden Qualitäten des Trinkwassers führen. Grund dafür sind erhöhte Nitratgehalte infolge der organischen und mineralischen Düngung der angebauten Marktfrüchte. Die Anlage von KUP wird als vielversprechende Möglichkeit gesehen, bei einem entsprechenden Verzicht auf Dünge- und Pflanzenschutzmittel und gleichzeitiger Reduzierung der Sickerwasserspende die Qualität des Trinkwassers nachhaltig zu verbessern. In der bayerischen Marktgemeinde Kaufering (Landkreis Landsberg am Lech) wurden im Jahr 2008 Anreize für eine veränderte Ackerflächennutzung in den Trinkwasserschutz-gebieten geschaffen. So erfolgt seither eine finanzielle Unterstützung bei der Anlage von KUP mit einem einmaligen Zuschuss für die Flächenbegründung sowie die Pflege im Anwuchsjahr in Höhe von 650 Euro je Hektar. Zusätzlich erhält der Bewirtschafter eine jährliche Vergütung von bis zu 230 Euro je Hektar bei Verzicht auf Dünge- und Pflanzenschutzmittel sowie für die Einschränkung der verwendeten Baumarten (PERTL 2012).

Das in Bayern praktizierte Vorgehen wird in leicht veränderter Form auf die Gemeinde Naunhof übertragen, da sich hier das flächenmäßig größte Trinkwasserschutzgebiet innerhalb der „Region Grimma“ befindet. Die Zahlungshöhen werden in Anlehnung an das Beispiel Kaufering mit einem einmaligen Zuschuss von 650 Euro je Hektar für die Begründung der KUP sowie einer jährlichen Vergütung beim Verzicht auf Düngung und Pflanzenschutz von 80 Euro je Hektar unterstellt. Die in Bayern zusätzlich gewährte Entschädigung für einen Anbauverzicht der Baumart Erle in Höhe von 150 Euro je Hektar entfällt, da in den sächsischen Gebieten grundsätzlich Pappeln zum Einsatz kommen.

Die betriebswirtschaftliche Bewertung der Maßnahme erfolgt durch einen Vergleich mit den Ergebnissen der konventionellen Bewirtschaftung beim achtjährigen Umtrieb und dem Verkauf am freien Markt. Aufgrund des kompletten Verzichts auf Pflanzenschutz- und Düngemittel muss von einem reduzierten Ertragszuwachs der Gehölze ausgegangen werden. Da hierzu keine Versuchsergebnisse vorliegen, werden anstelle einer jährlichen Mortalität von zwei Prozent ab dem Jahr nach der ersten Beerntung bei konventioneller Bewirtschaftung für die Variante Trinkwasserschutz Mortalitäten von 2,5 bis 4,0 Prozent unterstellt.

Ein Blick auf die ermittelten Gewinnbeiträge zeigt, dass aufgrund der gewährten Zuschüsse für einen grundwasserschonenden Energieholzanbau eine Reduzierung des Biomasseertrags

bis zu einer Mortalität von 3,5 Prozent erfolgen kann und die Ergebnisse dennoch über denen der konventionellen Bewirtschaftung liegen. Müssen jedoch infolge des Verzichts auf Düng- und Pflanzenschutzmittel noch höhere Ertragsseinbußen hingenommen werden, können die Sonderzahlungen den Erlösausfall nicht mehr kompensieren (s. Anhang 5.30).

5.1.4 Ökonomie KUP bei naturschutzfachlicher Anlage

Die staatlichen Naturschutzinstitutionen und auch die Verbände, wie beispielsweise der NABU, sehen die Energieerzeugung durch KUP deutlich positiver als die mit konventionellen, einjährigen Ackerkulturen. Allerdings erfolgt die Akzeptanz der ökologischen Wertigkeit nur dann, wenn Flächenauswahl, Etablierung und Bewirtschaftung der KUP naturverträglich erfolgen. Aus Naturschutzsicht sollten bei der Plantagenetablierung wahlweise die Anlage von Blühflächen oder Grünbrachen am Rande der KUP, die Schaffung oder der Erhalt von Strauchmänteln, eine anteilige Beimischung heimischer, standortorttypischer Gehölze wie Zitterpappel oder Birke sowie möglicherweise ein kompletter Verzicht auf Düng- und Pflanzenschutzmittel erfolgen (s. Abbildung 5.5). Weiterhin erfordern größere Flächeneinheiten zur Vorbeugung einer Monotonisierung zwingend eine abschnittsweise Bepflanzung und Beerntung.

Die aufgelisteten Maßnahmenvorschläge werden sowohl für eine konventionelle als auch eine extensive Bewirtschaftung ohne den Einsatz mineralischer Düng- sowie chemischer Pflanzenschutzmittel exemplarisch für die Gemeinde Naunhof bezüglich ihrer Wirkung auf den Gewinnbeitrag beim Hackschnitzelverkauf am freien Markt bewertet. Im Vergleich zur Ausgangssituation mit flächiger Bestockung beim konventionellen Anbau reduziert sich durch die Anlage von Blühflächen bzw. Grünbrachen an den Randbereichen sowie innerhalb der KUP die effektive Pflanzdichte um zehn Prozent, was entsprechend mit einem Ertragsrückgang in gleicher Höhe verbunden ist. Durch die Gewährung von Fördermitteln für diese als Agrarumweltmaßnahmen anerkannten Flächennutzungen erzielt der Bewirtschafter allerdings einen etwas höheren Gewinnbeitrag im Vergleich zur vollen Bestockung. Aus ökonomischer Sicht nachteilig wirken sich hingegen die Maßnahmen Anlage von Strauchmänteln oder Beimischung heimischer Baumarten aus. Vor allem die anteilige Pflanzung von Zitterpappel und Birke (zusammen 20 Prozent) im Mischanbau mit Pappel (80 Prozent) führt zu einer beachtlichen Reduzierung der Annuität. Zwar kann bei dieser Variante die komplette Fläche bestockt werden, die deutlich geringeren Zuwachspotenziale der beigemischten Baumarten im Vergleich zur Pappel verringern den Hektarertrag der KUP jedoch erheblich (BURGER 2010: 22 und 27; LANDGRAF und SETZER 2012: 10f; NABU und B&P 2015: 50).

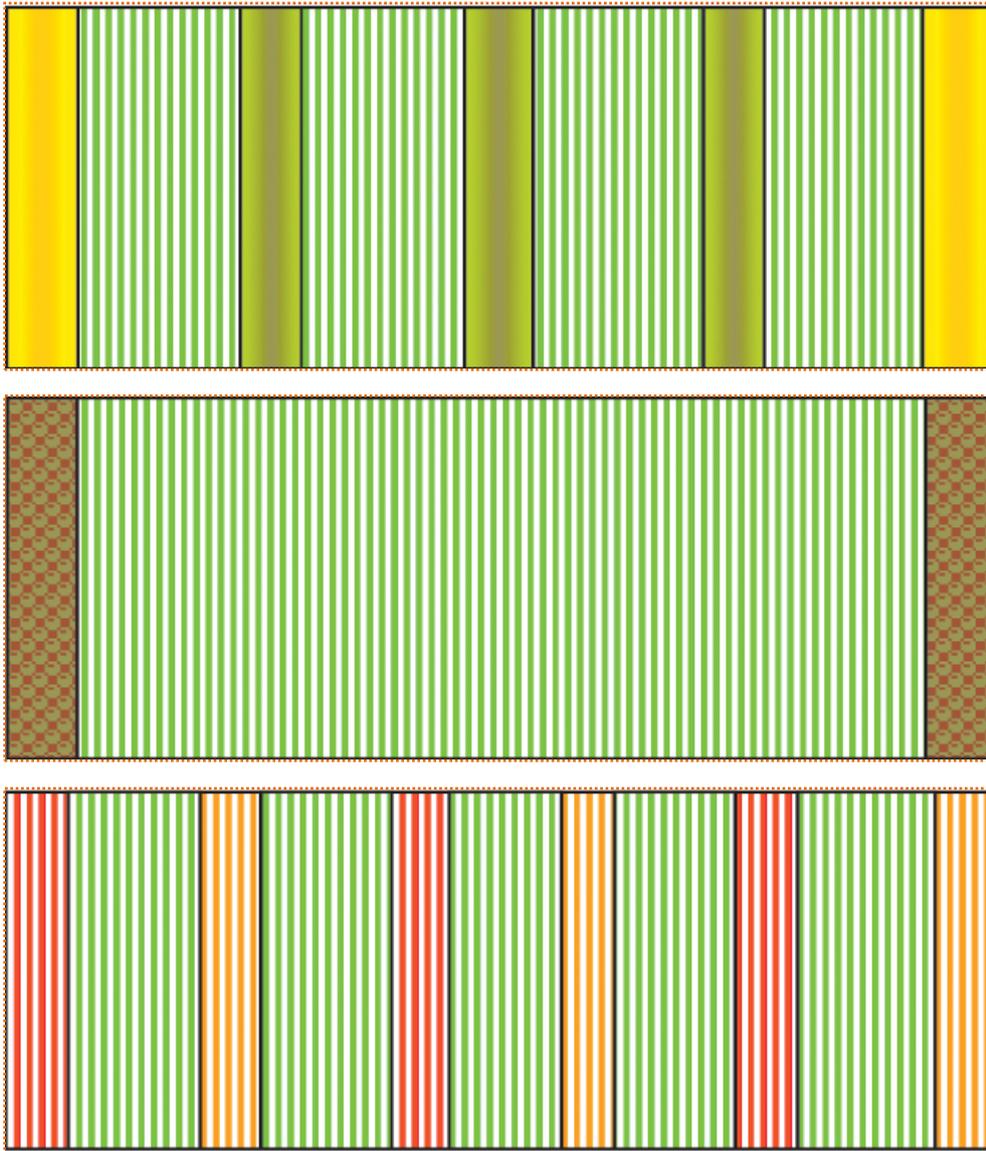


Abbildung 5.5: Schema für die Anlage von Blüh- (gelb) und Brachflächen (grün), Strauchmänteln (braun) sowie für die Beimischung heimischer Gehölze (rot = Birke / orange = Zitterpappel) in einer Pappel-KUP (grün)

Quelle: eigene Darstellung

Bei den extensiven Varianten sind grundsätzlich ähnliche Tendenzen zu beobachten. Da hier insgesamt mit geringeren Biomasseerträgen gerechnet werden muss, liegen die Gewinnbeiträge je Hektar ausnahmslos unter denen der konventionellen Bewirtschaftung. Aus Sicht der Versorgungssicherheit müssen die reduzierten Ertragszuwächse aufgrund der verschiedenen Maßnahmen zur Steigerung der Naturverträglichkeit der KUP entsprechend berücksichtigt werden, um bei abgeschlossenen Liefervereinbarungen die vertraglich gebundenen Mengen bereitstellen zu können (s. Tabelle 5.4).

Prinzipiell erscheint eine naturverträgliche Anlage von KUP besonders bei lokalen Versorgungsstrukturen mit einer attraktiven Rohstoffvergütung eine Option für die Bewirtschafter zu sein (vgl. KRÖBER und HEINRICH 2015c). Einerseits können die Landwirte trotz reduzierter Biomasseerträge zufriedenstellende Annuitäten erzielen und andererseits

gewinnt das Produktionsverfahren durch die naturverträgliche Ausgestaltung, welche in erster Linie mit einer optischen Aufwertung der Randbereiche verbunden ist, vor allem an gesellschaftlicher Akzeptanz. Allerdings muss hier darauf hingewiesen werden, dass die im Vergleich zur Standzeit einer KUP mit relativ kurzfristigen Laufzeiten ausgestatteten Förderprogramme keine sichere Kalkulationsgröße für weiter in die Zukunft gerichtete Betrachtungen darstellen können. So führt eine Reduzierung oder gar eine Streichung der Zuschüsse für die Anlage von Blühflächen oder Grünbrachen entsprechend zur Abnahme der ermittelten Annuitäten.

Weiterhin können extensiv bewirtschaftete KUP mit oder ohne Berücksichtigung der verschiedenen ökologischen Gestaltungsoptionen bei Beachtung der Baumartenwahl im Greening als ökologische Vorrangfläche anerkannt werden. Jedoch fällt der für KUP festgelegte Gewichtungsfaktor mit 0,3 sehr niedrig aus, es müssen demnach mehr als drei Hektar für einen Hektar ökologische Vorrangfläche ausgewiesen werden. Genauere Betrachtungen zu den Nutzungsmöglichkeiten von ökologischen Vorrangflächen erfolgen in Kapitel 5.3.

Tabelle 5.4: Durchschnittliche Ertragszuwächse sowie berechnete Gewinnbeiträge bei verschiedenen Optionen der naturverträglichen Anlage von KUP

Anlageoption	Konventionelle Nutzung		Extensive Nutzung	
	Durchschnittlicher Ertragszuwachs [t _{atro} /ha/a]	Annuität [€/ha]	Durchschnittlicher Ertragszuwachs [t _{atro} /ha/a]	Annuität [€/ha]
Ohne Besonderheiten	11,28	102,69	10,67	72,40
Blühfläche	10,15	110,53	9,61	82,81
Strauchmantel	10,72	60,10	10,14	31,09
Baumartenmischung	10,09	-22,65	9,52	-52,15

Quelle: eigene Berechnungen (s. Anhang 5.31)

5.1.5 Ökonomie KUP bei Zertifizierung

In Deutschland beschäftigte sich PEFC Deutschland e.V. (Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes / Programm für die Anerkennung von Waldzertifizierungssystemen) im Jahr 2009 als erstes Zertifizierungsprogramm sehr intensiv mit einem möglichen Zertifizierungssystem für KUP. So wurde in mehreren Workshops mit Vertretern der unterschiedlichsten Interessengruppen (Privat-, Kommunal-, Staatswald, Holzindustrie, Energieunternehmen, Naturschutzverbände, Wissenschaft usw.) eine mögliche Konzeptentwicklung für einen deutschlandweiten Standard diskutiert. Vor allem Naturschutzvertreter sprachen sich für die Notwendigkeit der Einführung verpflichtender Bewirtschaftungsgrundsätze aus, forderten dabei gleichzeitig die Erzielung eines Mehrwerts für den Naturschutz durch die Einhaltung des Standards. Auch von Seiten der Papier- und Pelletindustrie sowie der Energieversorgungsunternehmen gab es Zustimmung für die Erarbeitung eines entsprechenden Nachhaltigkeitsnachweises, um die inländische Rohstoffbasis außerhalb des Forstsektors ausbauen sowie die klimapolitischen Ziele erreichen zu können. Kritisch in Bezug auf eine geplante Einführung des Standards äußerten sich hingegen die Vertreter des Bauernverbands und der Waldbesitzer. Aus Sicht der

Landwirtschaft würden entsprechende Richtlinien zusätzliche bürokratische Hürden mit sich bringen. Zudem existieren bereits Vorgaben zur guten fachlichen Praxis, welche etwa den Umgang mit Dünge- und Pflanzenschutzmitteln regeln und grundsätzlich für alle Ackerkulturen gelten (TEEGELBEKKERS 2009: 2f). Zur praktischen Vertiefung der Diskussionen über das Für und Wider eines speziellen KUP-Standards fand im Frühjahr 2010 zusammen mit der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft e.V. (DLG) eine Fachexkursion zu den Holzfeldern der Viessmann Werke GmbH & Co KG in Nordhessen statt. In deren Ergebnis entstand das einheitliche Meinungsbild unter den Teilnehmern, dass KUP nicht mit nachhaltiger Waldwirtschaft gleichgesetzt werden dürfen und daher ein eigenständiger Standard für den Anbau schnellwachsender Baumarten in KUP erarbeitet werden müsse (TEEGELBEKKERS 2010: 1f). Im Nachgang der Exkursion finden sich jedoch keine weiteren Aktivitäten und Veröffentlichungen zur tatsächlichen Erarbeitung eines Nachhaltigkeitsstandards für die Bewirtschaftung von KUP.

Mit Blick auf die Bestimmungen zu den Nachhaltigkeitsstandards im Kraftstoffsektor schilderte auch FISCHBACH (2010) bereits vor einigen Jahren die Notwendigkeit der Festlegung von Standards für die Erzeugung von fester Biomasse und hier im Speziellen für die Bewirtschaftung von KUP, damit diese einen nachhaltigen Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele der Bundesregierung leisten können. Der Nachweis zur Einhaltung der geforderten Anbaustandards sollte aus ihrer Sicht vor allem für den lokalen Markt, der durch kurze Transportstrecken sowie eine regionale Wertschöpfung gekennzeichnet ist, entsprechende Wettbewerbsvorteile mit sich bringen.

Seit Anfang des Jahres 2014 besteht für Bewirtschafter von KUP schließlich die Möglichkeit, ihre Flächen nach dem DINplus-Zertifikat „Agrarholz nachhaltig angebaut“ zertifizieren zu lassen. Die Erarbeitung des Zertifikats erfolgte in enger Zusammenarbeit zwischen dem Wald-Zentrum an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster und der DIN CERTCO aus Berlin und wurde durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) sowie das Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen finanziell unterstützt. Als Argument für eine notwendige Dokumentation der nachhaltigen Energieholzerzeugung in KUP wird von den mit der Erarbeitung beauftragten Experten vor allem die Chance der Verbesserung der Akzeptanz des Produktionsverfahrens genannt. Konflikte, die beispielweise im Bereich der Biogaserzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen zwischen Landwirten, Anlagenbetreibern und Umweltverbänden auftraten bzw. noch immer schwelen, sollen nach Möglichkeit verhindert werden. Zudem fragen Verbraucher verstärkt zertifizierte Produkte nach, um ihre Außendarstellung gezielt verbessern zu können. Nicht zuletzt werden, ähnlich der bereits geltenden Vorschriften im Biokraftstoffbereich, EU-weit Nachhaltigkeitsstandards für die Erzeugung und Verwertung von Biofestbrennstoffen erarbeitet. Bei der Umsetzung der Zertifizierung standen zwei Leitlinien im Vordergrund. So sollte das Zertifikat einerseits eine naturverträgliche, sozial verantwortliche sowie betriebswirtschaftlich sinnvolle Etablierung und Bewirtschaftung von KUP messbar bewerten und dokumentieren können. Andererseits ist ein Zertifikat nur praxisrelevant, wenn die Kriterien und Indikatoren in einem entsprechend einfachen und transparenten Verfahren erhoben werden können. Daher erfolgte die Erarbeitung auf der Basis diverser Studien, Gesetze und Positionspapiere. Zur Bewertung der praktischen

Anwendbarkeit wurden sämtliche Kriterien zudem mit einem Expertenbeirat in mehreren Beiratstreffen diskutiert sowie auf insgesamt fünf Praxisflächen in Deutschland erprobt. Die Kriterien können nach folgenden fünf Schwerpunkten gegliedert werden:

- I Nationale und internationale Gesetzgebung
- II Auswirkungen auf Natur und Umwelt
- III Wirkungen auf das Klima, Klimaschutz
- IV Flächennutzungskonkurrenz
- V Wirtschaftlichkeit und sozioökonomische Effekte

Die Kosten der Zertifizierung hängen in ihrer tatsächlichen Höhe von der KUP-Fläche des Antragstellers, der Gebührenordnung der DIN CERTCO sowie von der jeweiligen Prüfung ab. Für Betriebe bis 15 Hektar KUP betragen diese für Erstzertifizierung, Kontroll- und Verlängerungsprüfung insgesamt rund 4.200 Euro, was bei einer Laufzeit von fünf Jahren jährlichen Kosten von 840 Euro entspricht. Dabei sind lediglich Dokumentationsunterlagen einzureichen, die einer entsprechenden Konformitätsbewertung unterzogen werden. Die Zertifizierung von Betrieben mit einer KUP-Gesamtfläche von mehr als 15 Hektar fällt aufgrund erhöhter Anforderungen (Betriebsbesichtigung zur Konformitätsbewertung) deutlich teurer aus. Hier liegen die Kosten bei rund 9.600 Euro bzw. 1.930 Euro je Jahr (HAGEMANN et al. 2014; HAGEMANN et al. 2015).

Da für die Berechnungen jeweils eine KUP-Fläche von insgesamt zehn Hektar unterstellt wird, müssen entsprechend jährliche Zertifizierungskosten in Höhe von 840 Euro je Betrieb bzw. 84 Euro je Hektar KUP berücksichtigt werden. Zur Vereinfachung wird angenommen, dass die Zertifizierung über die gesamte Standzeit der Plantage beantragt wird und die Kosten somit jährlich in gleichem Umfang anfallen. Aktuell sind dem Autor keine Abnehmer bekannt die explizit zertifizierte Holzbiomasse nachfragen, entsprechend liegen keine Informationen über Marktpreise für diese Produktqualität vor. Aus diesem Grund werden beispielhaft für jeweils eine sächsische Gemeinde mit hohem, mittlerem und niedrigem Biomassertragspotenzial Grenzpreise für zertifizierte Hackschnitzel mit Wassergehalten von 55 und 35 Prozent ermittelt, sodass identische Gewinnbeiträge wie beim Verkauf konventioneller Ware am freien Markt erzielt werden. Eine Unterscheidung nach der Ertragsfähigkeit des Standorts erscheint an dieser Stelle sinnvoll, da die finanziellen Belastungen durch die Zertifizierung je Flächeneinheit auftreten. Daher ergeben sich unterschiedliche Grenzpreise in Abhängigkeit des durchschnittlichen Ertragszuwachses, wobei die ermittelte Preishöhe mit sinkender Ertragsfähigkeit folglich ansteigt. Wie aus Tabelle 5.5 ersichtlich wird, müssen für erntefrische Hackschnitzel aus zertifizierten KUP Marktpreise zwischen 114 und 124 Euro je Tonne (atro) gezahlt werden, um im Vergleich zur Bewirtschaftung ohne die Einhaltung von Nachhaltigkeitsstandards in etwa identische Gewinnbeiträge zu erzielen. Dies entspricht einer Erhöhung zwischen acht und 19 Prozent im Vergleich zum Marktpreis von 105 Euro je Tonne (atro) für konventionell erzeugte erntefrische Ware. Bei der Vermarktung von Hackschnitzeln mit einem Wassergehalt von 35 Prozent, die am freien Markt mit 137 Euro je Tonne (atro) vergütet werden, sind zur Erzielung gleicher Annuitäten für zertifiziertes Hackgut Preiszuschläge zwischen sechs und neun Prozent bzw. entsprechend Hackschnitzelpreise von 146 bis 150 Euro je Tonne (atro) zu

zahlen. Bewirtschaftet der Betrieb hingegen 15 Hektar KUP, so verteilen sich die jährlichen Kosten von 840 Euro entsprechend auf eine größere Gesamtfläche und sinken auf 56 Euro je Hektar. Bei Unterstellung identischer Anlage- und Bewirtschaftungskosten im Vergleich zur Bezugsgröße von zehn Hektar Anbaufläche reduzieren sich die ermittelten Grenzpreise der Zertifizierung für erntefrische Hackschnitzel auf 111 bis 118 Euro je Tonne (atro) und für Qualitäten mit einem Wassergehalt von 35 Prozent auf 143 bis 146 Euro je Tonne (atro). In Anhang 5.32 wird weiterhin gezeigt, wie sich die Grenzpreise für die Bereitstellung von Hackschnitzeln aus zertifizierter Bewirtschaftung mit einem Wassergehalt von 35 Prozent in Abhängigkeit der gesamtbetrieblichen KUP-Fläche sowie des durchschnittlichen Ertragszuwachses der vergleichend gegenübergestellten Standorte entwickeln. Auch hier werden deckungsgleiche sonstige Kosten des Produktionsverfahrens wie in der Ausgangsberechnung mit zehn Hektar Flächengröße angenommen. Erst bei Erreichen einer Anbaufläche von rund 35 Hektar sind aufgrund der finanziellen Mehrbelastungen der Zertifizierung von Betrieben mit mehr als 15 Hektar KUP ähnlich niedrige Grenzpreise notwendig wie bei einer Bewirtschaftung von maximal 15 Hektar KUP. Eine weitere Zunahme der KUP-Fläche über den Umfang von 35 Hektar hinaus führt anschließend kaum noch zu einer deutlichen Abnahme der berechneten Mindestpreise zur Erzielung identischer Ergebnisse wie beim Verkauf nicht zertifizierter Hackschnitzel zu Marktpreisen.

Tabelle 5.5: Grenzpreise für Hackschnitzel aus zertifizierten KUP in Abhängigkeit des Wassergehalts sowie der Ertragsfähigkeit des Standorts (Werte in Euro je Tonne atro)

Hackschnitzelqualität	Durchschnittliche Ertragsfähigkeit des Standorts			Marktpreis ohne Zertifizierung [€/t _{atro}]
	Hoch	Mittel	Gering	
Wassergehalt 55 %	113,79	117,28	124,44	105,00
Wassergehalt 35 %	145,78	147,15	149,80	137,00

Quelle: eigene Berechnungen

5.2 Vergleich KUP und Marktfruchtanbau

5.2.1 Wettbewerbsfähigkeitsvergleich der Jahre 2007 bis 2014 im Freistaat Sachsen

Die Grundlagen für die Berechnung der Gewinnbeiträge der landwirtschaftlichen Kulturen sind in Kapitel 4.3.2 beschrieben. Zur Vereinfachung der Ergebnisermittlung für die zurückliegenden Wirtschaftsjahre werden für die jeweils untersuchte Kultur identische Bewirtschaftungskosten über den gesamten Betrachtungszeitraum unterstellt. Die Unterschiede in der Höhe des Gewinnbeitrags resultieren demnach ausschließlich aus dem im jeweiligen Jahr realisierten Marktpreis sowie dem erzielten Hektarertrag. Die Ergebnisdarstellung erfolgt rückblickend für die Erntejahre 2007 bis 2014 und berücksichtigt die Kulturen Winterraps, Wintergerste, Winterroggen, Wintertriticale, Winterweizen, Sommergerste und Sommerhafer. Die Kalkulationen beim Energieholzanbau basieren ebenfalls auf den Daten des Jahres 2015. Für die retrospektive Betrachtung wird hier lediglich eine Anpassung des im Erntejahr gezahlten Hackschnitzelpreises bei einem Verkauf am freien Markt vorgenommen. Da C.A.R.M.E.N. erst seit dem Jahr 2012 getrennte Preismeldungen für Hackschnitzel aus Waldholz und KUP herausgibt, kommt für die hier angestellten

Berechnungen durchgehend der Waldhackschnitzelpreis zur Anrechnung. Aus der Vielzahl der betrachteten Verfahrensketten werden die Verfahren Mähacker (Wassergehalt 55 Prozent) und Motorsäge (Wassergehalt 35 Prozent) ausgewählt und den Ergebnissen des Marktfruchtanbaus gegenübergestellt. Sowohl für den Marktfrucht- als auch den Energieholzanbau wird eine direkte Vermarktung zur Ernte unterstellt (keine Berücksichtigung von Lieferkontrakten oder sonstigen Vermarktungsoptionen für Getreide und Ölsaaten), bei der Verfahrenskette KUP mit Motorsäge entsprechend nach der erfolgten Zwischenlagerung sowie dem Hacken der Ganzbäume. Als Verkaufspreise des jeweiligen Betrachtungsjahrs werden folglich die Mittelwerte des dritten Quartals für Getreide- und Ölsaaten bzw. des ersten Quartals für Hackschnitzel angesetzt. Die Transportentfernungen zum Abnehmer betragen zehn Kilometer für die Ackerfrüchte bzw. 20 Kilometer für die Hackschnitzel.

In Abbildung 5.6 ist beispielhaft der Vergleich der ermittelten Gewinnbeiträge von Marktfrüchten und KUP für den Freistaat Sachsen bei einer Durchschnittsbetrachtung der Jahre 2007 bis 2014 dargestellt. Es wird ersichtlich, dass bei durchschnittlichen Preisen und Erträgen des Untersuchungszeitraums im sächsischen Mittel lediglich mit dem Anbau von Sommerbraugerste, Qualitätsweizen sowie Winterraps positive Gewinnbeiträge erzielt werden können. Zudem weist auch der Energieholzanbau im achtjährigen Umtrieb einen mittleren durchschnittlichen Gewinn aus. Für eine vereinfachte Bewertung von typischen Fruchtfolgen in reinen Marktfruchtbetrieben ist in einem weiteren Schritt die Addition der Einzelergebnisse unter Berücksichtigung der Anbauanteile erforderlich. Als gewinnmaximale Fruchtfolge stellt sich hierbei mit einem Betriebsergebnis von 177 Euro je Hektar der Anbau von Winterraps sowie Winterweizen in Selbstfolge dar (Winterraps – Winterweizen – Winterweizen). Da aus phytosanitären Aspekten der Fruchtfolgeanteil von Winterraps maximal 25 Prozent betragen sollte und beim Anbau von Getreidearten in Selbstfolge mit verringerten Erträgen im zweiten Jahr gerechnet werden muss, sind im Sinne einer nachhaltigen Bewirtschaftung veränderte Kulturfolgen anzustreben. Beispielhaft genannt seien an dieser Stelle die Fruchtfolgen Winterraps – Winterweizen – Wintergerste – Winterweizen (124 Euro je Hektar), Winterraps – Winterweizen – Wintergerste – Sommergerste (89 Euro je Hektar) oder Winterraps – Wintergerste – Wintertriticale – Sommergerste (10 Euro je Hektar). Die Ergebnisse zeigen dabei einen deutlichen Rückgang der Gewinnbeiträge mit sinkendem Anteil von Winterraps und Winterweizen im Anbauprogramm (s. Anhang 5.35).

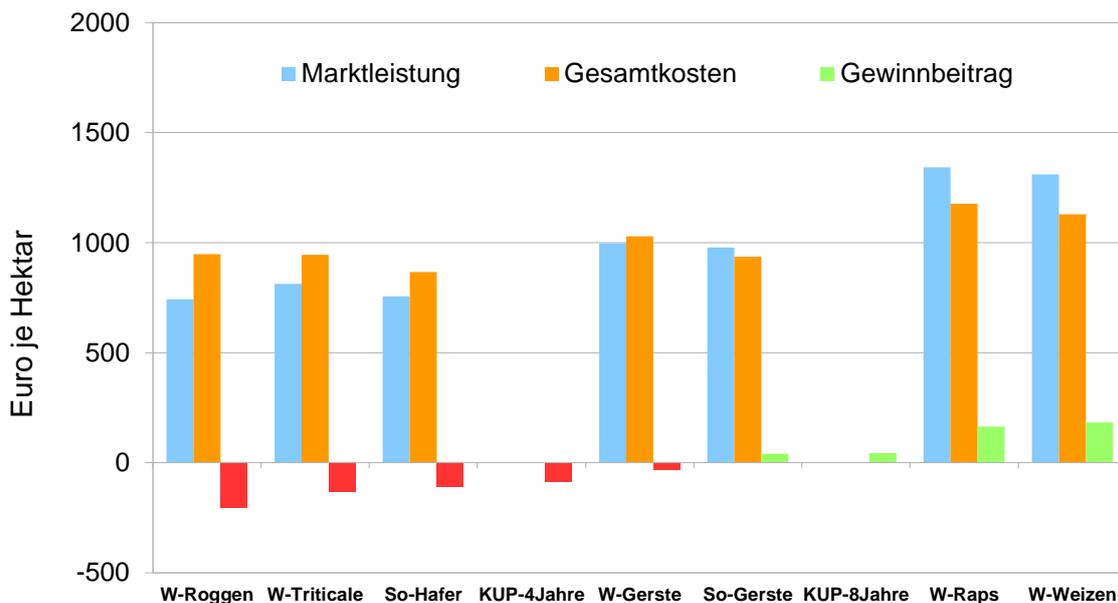


Abbildung 5.6: Gewinnbeiträge von Marktfrüchten und KUP im Freistaat Sachsen (Mittel der Jahre 2007 bis 2014)

Quelle: eigene Darstellung

Die Aussagen für die Einzeljahre 2007 bis 2014 sind hingegen in Abhängigkeit des Erzeugerpreisniveaus sehr unterschiedlich. Während sich aufgrund des Berechnungsansatzes durch die Berücksichtigung identischer Produktionskosten (Stand 2015) und in Folge eines stetigen Anstiegs der Hackschnitzelpreise die Ergebnisse beim Energieholzanzbau bis zum Jahr 2011 kontinuierlich verbessern und anschließend auf einem ähnlichen Niveau stabilisieren, sind in Folge von Preisvolatilitäten am Getreide- und Ölsaatenmarkt sowie variierenden Kultureerträgen durch unterschiedliche Witterungsverläufe im Bereich der Marktfruchtproduktion sehr große jährliche Schwankungen in der Höhe der Gewinnbeiträge festzustellen. Besonders schlechte Ergebnisse aufgrund eines sehr geringen Erzeugerpreisniveaus hatten die Landwirte im Erntejahr 2009 zu beklagen, überdurchschnittlich hohe Gewinnbeiträge konnten hingegen im Jahr 2012 erwirtschaftet werden. Die verwendete Datengrundlage ist sehr ausführlich in Anhang 5.33 und Anhang 5.34 dargestellt, die Ergebnisse der Betrachtungsjahre 2007 bis 2014 finden sich in Anhang 5.35 sowie Anhang 5.36 bis Anhang 5.43.

Anhand der ermittelten Ergebnisse können einige grundsätzliche Aussagen zur Wettbewerbsfähigkeit von KUP im Vergleich zu annuellen Kulturen abgeleitet werden. So ist der Gehölzanzbau in längeren Umtriebszeiten bei gesicherter Abnahme zum aktuellen Hackschnitzelpreisniveau und bei Erzielung von mittleren Erträgen durchaus konkurrenzfähig zum Anbau annueller Kulturen, zumindest zu den im ökonomischen Vergleich tendenziell schwächer abschneidenden Früchten wie Winterroggen oder Wintertriticale. Je nach dem Erzeugerpreisniveau der Ackerkulturen verschiebt sich die Vorteilhaftigkeit in deren Richtung (hohe Preise) oder zugunsten des Gehölzbaus (niedrige Preise). Aufgrund relativ

beständiger Hackschnitzelpreise und jährlicher Biomassezuwächse können mit KUP prinzipiell sehr stabile Gewinnbeiträge erzielt werden, die in ihrer Höhe zwar nicht an die Überschüsse „guter Wirtschaftsjahre“ im Marktfruchtanbau heranreichen, jedoch deutlich über den Ergebnissen in Tiefpreisphasen liegen.

5.2.2 Grenzerträge für ausgewählte Marktfrüchte auf Gemeindeebene

Der im vorherigen Kapitel angestellte Vergleich von Marktfruchtanbau und KUP, basierend auf einer rückblickenden Betrachtung, liefert zwar generelle Aussagen zur Wettbewerbsfähigkeit von KUP, für eine betriebsspezifische Beurteilung müssen jedoch genauere Untersuchungen erfolgen. Hierzu ist es notwendig, eine möglichst kleinräumige Bezugsebene zu wählen. Da die Gewinnbeiträge des Energieholzanbaus auf der Basis der Gemeindeebene ermittelt wurden, empfiehlt sich diese ebenfalls für die Gegenüberstellung von Marktfrüchten und KUP. Allerdings existieren für den Freistaat Sachsen keine flächendeckenden Informationen zu den langjährigen Erträgen landwirtschaftlicher Kulturen auf Gemeindeebene. Eine denkbare Alternative wäre eine vergleichende Betrachtung der Nutzungsoptionen auf Landkreisebene. Im Zuge der letzten Gebietsreform im Jahr 2008 wurde die Anzahl der Landkreise durch Zusammenführung jedoch sehr deutlich reduziert. Folglich würde eine Gegenüberstellung auf genannter Bezugsbasis bereits zu einer erheblichen Verallgemeinerung der Ergebnisaussagen führen. Daher erfolgt der Vergleich an dieser Stelle durch die Bestimmung von Grenzerträgen für ausgewählte Marktfrüchte. Diese lassen sich berechnen, indem auf Vollkostenbasis bei unterschiedlich hohen Erzeugerpreisen die jeweils notwendigen Mindesterträge zur Erzielung eines identischen Gewinnbeitrags wie beim Anbau von KUP ermittelt werden. Die kalkulierten Ergebnisse liefern den ortsansässigen Landwirten in der jeweiligen Gemeinde somit Informationen zur ökonomischen Vorteilhaftigkeit des KUP-Anbaus. Liegen die ausgewiesenen Erträge der Ackerkulturen dabei deutlich unter dem langjährigen Mittel des Betriebs, so stellen KUP keine sinnvolle Alternative dar. Sind hingegen Erträge oberhalb des Betriebsdurchschnitts zur Erzielung eines identischen Gewinnbeitrags wie beim Energieholzanbau notwendig, sollte die Aufnahme von KUP in das Produktionsprogramm des Unternehmens zumindest geprüft werden. Für eine wenigstens grobe Ergebnisinterpretation sind an dieser Stelle die in der Regionalstatistik veröffentlichten Datenreihen der Marktfruchterträge auf Landkreisebene verfügbar. Diese Durchschnittswerte werden dabei entsprechend mit den Ergebnissen der den Landkreisen zugehörigen Gemeinden vergleichend gegenübergestellt. Die Bestimmung von Grenzerträgen für einzelne Kulturen lässt zwar keine unmittelbare Schlussfolgerung auf den wirtschaftlichen Erfolg einer gesamten Fruchtfolge zu, jedoch kann durch die Berechnung der notwendigen Erträge der einzelnen Fruchtfolgeglieder zumindest eine tendenzielle Aussage zur Konkurrenzsituation zwischen KUP und Marktfruchtanbau getroffen werden.

5.2.2.1 Ergebnisse der Grenzertragsermittlung am Beispiel Wintergerste

Da die ökonomische Bewertung einer gesamten Ackerbaufruchtfolge durch die Anwendung der Grenzertragsermittlung nicht ohne weiteres möglich ist, wird für die beispielhafte Darstellung der Bestimmung von Mindesterträgen auf Gemeindeebene die Fruchtart Wintergerste herangezogen. Diese ist im gesamten Freistaat als eine der Hauptkulturen in den angebauten Fruchtfolgen zu finden, zudem sind in der Kreisstatistik lückenlose Zahlenreihen

zu den Ernteerträgen der vergangenen Jahre verfügbar. Zur Einschätzung der Ergebnisse erfolgt ein Vergleich des ermittelten Grenzertrags für jede Gemeinde mit dem Durchschnittsertrag des Landkreises, in dem sich die jeweils untersuchte Gemeinde befindet. Die kleinräumigste Bezugseinheit, für die flächendeckend Werte aus der sächsischen Statistik vorliegen, ist dabei die Landkreisebene vor der Gebietsreform 2008. Um den technischen Fortschritt in der Pflanzenzüchtung sowie in der ackerbaulichen Praxis insgesamt in angemessener Form zu berücksichtigen, wird der Durchschnittsertrag der Jahre 1998 bis 2007 mit dem Faktor 1,1 multipliziert (s. Anhang 5.44). Der Erzeugerpreis für Futtergerste fließt mit einem Wert von 15,00 Euro je Dezitonne, was dem Preismittel der Jahre 2007 bis 2014 im Freistaat Sachsen entspricht (s. Anhang 5.33), in die Berechnungen ein.

Die Ergebnisse der Gegenüberstellung von Gerstenanbau und Energieholzerzeugung sind in Abbildung 5.7 und Abbildung 5.8 dargestellt. Aufgrund der prinzipiell höheren Annuitäten, die bei der Verfahrenskette Motorsäge im Vergleich zum Verfahren Mähacker erzielt werden, liegen die notwendigen Mindesterträge der Wintergerste bei der Hackschnitzelbereitstellung im zweistufigen Verfahren entsprechend über denen des einstufigen Systems. Eine genauere Betrachtung zeigt, dass bei der Verfahrenskette Mähacker die ermittelten Grenzerträge für Wintergerste in nahezu allen Gemeinden der Landkreise Annaberg, Aue-Schwarzenberg, Delitzsch, Mittlerer Erzgebirgskreis, Vogtlandkreis und Zwickauer Land unter dem Ertragsmittel des jeweiligen Landkreises liegen. Das bedeutet, dass in diesen Landkreisen die Energieholzerzeugung im vierjährigen Umtrieb im Durchschnitt der Jahre nicht konkurrenzfähig zum Anbau von Wintergerste ist. Lediglich im Landkreis Mittweida müssten zur Erzielung identischer Gewinnbeiträge von KUP und Wintergerste in allen Gemeinden höhere Erträge für die Wintergerste erzielt werden als der statistisch ausgewiesene Landkreisdurchschnitt. Folglich schneiden im Landkreis Mittweida KUP auch beim vierjährigen Umtrieb ökonomisch vorzüglicher ab als der Anbau von Wintergerste. In allen anderen Landkreisen liegen die notwendigen Mindesterträge für Wintergerste teilweise über und teilweise unter dem jeweiligen Ertragsmittel. Im Vergleich dazu errechnen sich für die Verfahrenskette Motorsäge, also die Energieholzerzeugung im achtjährigen Umtrieb, für nahezu alle Landkreise Grenzerträge die teilweise deutlich über den tatsächlich erzielbaren Erträgen liegen. Lediglich in den Landkreisen Delitzsch, Meißen, Niederschlesischer Oberlausitzkreis, Torgau-Oschatz und Zwickauer Land werden in Gemeinden mit guter Bodenqualität entsprechende Erträge für Wintergerste erzielt, die zu mindestens deckungsgleichen Gewinnbeiträgen führen wie beim Energieholzanbau. Die genauen Ertragsangaben für jede sächsische Gemeinde sind nach Landkreisen geordnet in Anhang 5.45 bis Anhang 5.67 zu finden, die kreisfreien Städte bleiben an dieser Stelle unberücksichtigt.

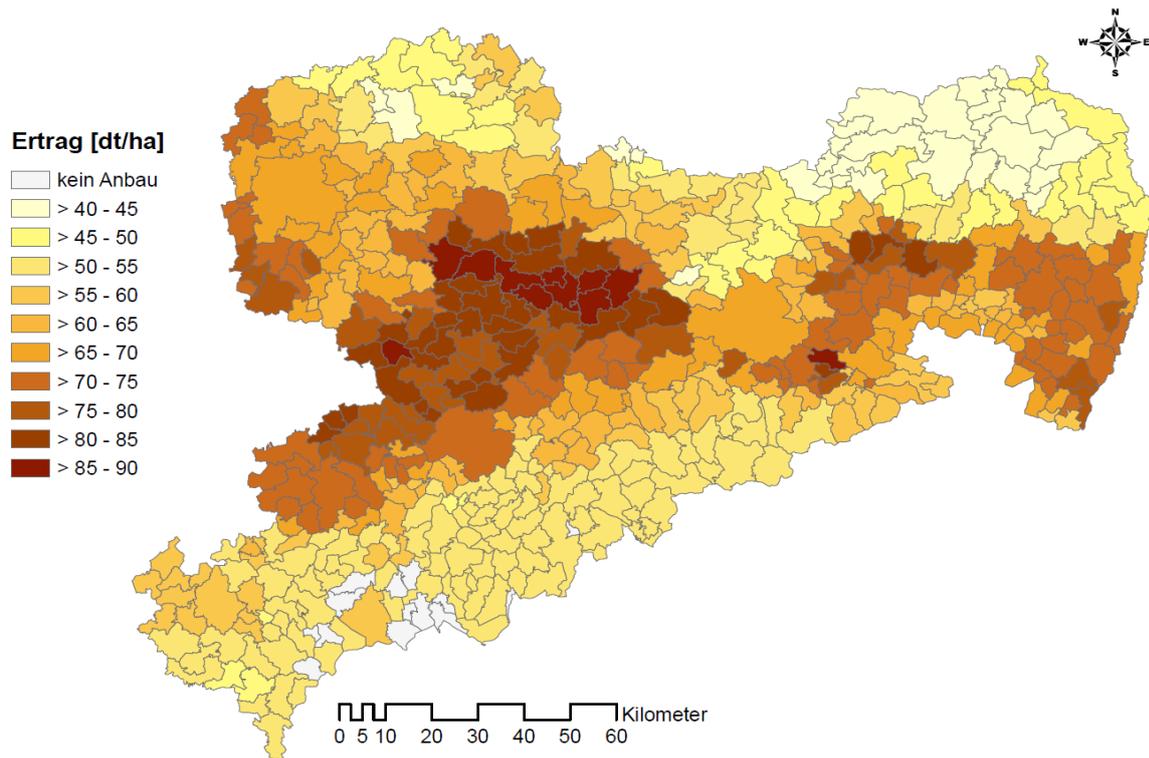


Abbildung 5.7: Grenzerträge für Wintergerste bei der Verfahrenskette Mähacker

Quelle: eigene Darstellung

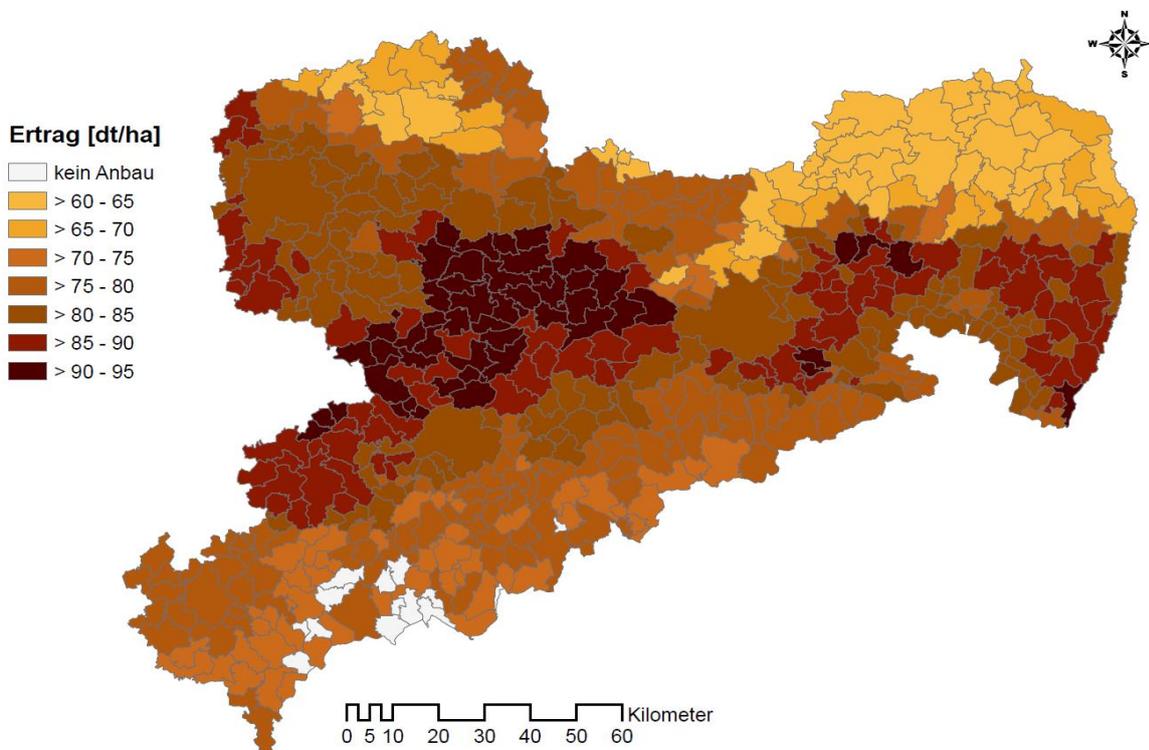


Abbildung 5.8: Grenzerträge für Wintergerste bei der Verfahrenskette Motorsäge

Quelle: eigene Darstellung

5.2.2.2 Ergebnisse „Region Grimma“

Neben der landesweiten Betrachtung wird die Wettbewerbsfähigkeit von KUP und Marktfruchtanbau zudem anhand der „Region Grimma“ untersucht. Die Bewertung erfolgt durch die Ermittlung von Grenzerträgen für die Marktfrüchte Winterweizen, Wintergerste und Winterroggen zur Erzielung identischer Gewinnbeiträge wie beim Energieholzanbau im achtjährigen Umtrieb (Verfahrenskette Motorsäge) beim Biomasseverkauf am freien Markt bzw. bei Anwendung des Geschäftsmodells Belieferung kommunaler Abnehmer (s. Abschnitt 5.1.2.3). Da die Region in ihrer territorialen Ausdehnung zu einem Großteil mit dem ehemaligen Landkreis Muldentalkreis übereinstimmt, werden entsprechend die durchschnittlichen Kultureerträge des Landkreises für die vergleichende Gegenüberstellung mit den ermittelten Grenzerträgen der einzelnen Kulturen herangezogen. Die unterstellten Erzeugerpreise liegen bei 18,00 Euro je Dezitonne für Winterweizen, 15,00 Euro je Dezitonne für Wintergerste und 15,75 Euro je Dezitonne für Winterroggen und entsprechen damit in etwa dem jeweiligen Preismittel der Jahre 2007 bis 2014 (s. Anhang 5.33).

Tabelle 5.6: Grenzerträge Wintergetreide für die "Region Grimma"

Gemeinde	Biomasseverkauf am freien Markt			Belieferung kommunaler Abnehmer				
	Annuität KUP [€/ha]	Grenzerträge Kulturen [dt/ha]			Annuität KUP [€/ha]	Grenzerträge Kulturen [dt/ha]		
		Winterweizen	Wintergerste	Winterroggen		Winterweizen	Wintergerste	Winterroggen
Bad Lausick	140	71	82	75	297	82	95	87
Belgershain	111	70	81	74	233	79	91	83
Bennewitz	106	71	82	74	229	79	92	83
Brandis	122	71	82	74	245	79	92	84
Colditz	141	73	85	76	268	82	95	86
Grimma	155	74	86	78	356	88	103	93
Großbardau	110	70	80	73	295	82	96	87
Großbothen	119	70	81	74	307	83	97	88
Großpösna	109	71	83	75	234	80	93	84
Kitzscher	119	71	82	74	242	79	92	83
Kühren-Burkhartshain	121	71	82	74	245	79	92	84
Mutzschen	173	80	93	84	316	89	105	95
Naunhof	103	71	82	74	259	81	95	86
Nerchau	152	75	87	79	356	89	104	95
Otterwisch	113	69	80	72	265	80	93	84
Parthenstein	106	69	80	72	290	82	95	86
Thümlitzwalde	184	80	93	85	367	93	109	99
Trebsen/Mulde	111	70	81	73	298	83	96	87
Wurzen	104	70	81	73	226	78	91	83
Zschadraß	190	80	93	84	333	90	105	95
Muldentalkreis ¹⁾	...	70	71	68	...	70	71	68

¹⁾ Ertragsmittel der Jahre 1998 bis 2007 inklusive Zuschlag von 10 Prozent

Quelle: eigene Berechnungen in Anlehnung an STATISTISCHES LANDESAMT SACHSEN (2015a)

In Tabelle 5.6 sind die berechneten Ergebnisse ausführlich dargestellt. Es wird ersichtlich, dass lediglich mit dem Anbau von Winterweizen in etwa identische Gewinnbeiträge erzielt werden können wie mit KUP bei Bewirtschaftung im zweistufigen Verfahren mit Motorsäge

und Teleskoplader sowie freier Vermarktung der Hackschnitzel. Die notwendigen Mindesterträge für Wintergerste und Winterroggen liegen jeweils über dem statistisch ausgewiesenen und um zehn Prozent gesteigerten langjährigen Ertragsmittel. Die aufgrund hoher Vergütungen beim Vertragsanbau erzielten Gewinnbeiträge der KUP werden hingegen bei allen untersuchten Marktfrüchten mit den durchschnittlichen Kultureerträgen und unter den in den Berechnungen getroffenen Annahmen nicht erreicht. Dabei liegen die ausgewiesenen Grenzerträge speziell für Wintergerste und Winterroggen auf einem Ertragsniveau, welches in Jahren mit „normalem Witterungsverlauf“ grundsätzlich kaum erreicht wird.

Die ermittelten Grenzerträge bei veränderten Erzeugerpreisen sind am Beispiel des Winterweizenanbaus in Anhang 5.68 zusammengefasst. So werden bei einer Preiserhöhung von zehn Prozent in allen Gemeinden die notwendigen Mindesterträge zur Erzielung übereinstimmender Gewinnbeiträge gegenüber dem Hackschnitzelverkauf am freien Markt erzielt. Im Vergleich von Winterweizenerzeugung und Energieholzanbau zur vertraglich geregelten Belieferung kommunaler Abnehmer kann bei einem Erzeugerpreis von 19,80 Euro je Dezitonne Winterweizen zumindest in einem Teil der Gemeinden der notwendige Mindestertrag erreicht werden.

5.3 Optionen der Bereitstellung ökologischer Vorrangflächen

5.3.1 Allgemeine Aspekte

Seit dem Jahr 2015 müssen Betriebsinhaber mit mehr als 15 Hektar Ackerland grundsätzlich fünf Prozent des Ackerlands als sogenannte ökologische Vorrangfläche bereitstellen. Dies ist neben der Verpflichtung zum Schutz von Dauergrünlandflächen (Wiesen und Weiden) sowie der Gewährleistung einer Vielfalt beim Anbau von Kulturen auf Ackerflächen die dritte Komponente zur Erfüllung der Greening-Auflagen. Etwa 30 Prozent der Direktzahlungen sind als Honorierung gesellschaftlicher Leistungen an die Erfüllung der genannten Bedingungen geknüpft, was einem Wert von rund 87 Euro je Hektar im Jahr 2015 entspricht. Bei einer kontinuierlichen Prämienabsenkung in den kommenden Jahren verringert sich die Greeningprämie entsprechend (BMEL 2015c: 35). Von den Verpflichtungen befreit sind anerkannte ökologisch wirtschaftende Betriebe sowie Betriebe mit hohen Anteilen (mehr als 75 Prozent des Ackerlands) an Dauergrünland und/oder Gras, sonstigen Ackerfutterpflanzen, Brache sowie Leguminosen auf dem Ackerland. Zudem darf das verbleibende Ackerland, welches nicht den genannten Nutzungsoptionen entspricht, eine Gesamtfläche von 30 Hektar nicht überschreiten (BMEL 2015c: 44f).

5.3.2 Typen ökologischer Vorrangflächen

Zur Ermöglichung einer maximalen Flexibilität werden in Deutschland grundsätzlich alle nach dem EU-Recht in Frage kommenden Arten ökologischer Vorrangflächen zur Auswahl gestellt. Einen kurzen Überblick zu den Inhalten der Nutzungsoptionen gibt Tabelle 5.7, vertiefende Informationen finden sich beispielweise bei MICHALK (2015).

Im Allgemeinen sind ökologische Vorrangflächen verpflichtend auf Ackerflächen des Unternehmens auszuweisen, Ausnahmen stellen die Typen Aufforstungsflächen sowie

Niederwald mit Kurzumtrieb dar. Zudem können Landschaftselemente oder Pufferstreifen auch auf Flächen liegen, welche unmittelbar an die Ackerfläche angrenzen, wobei die Verfügungsgewalt über die Flächen entsprechend beim Betriebsinhaber liegen muss. Für jeden einzelnen Typ sind nach dem EU-Recht verschiedene Umrechnungs- und Gewichtungsfaktoren festgelegt, wobei sich die Gewichtungsfaktoren zwischen den Werten 0,3 bis 2,0 bewegen (s. Tabelle 5.7).

Tabelle 5.7: Kurzcharakteristik der Typen ökologischer Vorrangflächen

Typ	Erläuterung	GF ¹⁾
Brachliegende Flächen	Selbstbegrünung oder aktive Begrünung vorgeschrieben; keine landwirtschaftliche Erzeugung; Pflegepause vom 01.04. bis 30.06.; ab 01.08. Aussaat für Ernte im Folgejahr möglich	1,0
Terrassen	ausweisbar, wenn diese unter Cross Compliance geschützt sind; Umrechnungsfaktor: 2 Quadratmeter je laufendem Meter	1,0
Landschaftselemente	ausweisbar, wenn diese unter Cross Compliance geschützt sind;	
Hecken und Knicks, Baumreihen		2,0
Feldgehölze, Einzelbäume, Feldraine	Umrechnungsfaktor Einzelbaum: 20 Quadratmeter	1,5
Sonstige Landschaftselemente		1,0
einschließlich Feldränder	Breite: 1 bis 20 Meter; siehe brachliegende Flächen	1,5
Pufferstreifen	siehe Feldränder; allerdings ist eine Beweidung oder Schnittnutzung zulässig; Ufervegetationsstreifen bis 10 Meter Breite möglich	1,5
Waldrandstreifen	siehe Feldränder; allerdings ist eine Beweidung oder Schnittnutzung zulässig	1,5
Agroforstflächen	Derzeit in Deutschland nicht umsetzbar, da keine Förderung über die 2. Säule der Agrarpolitik erfolgt!	1,0
Niederwald mit Kurzumtrieb	Beachtung der zugelassenen Baumarten (s. Anhang 5.69); keine mineralische Düngung und kein chemischer Pflanzenschutz	0,3
Aufforstungsflächen	ausweisbar auf (ehemals) beihilfefähigen Hektarflächen (Gewährung einer Aufforstungsförderung)	1,0
Zwischenfruchtanbau oder Gründecke	Kulturpflanzenmischungen; Einsaat zwischen 16.07. und 01.10.; Verbleib bis mindestens 15.02. des Folgejahres; bei Grasuntersaaten Nutzung im Folgejahr möglich	0,3
Stickstoffbindende Pflanzen	Startdüngung möglich; Winterkultur oder Zwischenfrucht als Folgekultur vorgeschrieben	0,7

¹⁾ Gewichtungsfaktor

Quelle: BMEL (2015c: 46ff)

5.3.3 Ökonomische Bewertung der Nutzungsoptionen

Die Auswirkungen auf den gesamtbetrieblichen Erfolg durch die notwendige Ausweisung von ökologischen Vorrangflächen in einem Umfang von mindestens fünf Prozent des Ackerlands werden beispielhaft für einen Landwirtschaftsbetrieb mit Sitz in der Gemeinde Naunhof im Landkreis Leipzig (Zusammenschluss der Altkreise Leipziger Land und Muldentalkreis) beschrieben. Dabei liegen die in den Berechnungen unterstellten Marktfruchterträge jeweils leicht über dem Mittel des Landkreises, um negative Gewinnbeiträge der einzelnen Fruchtfolgeglieder auszuschließen. Untersucht wird ein reiner Marktfruchtbetrieb, welcher auf einer Ackerfläche von insgesamt 200 Hektar die Kulturen Winterweizen (100 Hektar), Wintergerste und Winterrap (jeweils 50 Hektar) anbaut. Zielgröße der Berechnungen ist jeweils der Gesamtgewinn des Unternehmens, der sich je nach gewähltem Typ der

ökologischen Vorrangfläche in unterschiedlicher Höhe ergibt. Eine zusammenfassende Darstellung der Kalkulationsergebnisse liefert Tabelle 5.8. Es ist ersichtlich, dass bei den hier unterstellten Eingangsvariablen (s. Anhang 5.70) die Option Niederwald mit Kurzumtrieb beim Anbau der zugelassenen leistungsstarken Pappelhybriden trotz des geringen Gewichtungsfaktors von 0,3 und der damit verbundenen erheblichen Flächenreduzierung der Marktfrüchte die geringsten Verluste mit sich bringt. So sinkt der Gewinnbeitrag des Betriebs um rund acht Euro je Hektar verglichen mit dem Ausgangsszenario. Deutlich schlechter fällt das Betriebsergebnis hingegen aus, wenn anstelle der Hohertragspappeln eine Mischung aus Pappel und Zitterpappel bzw. Birke gepflanzt wird, die einen erheblich geringeren jährlichen Biomassezuwachs aufweisen. Alle anderen Typen der ökologischen Vorrangflächen führen zu ähnlichen bzw. etwas besseren Ergebnissen im Vergleich zur KUP mit der Baumartenmischung mit Verlusten in Höhe von 19 bis 26 Euro je Hektar. Erfolgt allerdings eine Berücksichtigung des Vorfruchtwerts für den Anbau von Körnerleguminosen, der nach ALPMANN et al. (2013: 98) je nach Erzeugerpreisniveau zwischen 150 und über 300 Euro je Hektar liegen kann, verbessert sich das Ergebnis der Ackerbohne erheblich. Beim Ansatz des unteren Werts von 150 Euro je Hektar reduziert sich die Differenz im Vergleich zum Ausgangsszenario auf lediglich neun Euro je Hektar.

Tabelle 5.8: Anbauflächen und Gewinnbeiträge bei verschiedenen Nutzungen der ökologischen Vorrangflächen (aktuelles Preisniveau)

Nutzungsoption	Anbaufläche Kulturen [ha]					Gewinnbeitrag [€]	Differenz zum Ausgang [€/ha]
	Winterweizen	Wintergerste	Winterrapsp	Sommergerste	Vorrangfläche		
Ausgang	100	50	50	0	0	23.969	0,00
Streifenbrache	97	48	48	0	7	20.241	-18,64
Brachfläche	96	47	47	0	10	18.671	-26,49
Ackerbohne	93	46	46	0	15	19.973 ¹⁾	-19,98 ²⁾
KUP (Hybriden)	84	41	41	0	34	22.436	-7,66
KUP (Mischung)	84	41	41	0	34	18.220	-28,74
Zwischenfrucht	100	16	50	34	34	19.037	-24,66

¹⁾ 22.218 Euro bei Berücksichtigung des Vorfruchtwerts in Höhe von 150 Euro je Hektar

²⁾ -8,75 Euro je Hektar bei Berücksichtigung des Vorfruchtwerts

Quelle: eigene Berechnungen

Bei einer unterstellten Erhöhung des Erzeugerpreisniveaus kommt es verständlicherweise zu Verschiebungen hinsichtlich der erzielbaren Gewinnbeiträge. So führt ein Anstieg der Marktfruchtpreise um jeweils zehn Prozent für die untersuchten Kulturen bei unveränderten Hackschnitzelpreisen zu grundsätzlich höheren Verlusten je Hektar für alle untersuchten Nutzungsoptionen, allerdings mit unterschiedlich hohen Steigerungsraten im Vergleich zum aktuellen Preisniveau. In der Rangfolge weist hier die Ackerbohne bei Berücksichtigung des Vorfruchtwerts in Höhe von 150 Euro je Hektar mit rund 12 Euro je Hektar die geringsten Verluste aus. Mit deutlichem Abstand folgen die Optionen Streifenbrache, Ackerbohne (ohne Vorfruchtwert), Zwischenfrucht und KUP mit einer Reduzierung des Gesamtgewinns zwischen 23 und 29 Euro je Hektar. Der Anbau von Zwischenfrüchten verursacht mit 26 Euro je Hektar im Vergleich zum aktuellen Preisniveau kaum höhere Verluste, ganz im Gegensatz

zu den KUP mit Baumartenmischung, deren Etablierung auf 17 Prozent der Ackerfläche eine Reduzierung des Unternehmensgewinns in Höhe von 51 Euro je Hektar bewirkt (s. Anhang 5.71).

Für die tatsächliche Umsetzung erscheint anhand der ermittelten Ergebnisse eine Mischung verschiedener Optionen zweckmäßig (vgl. KRÖBER und HEINRICH 2014a). So eignen sich Zwischenfrüchte besonders dort, wo ohnehin Sommerungen angebaut werden, da in diesem Fall kaum eine Änderung des Produktionsprogramms erforderlich ist. Die Etablierung von KUP, allerdings nur mit ertragsstarken Hybriden, kann beispielsweise zur Optimierung der Schlagform bzw. der Bewirtschaftung insgesamt (z. B. Abstand zu Nachbarflächen, Einsatz der Erntetechnik) sinnvoll mit der Anlage von Streifenbrachen verknüpft werden. Diese Kombination aus produktiver und nicht produktiver Nutzung wird zudem aus Naturschutzsicht als sehr sinnvolle Maßnahme eingeschätzt (METZNER 2015).

Die Auswertung des Bundeslandwirtschaftsministeriums zeigt für das Jahr 2015, dass bundesweit fast 1,37 Millionen Hektar als ökologische Vorrangflächen ausgewiesen wurden. Dabei dominieren Zwischenfrüchte und Grasuntersaaten auf knapp zwei Drittel dieser Flächen, gefolgt von Brachen mit einem Umfang von 222.000 Hektar sowie stickstoffbindenden Pflanzen (162.000 Hektar). Deutlich geringer ist der Anteil von Landschaftselementen und Terrassen (33.000 Hektar) sowie Puffer-, Feld- und Waldrandstreifen (16.500 Hektar). Mit Gehölzen bestockte Flächen, also Aufforstungen und Niederwald mit Kurzumtrieb wurden auf 1.900 bzw. 2.200 Hektar als ökologische Vorrangfläche angemeldet (BMEL 2015b). Bezogen auf die annähernd 7.000 Hektar umfassende Gesamtanbaufläche von KUP wurde demnach bundesweit fast jeder dritte Hektar als ökologische Vorrangfläche ausgewiesen. Unter Berücksichtigung der unterschiedlich hohen Gewichtungsfaktoren der verschiedenen Nutzungsoptionen ergibt sich rein rechnerisch eine Gesamtfläche von etwa 691.000 Hektar. Davon entfallen rund 57 Prozent auf Maßnahmen mit produktiver Nutzung, entsprechend findet auf etwa 43 Prozent der ausgewiesenen Flächen keine produktive Nutzung statt.

6 Diskussion

6.1 Methodenkritik

6.1.1 Untersuchte Verfahrensketten

Die hier in der Arbeit vergleichend gegenübergestellten Verfahrensketten beschreiben den aktuellen Stand der Technik. Aufgrund der bisher überwiegenden Bewirtschaftung in kurzen Umtrieben mit Standzeiten von zwei bis vier Jahren dominieren in der landwirtschaftlichen Praxis die Direkternteverfahren mit Feldhäcksler oder Mäh Hacker. Da sich die KUP-Fläche in Deutschland allerdings nur sehr langsam ausdehnt, haben viele Hersteller ihre Entwicklungsarbeit in diesem Sektor eingeschränkt oder gar gänzlich zurückgefahren. Anstelle der Branchenführer für selbstfahrende Erntetechnik wie Claas, John Deere oder New Holland bieten nun verstärkt mittelständische Unternehmen Mäh Hacker für den Anbau an Standardtraktoren an (MÜHLHAUSEN 2014; BRÜGGEMANN 2015; DELBRÜGGE 2015; MEIER 2015a), die im Vergleich zu den Feldhäckslern mit speziellen Schwachholzvorsätzen zwar geringere Flächenleistungen erreichen, allerdings in ihrer Anschaffung und Unterhaltung deutlich günstiger sind (s. Kapitel 4.1.2 und 4.1.3). Aufgrund dieser Entwicklungstendenz wurde für die betriebswirtschaftlichen Berechnungen zur Erzeugung erntefrischer Hackschnitzel in der Arbeit jeweils die Verfahrenskette Mäh Hacker anstelle des Feldhäckslers gewählt.

Die Gewinnung von Hackschnitzeln mit deutlich geringerem Wassergehalt ist durch zweiphasige Ernteverfahren möglich. So erfolgt zunächst das Abtrennen der Gehölze vom Wurzelstock und anschließend, nach mehrmonatiger Zwischenlagerung, das Hacken der Ganzbäume. Für dieses Ernteverfahren existierte bisher für kurze Umtriebszeiten keine Standardtechnik im Bundesgebiet. Daher wurden für Versuchs- und Praxisernten entsprechende Mäh Sammler aus Nordeuropa importiert. Mittlerweile beschäftigen sich allerdings auch deutsche Unternehmer mit der Konstruktion entsprechender Spezialtechnik für die Beerntung von Ganzbäumen mit Umtriebszeiten von maximal vier Jahren. Hierbei handelt es sich allerdings bisher um Prototypen, die im Praxiseinsatz weiter verbessert werden sollen, bevor eine Serienfertigung erfolgen kann (ANONYMUS 2014; FNR 2014). In Anbetracht der aktuell eingeschränkten Verfügbarkeit der Erntetechnik wurde das Verfahren lediglich beim Vergleich der Verfahrensketten in Abschnitt 5.1.1.1 sowie beim Geschäftsmodell zur Belieferung kommunaler Anlagen (Abschnitt 5.1.2.3) berücksichtigt.

Die beiden für die Hackschnitzelerzeugung in längeren Umtrieben untersuchten Verfahrensketten Harvester und Forwarder sowie Motorsäge und Teleskoplader stellen zwei Grundvarianten dar, die durchaus mit anderen Teilverfahren gekoppelt werden können. Speziell die Kette Harvester und Forwarder ist im forstwirtschaftlichen Einsatz eine Standardvariante, die entsprechend auf die Bewirtschaftung von KUP übertragen werden kann. Die zweistufige Beerntung von KUP mit Standzeiten von mehr als vier Jahren mittels Motorsäge wurde bisher hauptsächlich auf Versuchsstandorten durchgeführt (BURGER 2010: 52ff), ist jedoch ebenfalls problemlos auch auf größere Bewirtschaftungseinheiten übertragbar. Neben den vorgestellten Grundvarianten ist ebenso eine Ernte mit traktorgezogenen Rückeanhängern samt Kran Aufbau und Energieholzgreifer

oder Kettenbaggern mit Energieholzaggregat denkbar (STOLL und BURGER 2016). Anstelle des Teleskopladers können weiterhin Forstraktoren mit Kranaufbau oder Traktoren mit Frontlader und Ruckezange zum Einsatz kommen (HANDLER et al. 2014).

Unter dem Betrachtungsrahmen einer regionalen Bereitstellung von Holzbiomasse aus KUP ist die Transportentfernung auf 20 Kilometer festgelegt. In der Realität ist dies mit Sicherheit nicht für jeden Produktionsstandort gegeben, für eine grundsätzliche Vergleichbarkeit der verschiedenen Verfahrensketten ist eine entsprechende Festlegung allerdings notwendig. Weiterhin wird für alle Optionen zur Vereinfachung der Berechnungen die gleiche landwirtschaftliche Transporttechnik unterstellt. Eine denkbare Transportkostenoptimierung in Abhängigkeit der stündlichen Erntemenge bei der Direkternte mit Feldhäcksler oder Mäh Hacker durch den Einsatz von LKW-Zügen anstelle der traktorgezogenen Häckseltguttransportwagen, wie dies beispielsweise bei HANDLER und BLUMAUER (2010) untersucht wird, erfolgt im Rahmen der hier durchgeführten Berechnungen nicht.

Die Annahme einer möglichen Lohntrocknung beim Abnehmer zur Bereitstellung von Hackschnitzeln mit Wassergehalten von 35 bzw. 15 Prozent dient ebenfalls hauptsächlich dem Zweck der Vergleichbarkeit der verschiedenen Verfahrensketten und ist in der Praxis mit hoher Wahrscheinlichkeit eher selten anzutreffen. Grundsätzlich sollte jedoch – besonders bei der Produktion erntefrischer Hackschnitzel im Direktverfahren – über die Integration einer Trocknungsmöglichkeit in den Verfahrensablauf nachgedacht werden, da einerseits der Abnehmerkreis aufgrund der höheren Hackschnitzelqualität erweitert werden und andererseits eine Lagerung der Biomasse erfolgen kann. Neben der hier betrachteten solaren Hackschnitzeltrocknung kann dies unter günstigen Bedingungen beispielsweise durchaus kostengünstig durch die Nutzung von Biogasabwärme erfolgen.

6.1.2 Datengrundlage

6.1.2.1 Allgemeine Annahmen

In der Mehrzahl der untersuchten Studien finden sich keine Angaben zum Bestockungsgrad der Plantagen, lediglich RIEDEL (2014) nennt für kleinere Bewirtschaftungseinheiten aufgrund hoher Anteile an Randstrukturen und Vorgewende Werte von 80 Prozent. In der Arbeit wird der Bestockungsgrad der KUP bei allen Betrachtungen grundsätzlich mit 100 Prozent angenommen, Ausnahmen stellen lediglich die Untersuchungen zur naturverträglichen Anlage in Kapitel 5.1.4 dar. Das bedeutet in Bezug auf die Plantagenbewirtschaftung, dass die komplette Fläche mit Bäumen bepflanzt wird und eine Befahrung bei der Pflege und Beerntung entsprechend auf den angrenzenden Wegen oder Nachbarschlägen, die während dieser Zeit nicht bestellt sind, erfolgt. Diese Annahme dient nicht zwangsläufig einer Maximierung der Biomasseerträge und somit des betriebswirtschaftlichen Erfolgs, sondern soll vielmehr verdeutlichen, dass bei geschickter Planung und Schlaggestaltung die Produktionsfläche der KUP optimal ausgenutzt werden kann. Die Angaben zur Bestockung beziehen sich dabei lediglich auf den Pflanzzeitpunkt der Bestände. Pflanzenausfälle, die in der Regel bereits während der Etablierungsphase sowie kontinuierlich über die weitere Bewirtschaftung verursacht durch biotische und abiotische Schadfaktoren auftreten (vgl. GEORGI et al. 2013; GEORGI und MÜLLER 2015), werden je nach Umtriebszeit in angemessener Höhe berücksichtigt.

In unmittelbarer Verbindung mit der Bestockung steht die Pflanzdichte einer KUP. Diese hängt wiederum in entscheidendem Maße von der vorgesehenen Umtriebszeit der Plantage ab. Die hier gewählten Pflanzdichten für KUP mit der Baumart Pappel bewegen sich mit 10.000 Pflanzen je Hektar im vierjährigen sowie 5.000 Pflanzen je Hektar im achtjährigen Umtrieb in einem mittleren Bereich der Literaturangaben (SCHILDBACH et al. 2009: 67; LANDGRAF und SETZER 2012: 14). Die Festlegung der Standzeit erfolgte beim kurzen Umtrieb unter der Berücksichtigung eines maximalen Biomassezuwachses bei gleichzeitiger Sicherstellung einer unkomplizierten Beerntbarkeit der Bestände (Schnitthalsdurchmesser maximal 15 Zentimeter). Diese Grenze ist laut LANDGRAF und SETZER (2012: 13) auf mittleren und ertragsstarken Standorten in der Regel nach einer Wuchsdauer von vier Jahren erreicht. Beim längeren Umtrieb wurde ebenfalls vor dem Hintergrund möglichst hoher jährlicher durchschnittlicher Gesamtzuwächse sowie einer günstigen Vergleichbarkeit mit dem kurzen Umtrieb eine Standzeit von acht Jahren gewählt. Bei einer Gesamtnutzungsdauer der Plantage von 24 Jahren erfolgen im Verlauf der Bewirtschaftung entsprechend sechs Erntemaßnahmen beim vierjährigen sowie drei Erntemaßnahmen beim achtjährigen Umtrieb.

6.1.2.2 Bewirtschaftungskosten

Die Kosten der Bewirtschaftung von KUP wurden sowohl für eine vollständige Eigenmechanisierung als auch eine reine Dienstleistungserbringung ermittelt. Grundlage für die Erhebungen zur Eigenmechanisierung bildeten aktuelle Veröffentlichungen aus dem deutschsprachigen Raum. Die Verfahrenskosten wurden grundsätzlich auf der Basis von Maschinenneupreisen berechnet, an der einen oder anderen Stelle könnte auch der Einsatz von eventuell günstigerer Gebrauchttechnik sinnvoll sein. Die Kostenangaben des Dienstleisters stammen von einem Unternehmen aus Mittelsachsen, welches sich seit einigen Jahren auf die Erbringung von Tätigkeiten im Bereich der Anlage und Bewirtschaftung von KUP spezialisiert hat. Aus diesem Grund ist davon auszugehen, dass die angegebenen Werte für die jeweilige Maßnahme in etwa den Angeboten anderer Dienstleister entsprechen und somit auf den gesamten Betrachtungsraum (Freistaat Sachsen) übertragen werden können.

Da der Vergleich zwischen Eigenmechanisierung und Dienstleistung kaum gravierende Unterschiede bezüglich der zu erzielenden Gewinnbeiträge zeigt (s. Abschnitt 5.1.1.1), wird bei allen weiteren, diesem Vergleich folgenden Betrachtungen, mit Ausnahme der Verfahrenskette Motorsäge, wo Ernte und Rücken stets in Eigenleistung erfolgen, grundsätzlich die Inanspruchnahme eines Dienstleisters unterstellt. Die relativ geringe Gesamtfläche von insgesamt zehn Hektar KUP je Betrieb, die eine Anschaffung von eigener Spezialtechnik für Anlage, Pflege und Ernte wenig sinnvoll erscheinen lässt, stützt diese Annahme.

6.1.2.3 Hackschnitzelpreise

Die Ermittlung praxisüblicher Marktpreise für die erzeugten Hackschnitzel ist eine sehr komplexe Aufgabe. In Abhängigkeit der Verwertungsrichtung werden bei entsprechender Vergütung sehr unterschiedliche Anforderungen an das zu liefernde Produkt gestellt (GEROLD und SCHNEIDER 2013: 88). Die zudem keinesfalls einheitliche Abnehmerdichte im Betrachtungsraum erschwert eine angemessene Bewertung zusätzlich (s. Anhang 4.1).

Für die Berechnungen wurde aufgrund der beschriebenen Unsicherheiten auf die Preisangaben von C.A.R.M.E.N. zurückgegriffen. Dabei erfolgte zudem eine Umrechnung der auf der Basis von Hackschnitzeln mit einem Wassergehalt von 35 Prozent angegebenen Preise auf Preisangaben für Hackschnitzel mit Wassergehalten von 55 und 15 Prozent (s. Kapitel 4.2.3).

Dem Autor ist bewusst, dass die hier unterstellten Preise nicht überall in der Untersuchungsregion gezahlt werden, eine flächendeckende Analyse der Preissituation ist jedoch aus Gründen des Datenschutzes sowie der unternehmensinternen Geheimhaltung von Informationen (Wettbewerb um den Rohstoff) nicht möglich.

6.1.2.4 Biomasseertragsschätzungen

Ein großer Mehrwert dieser Arbeit wird in der Verknüpfung von Biomasseertragsschätzung und ökonomischer Bewertung auf der Basis kleinräumiger Betrachtungseinheiten gesehen. Mit Hilfe des Schätzmodells von ALI (2009) sowie der Erweiterung von HORN (2015) ist es möglich, für den Freistaat Sachsen auf Gemeindeebene Gewinnbeiträge für Pappel-KUP bei unterschiedlichen Pflanzdichten sowie Umtriebszeiten zu ermitteln.

Allerdings müssen an dieser Stelle auch klar die Grenzen der Modellierung aufgezeigt werden. So handelt es sich trotz der relativ kleinräumigen Betrachtungsebene noch immer um Durchschnittswerte, die den mittleren durchschnittlichen Gesamtwuchs der Pappel-KUP je Hektar und Jahr ausweisen. Besonders in Gemeinden mit sehr unterschiedlicher Standortcharakteristik, die beispielweise durch das Auftreten von Sandstandorten mit Ackerzahlen unter 35 Bodenpunkten in unmittelbarer Nähe zu ertragreichen Auellandschaften geprägt sind, können diese Mittelwerte die tatsächlich erzielbaren Biomasseerträge auf Schlagebene nur unzureichend darstellen. Weiterhin erfolgte die Modellentwicklung auf der Basis der Messergebnisse weniger Versuchsstandorte in Sachsen und Südbrandenburg, was eine Verallgemeinerung der Aussagen erschwert und somit die Gültigkeit für andere Standorte zumindest einschränkt. Auch kann das Modell nicht für alle Pappelsorten angewendet werden (HORN et al. 2013: 53).

Eine direkte Übertragbarkeit der für kurze Umtriebszeiten ermittelten Zuwachsleistungen der Pappeln in den Folgerotationen auf den achtjährigen Umtrieb erscheint nicht sinnvoll. Daher erfolgte für alle Standorte, für die das Modell eine Verdopplung oder gar noch höhere Steigerung des Zuwachses vom ersten zum zweiten Umtrieb berechnete, eine pauschale Festlegung des Steigerungsfaktors auf den Maximalwert zwei. Diese Anpassung wurde aus Sicht des Autors notwendig, da es sonst zu einer deutlichen Überschätzung der Holzbiomassezuwächse auf eher ertragsschwachen Böden gekommen wäre. In einigen Fällen hätten sich bei einer ausbleibenden Beschränkung auf Standorten mit extrem geringer Wuchsleistung in der ersten Rotation aufgrund der Steigerung um das Vier- bis Fünffache im Mittel ähnliche oder sogar höhere durchschnittliche Gesamtwüchse ergeben als auf mittleren und besseren Flächen. Trotz aller genannten Einschränkungen erscheint das Modell dennoch geeignet, gemeindespezifisch Biomasseertragszuwächse über die gesamte Standzeit einer KUP zu schätzen, welche für eine umfassende betriebswirtschaftliche Bewertung eine unverzichtbare Grundlage darstellen.

6.1.3 Wettbewerbsfähigkeit KUP und Marktfrüchte

Die Gegenüberstellung der betriebswirtschaftlichen Bewertung von Energieholz- und Marktfruchtanbau kann durchaus auf vielfältige Art und Weise vollzogen werden. Sinnvoll erscheinen Vergleiche der ermittelten Gewinnbeiträge von KUP mit denen standorttypischer Fruchtfolgen. Dabei obliegt es grundsätzlich den Autoren, ob die Auswahl der Fruchtfolgeglieder eher aus ökonomischer (STROHM et al. 2012: 29ff) oder aus pflanzenbaulicher Sicht (KRÖBER et al. 2014: 12) erfolgt. Sind allerdings Vergleiche für eine größere Betrachtungsregion vorgesehen, führt dies zwangsläufig zu einem erheblichen Mehraufwand. Eine relativ überschaubare Lösung für den Freistaat Sachsen ist die beispielhafte Ergebnisdarstellung anhand der verschiedenen Agrarstrukturgebiete (KRÖBER et al. 2015: 325ff). Dieser Vergleich ermöglicht jedoch nur eine sehr vage Interpretation der Ergebnisse. Für genauere Aussagen ist die Wahl einer möglichst kleinräumigen Vergleichsebene notwendig. Die betriebswirtschaftliche Bewertung des Energieholzanbaus in Sachsen erfolgt daher auf der Basis der Gemeindeebene (Gebietsstand 2005). Allerdings existieren hierfür keine flächendeckenden Informationen für die Erträge landwirtschaftlicher Kulturen. So liefert die Statistik erst Werte für die nächst größere Vergleichsebene der Landkreise. Aufgrund der Kreisreform im Jahr 2008 kam es allerdings zur Bildung sehr flächenstarker Neukreise, die als Vergleichsmaßstab ungeeignet erscheinen.

In der Arbeit erfolgt die Beurteilung der Wettbewerbsfähigkeit von KUP gegenüber dem Marktfruchtanbau auf zwei verschiedenen Wegen. Zuerst werden die Ergebnisse der Jahre 2007 bis 2014 als Mittelwerte für den Freistaat Sachsen verglichen. Aus Gründen der Vereinfachung sind für alle Betrachtungsjahre sowohl für die KUP als auch für die Marktfrüchte jeweils identische Bewirtschaftungskosten (Stand 2015) unterstellt. Die Veränderungen der Ergebnisse resultieren demnach einzig aus den unterschiedlichen Ertrags- und Preishöhen in den Betrachtungsjahren. Die Darstellung erfolgt für eine Auswahl an Marktfrüchten sowie für KUP im vier- und achtjährigen Umtrieb. Die Ergebnisse der KUP sind demnach eher als hypothetische Werte zu betrachten, die zeigen sollen, ob sich ein Anbau von KUP im jeweiligen Betrachtungsjahr aus ökonomischer Sicht gerechnet hätte oder nicht. Der zweite Teil des Vergleichs der Optionen KUP und Marktfrüchte erfolgt auf der Basis der Gemeindeebene. Da die offizielle Statistik keine Marktfruchterträge für diese Betrachtungsebene ausweist und auch Anfragen bei den zuständigen Behörden keinen Erfolg brachten, wird die Wettbewerbsfähigkeit der KUP auf einem indirekten Weg ermittelt. Dies geschieht, indem bei definierten Bewirtschaftungskosten (Vollkosten) und einem unterstellten mittleren Marktpreis der notwendige Grenzertrag für die Ackerkultur berechnet wird, bei welchem die Gewinnbeiträge von Gehölz- und Marktfruchtanbau identisch sind. Liegt der kalkulierte Ertrag in der Nähe oder unter dem langjährigen Mittel der Gemeinde, ist der Energieholzanbau nur wenig oder nicht konkurrenzfähig, werden überdurchschnittliche Marktfruchterträge ausgewiesen, sollte entsprechend über die Aufnahme von KUP in das Produktionsprogramm des Landwirtschaftsbetriebs nachgedacht werden. Der sachsenweite Vergleich auf Gemeindeebene erfolgt am Beispiel der Fruchtart Wintergerste, da diese Kultur nahezu flächendeckend im Freistaat zum Anbau kommt.

6.2 Diskussion der Ergebnisse

6.2.1 Ökonomische Bewertung von KUP

6.2.1.1 Freier Markt

Der Vergleich der betrachteten Verfahrensketten in Abschnitt 5.1.1.1 stellt die Rangfolge der einzelnen Optionen aus ökonomischer Sicht dar. Da für alle Untersuchungen eine identische Bewirtschaftung unterstellt ist, unterscheiden sich die erzielbaren Gewinnbeiträge grundsätzlich in Abhängigkeit von der jeweils eingesetzten Erntetechnik. Weiterhin ist zu beachten, dass durch die ein- bzw. zweistufigen Ernteverfahren grundsätzlich unterschiedliche Produkte erzeugt werden, die erst infolge einer weiteren Aufbereitung (Trocknung) in einen vergleichbaren Zustand gebracht werden. Entsprechend sind für die Vergütung unterschiedliche Preise für erntefrische (Wassergehalt 55 Prozent) und lufttrockene Hackschnitzel (Wassergehalt 35 Prozent) zu berücksichtigen (s. Kapitel 4.2.3).

Die Gegenüberstellung der Varianten Eigenmechanisierung und Dienstleistung weist für die Verfahrensketten Feldhäcksler und Harvester nahezu identische Ergebnisse aus, bei den Verfahren Mäh Hacker und Motorsäge schneidet die Eigenmechanisierung etwas besser und beim Einsatz des Mäh Sammlers deutlich besser ab. Aufgrund der bereits beschriebenen Situation zur Verfügbarkeit der einzelnen Erntetechniken in Deutschland erfolgen jedoch mit Ausnahme der in Kapitel 5.1.2.3 untersuchten Belieferung eines kommunalen Abnehmers keine weiterführenden Betrachtungen der Option Mäh Sammler (s. Kapitel 4.1.4).

Da die Ergebnisunterschiede zwischen Eigenmechanisierung und Dienstleistung bei den weiterhin untersuchten Verfahrensketten weniger deutlich ausfallen, wird für alle nachfolgenden Berechnungen grundsätzlich mit einem Dienstleistungseinsatz kalkuliert. Lediglich bei der Verfahrenskette Motorsäge und Teleskoplader erfolgen Ernte und Rücken in Eigenleistung, da die benötigte Technik in der Regel zur Standardausrüstung landwirtschaftlicher Betriebe gehört bzw. relativ problemlos angeschafft werden kann.

Die anhand der Beispielrechnung für einen ertragsstarken Standort ermittelten Annuitäten zeigen beim Dienstleistungseinsatz für die einstufige Ernte zur Bereitstellung erntefrischer Hackschnitzel einen Vorteil des Mäh Hackers im Vergleich zum Feldhäcksler. So liegt der Gewinnbeitrag beim Mäh Hacker mit 102 Euro je Hektar fast 40 Euro über dem des Feldhäckslers. Bei den zweistufigen Verfahren, welche lufttrockenes Hackgut mit einem Wassergehalt von 35 Prozent erzeugen, erzielt die Verfahrenskette Harvester eine Annuität von 168 Euro je Hektar. Beim kompletten Dienstleistungseinsatz des Verfahrens Motorsäge werden Gewinnbeiträge von 193 Euro je Hektar erzielt.

Die Ergebnisse auf Gemeindeebene für den Freistaat Sachsen werden für die Verfahrensketten Mäh Hacker, Harvester und Motorsäge in Abschnitt 5.1.1.3 vergleichend gegenübergestellt. Dabei wurde allerdings nicht explizit geprüft, ob die jeweiligen Erntegeräte aus technologischer Sicht auch tatsächlich in allen Gemeinden verwendet werden können. Dies betrifft speziell den Einsatz des Mäh Hackers in höheren Lagen, der aufgrund zu starker Hangneigungen unter Umständen an seine Einsatzgrenze stößt. Da in besagten Regionen der Anbau von Energieholz in kurzen Umtriebszeiten ohnehin aus betriebswirtschaftlicher Sicht wenig sinnvoll erscheint, sollte dieser Umstand jedoch nicht weiter ins Gewicht fallen.

Positive Gewinnbeiträge können mit dem Mähhackereinsatz beim Hackschnitzelverkauf am freien Markt lediglich in Regionen mit einem hohen Biomasseertragszuwachs erzielt werden. Dazu gehören beispielsweise das Mittelsächsische Lösshügelland, das Zwickauer Land sowie Teile Ostsachsens. Bei der Bewirtschaftung von KUP im achtjährigen Umtrieb werden durch die Ausnutzung steigender Biomassezuwächse sowie der Erzielung höherer Hackschnitzelpreise grundsätzlich höhere Gewinnbeiträge erzielt, wobei die Annuitäten beim Einsatz der Motorsäge jeweils rund 35 Euro je Hektar über denen bei der Ernte mit dem Harvester liegen.

Eine genauere Beurteilung der einzelnen Verfahrensketten zeigt, dass sowohl die Optionen Feldhäcksler als auch Mähacker aus Sicht der Produktionskosten wenig Optimierungspotenzial aufweisen. Lediglich eine höhere Flächenleistung je Zeiteinheit könnte zu etwas geringeren Maschinenkosten führen. Ansonsten sind kaum Spielräume vorhanden, die das Ergebnis entscheidend verbessern können. Bei der Bewertung der Verfahren zur Beerntung und Aufbereitung von Ganzbäumen im achtjährigen Umtrieb handelt es sich hingegen um erste Ansätze. Daher sind die unterstellten Leistungen zur Anzahl gefällter und gerückter Bäume je Stunde durchaus mit Unsicherheiten verbunden. Dies betrifft sowohl die Ernte und das Rücken mit Harvester und Forwarder als auch mit Motorsäge und Teleskoplader. Aufgrund mangelnder Versuchsdurchführungen für die hier betrachteten Umtriebszeiten konnten demzufolge nur wenige Ergebnisse gefunden und entsprechend verwertet werden. Der übersichtlichen Datenlage geschuldet erfolgt speziell beim Verfahren Motorsäge eine eher vorsichtige Bewertung der Fällleistung, zudem wurden die Personalkosten im oberen Bereich angesetzt. Für die unterstellte Reduzierung des Wassergehalts der erzeugten Hackschnitzel auf 35 Prozent mit Hilfe einer Zwischenlagerung der Ganzbäume bedarf es günstiger Trocknungsverhältnisse, die durch die Wahl eines geeigneten Lagerplatzes sowie entsprechender Unterbauten und einer ausreichend langen Lagerdauer geschaffen werden können. Unter nicht optimalen Bedingungen ist es ansonsten durchaus möglich, dass der gewünschte Trocknungseffekt nicht in ausreichendem Maße eintritt (PECENKA 2015b: 22).

Aus Sicht der Technikverfügbarkeit kann davon ausgegangen werden, dass alle Verfahren (mit Ausnahme des Mähsammlers) bei rechtzeitiger Planung und Absprache mit den Dienstleistungsunternehmen zur Verfügung stehen. Dennoch ist vor allem der Einsatz von Feldhäcksler und Harvester extrem witterungsabhängig, da beide Maschinen massive Eigengewichte aufweisen, was auf wenig tragfähigen Böden zu erheblichen Problemen führen kann. Geringe Vorteile bei der Beerntung von kurzen Umtriebszeiten bietet in Bezug auf das Maschinengewicht der an eine Zugmaschine angebaute Mähacker. Allerdings sollte auch hier eine grundsätzliche Befahrbarkeit der Fläche gewährleistet sein, da letztendlich die Manövrierfähigkeit der Transporttechnik über die tatsächliche Durchführbarkeit der Erntemaßnahme entscheidet. Im Vergleich zum Feldhäcksler ist weiterhin der Techniktransport deutlich unproblematischer, da das Erntegerät im Allgemeinen mit einfachen PKW-Transportanhängern umgesetzt werden kann. Einen absoluten Vorteil hinsichtlich der Flexibilität beim Ernteeinsatz bietet das Verfahren Motorsäge und Teleskoplader. Da praktisch keine Kosten für Anfahrt und Organisation auftreten, kann die Ernte ohne größere Planungen spontan und bei möglichst geeigneter Witterung (trocken und

windstill) erfolgen. Zudem sind jederzeit eine Unterbrechung und die Weiterführung der Tätigkeiten zu einem späteren Zeitpunkt möglich. Dadurch eignet sich diese Verfahrenskette perfekt, um im Betrieb vorhandene freie Arbeitskapazitäten in den Wintermonaten entsprechend auszulasten. Weiterhin ist es denkbar, dass bei ausreichend verfügbarem Personal mehrere Trupps gleichzeitig auf der Fläche arbeiten. Eine mögliche verstärkte körperliche Belastung für den Sägenführer kann durch regelmäßiges Abwechseln mit dem Fällgabelführer oder das Einlegen von Arbeitspausen auf ein Minimum reduziert werden. Neben der Arbeitsteilung kann eine grundsätzliche Begrenzung der täglichen Arbeitszeit (z. B. 4-Stunden-Schicht) einer Überbelastung des Arbeitspersonals vorbeugen.

Zur Einordnung der eigenen Untersuchungsergebnisse erscheint ein Vergleich mit anderen Studien sinnvoll. So weist SCHWEIER (2013) für KUP auf Marginalstandorten in Südwestdeutschland unter anderen Rahmenbedingungen zumindest tendenziell ähnliche Resultate aus. Allerdings erfolgt die Gegenüberstellung verschiedener Verfahrensketten auf der Grundlage gleicher Umtriebszeiten, weshalb sich in der Rangfolge das Verfahren Mähsmahler noch vor den Optionen Motorsäge und Feldhäcksler als günstigstes darstellt.

Auch PECENKA et al. (2014b) ermitteln auf der Basis von Ernteversuchen geringere Erntekosten für den Mähmäcker im Vergleich zum Feldhäcksler, was bei Unterstellung einer identischen Bewirtschaftung und nur geringer Unterschiede der Transportkosten zu höheren Gewinnbeiträgen des Verfahrens Mähmäcker führt. Die Ergebnisse für die zweistufigen Ernteverfahren Harvester und Motorsäge berücksichtigen zwar eine achtjährige Umtriebszeit, jedoch keine höheren jährlichen Biomassezuwächse im Vergleich zum dreijährigen Umtrieb, und können daher nicht hinreichend genau beurteilt werden.

STOLL und BURGER (2016) vergleichen verschiedene Erntesysteme beim fünf- bis zwölfjährigen Umtrieb auf unterschiedlichen Versuchsflächen in Bayern. Dabei weist die motormanuelle Ernte grundsätzlich geringere Erntekosten auf als der Einsatz von Kettenbagger und Harvester mit Sammelaggregaten oder praxisüblichen Fällköpfen.

Informationen für den Betrachtungsraum Sachsen liefern beispielsweise PETZOLD et al. (2006). Im Rahmen des Verbundprojekts Agrowood erfolgt für die Projektregion Freiberg in Mittelsachsen eine Abschätzung der standörtlichen Potenziale für den Anbau von KUP auf Ackerland. Im Ergebnis zeigt sich, dass vor allem der Wasserhaushalt sowie die natürliche Bodenfruchtbarkeit der Ackerflächen einen entscheidenden Einfluss auf die Standorteignung von KUP haben. Wird die Anbaueignung mit dem Biomassertragspotenzial des Standorts gleichgesetzt, können die Aussagen zumindest tendenziell auf die zu erzielenden Gewinnbeiträge übertragen werden, da sich der Biomassertrag maßgeblich auf den betriebswirtschaftlichen Erfolg der KUP auswirkt. Basierend auf dieser Ergebnisgrundlage untersuchen BEMMANN et al. (2007) die Zweckmäßigkeit der Etablierung von KUP in der Region Großenhain im Norden des Freistaats. In einer Kombination aus standörtlicher und betriebswirtschaftlicher Bewertung kommen die Autoren zu der Feststellung, dass KUP im vierjährigen Umtrieb auf lediglich fünf Prozent der Ackerfläche geeignet, allerdings auf immerhin 38 Prozent der Fläche überwiegend geeignet sind. Die in dieser Arbeit ermittelten Ergebnisse bestätigen in etwa die Aussagen der Fallstudie für die Region Großenhain. Lediglich im südlichen Bereich des Betrachtungsgebiets können bei der Bewirtschaftung mit der Verfahrenskette Mähmäcker

positive Gewinnbeiträge erzielt werden. Speziell im niederschlagsarmen und von ertragsschwachen Sandstandorten geprägten Norden ist die Anlage von KUP aus betriebswirtschaftlicher Sicht wenig vielversprechend (s. Abbildung 5.2 sowie Anhang 5.12 und Anhang 5.17). Weiterhin können die bei KOLLAS et al. (2009) in einer deutschlandweiten Studie ermittelten Ertragspotenziale für die Aspe (Zitterpappel) im Freistaat Sachsen in ähnlicher Form interpretiert werden. Die Regionen mit den höchsten Biomasseerträgen decken sich dabei weitgehend mit denen, wo entsprechend positive Gewinnbeiträge beim Anbau von KUP erzielt werden. Teilweise im Widerspruch stehen die eigenen Ergebnisse jedoch mit den Ausführungen von AUST (2012), der Ackerstandorte mit Ackerzahlen größer 63 kategorisch für die Anlage von KUP ausschließt, da diese der Nahrungs- und Futtermittelproduktion vorbehalten bleiben müssten. Entsprechend deckt sich ein Großteil seiner ausgewiesenen Ausschlussflächen mit den aus ökonomischer Sicht interessanten Flächen der eigenen Arbeit. Geeignete Standorte für die Anlage von KUP in Sachsen befinden sich nach AUST (2012: 92) vor allem in den nördlichen Heidegebieten sowie im Erzgebirge. Für eben diese Regionen weisen die eigenen Untersuchungen jedoch grundsätzlich deutlich negative Gewinnbeiträge im kurzen Umtrieb aus (s. Abbildung 5.2). Inwieweit der bei AUST (2012) berücksichtigte Klimawandel diese Unterschiede begründet, kann an dieser Stelle nicht abgeschätzt werden.

6.2.1.2 Geschäftsmodelle

Die anhand der „Region Grimma“ durchgeführten Berechnungen zeigen, dass eine langfristige vertragliche Bindung mit einem Biomasseabnehmer aus der Sicht des Landwirts durchaus vorteilhaft sein kann. Der Vertragsanbau ist dabei vor allem eine Option für Flächennutzer, die in unmittelbarer Nähe des Abnehmers wirtschaften und mit der landwirtschaftlichen Primärproduktion kaum nennenswerte Gewinnbeiträge erzielen. Zwar werden die Transportkosten auch für längere Entfernungen in der Regel vollständig vom Vertragspartner übernommen, allerdings zahlt dieser die jährliche Vergütung grundsätzlich in Abhängigkeit von der Lage der KUP-Fläche zum Verwertungsort. Speziell für Landwirte in Brandenburg scheint der Vertragsanbau für einen großen Energieversorger durchaus lukrativ zu sein, wie die Entwicklung der KUP-Fläche in den letzten Jahren eindrucksvoll zeigt (vgl. GRUNDMANN 2015). Allerdings ist beim Abschluss von Abnahmeverträgen immer zu bedenken, dass sämtliche Verpflichtungen über die gesamte Laufzeit zu erfüllen sind. Daher sollte genauestens geprüft werden, ob die vertraglich vereinbarte Jahreszahlung, je nach Ausgestaltung mit Preisanpassung oder ohne, auch tatsächlich die kompletten Kosten des Produktionsverfahrens deckt und zusätzlich zumindest einen geringen Gewinnbeitrag abwirft. Denn nur dann erscheint es sinnvoll, eine entsprechende Kooperation einzugehen.

Für Landwirte, die sich mehr eigenen Entscheidungsspielraum bei der Bewirtschaftung von KUP offen halten wollen, kann der Abschluss von langfristigen Lieferverträgen eine geeignete Form der Abnahmesicherung darstellen. Im Gegensatz zum Vertragsanbau, wo der Landwirt eher als Flächenbereitsteller denn als Bewirtschafter agiert, verpflichtet er sich hier lediglich zur Lieferung einer bestimmten Menge mit einer definierten Qualität. Die Entscheidung, wie er die Rohstoffherzeugung organisiert, liegt dabei komplett in seinen Händen. Allerdings trägt der Flächenbewirtschafter bei diesem Geschäftsmodell das vollständige finanzielle Risiko, während dieses beim Vertragsanbau gänzlich vom Abnehmer

geschultert wird. Im Gegenzug kann der Landwirt bei der Belieferung von kommunalen Heizanlagen jedoch auch deutlich positive Gewinnbeiträge erzielen, da die von ihm bereitgestellten Hackschnitzel in der Regel auf hohem Preisniveau vergütet werden (s. Abschnitt 5.1.2.3 sowie SCHNEIDER und GEROLD 2014: 46).

Grundsätzlich bedingt die Auswahl von Geschäftsmodellen bei der Erzeugung von Energieholz in KUP allerdings die Notwendigkeit des Vorhandenseins von Biomasseabnehmern im regionalen Umfeld des Landwirts.

Als weitere, in Deutschland noch recht unbekannt Form der Kooperation könnte zukünftig das Crowdfunding (Schwarmfinanzierung) an Bedeutung gewinnen. Je nach Region und Zielsetzung sind unterschiedliche Formen der Ausgestaltung denkbar. So könnte beispielsweise ein bereits bestehendes Biomasseheizwerk einer Kommune anteilig mit Hackschnitzeln aus KUP versorgt werden. Ebenso ist es möglich, im Zuge der Modernisierung veraltete Wärmeerzeugungsanlagen, die bisher mit fossilen Brennstoffen betrieben wurden, durch eine Hackschnitzelanlage zu ersetzen. Besonders interessant erscheint ein solches Modell auf der Basis von KUP speziell in waldarmen, ausgeräumten Landschaften (s. Kapitel 3.3). Hier wären die KUP in der Lage, perspektivisch bisher nicht bzw. nur in begrenztem Umfang vorhandene Waldfunktionen zu übernehmen (z. B. Erholung, Boden- und Grundwasserschutz, Luftreinhaltung) und unter Umständen auch zur Erhöhung der jagdlichen Attraktivität der Region beizutragen. Um die Landwirte beim Anbau der KUP zu unterstützen, könnten alle „Nutznießer“ entsprechend ihrer persönlichen Präferenzen einen Geldbetrag für das geplante Projekt spenden, der schließlich für die Plantagenetablierung Verwendung findet. Als Gegenleistung erhalten die Unterstützer beispielsweise ein Zertifikat und werden regelmäßig zu Hoffesten oder sonstigen Veranstaltungen des Betriebs eingeladen. Die praktische Umsetzung eines ähnlichen Modells erfolgte im Jahr 2013 im baden-württembergischen Kießlegg, wo Bürger in einem sogenannten Patenschaftsmodell die Saatgutkosten für die Anlage von mehrjährigen Wildpflanzenmischungen übernahmen, die nun in Ergänzung zum Silomais zur Biogaserzeugung genutzt werden. Im Gegenzug ist jeder einzelne Pate auf Feldtafeln genannt und hat das Recht, Blumensträuße von den angelegten Flächen zu pflücken (DANY 2013).

Ein weiterer Punkt, der speziell bei der Gestaltung von Geschäftsmodellen auf der Basis holzartiger Biomasse Beachtung finden sollte, betrifft die Frage nach einer sinnvollen Verwertung der anfallenden Holzrasche. Da es sich beim Anbau von KUP, solange dieser nicht auf schadstoffbelasteten Flächen stattfindet, um allgemein naturbelassene Hölzer mit geringen Schadstoffgehalten handelt (vgl. GRUNERT 2013), ist die Rostasche grundsätzlich als Düngemittel geeignet. Allerdings ist nach den aktuellen Bestimmungen der Düngemittelverordnung aufgrund der Zusammensetzung der Holzrasche keine Zuordnung zu einem bestimmten Düngemitteltyp möglich, die Verwendung als Bodenhilfsstoff sollte dennoch vorangebracht werden (STÖLZER 2014). Die Wiederausbringung der Rostasche auf der KUP könnte zu einem geschlossenen Bewirtschaftungskreislauf führen, der einerseits die Entsorgungskosten der Heizwerkbetreiber reduziert und andererseits dem Landwirt eine kostengünstige Form der Nährstoffrückführung auf die Produktionsfläche ermöglicht. Weiterhin bestehen zukünftig unter Umständen Potenziale für eine Aufbereitung der Verbrennungsreste zu sogenannten RIA-Pellets, einer Mischung aus 60 Prozent Asche und

40 Prozent Rinde, deren Eignung als Kompensationsdünger in aktuellen Untersuchungen in intensiv genutzten Kiefern- und Fichtenbeständen in der sächsischen Oberlausitz getestet wird (KNUST et al. 2015).

6.2.1.3 KUP in Wasserschutzgebieten

Eine intensive landwirtschaftliche Nutzung in den Schutzzonen II und III der Trinkwasserschutzgebiete führt häufig zu hohen Belastungen des Rohwassers mit Nitratgehalten, die teilweise sogar den Schwellenwert von 50 Milligramm je Liter überschreiten (ZACIOS et al. 2015: 16). Neben einer Umstellung der Produktion auf eine ökologische Wirtschaftsweise zeigen Versuchsergebnisse aus Bayern, dass auch der extensive Anbau von KUP ohne mineralische Düngung und chemischen Pflanzenschutzmitteleinsatz anstelle von typischen Marktfrüchten oder Futterpflanzen zu einer deutlichen Reduzierung der Stoffeinträge in das Grundwasser führen kann. So wurden für die Untersuchungsfläche in Kaufering in den Jahren 2010 und 2013 in Abhängigkeit von der Witterung zwischen 40 und 70 Prozent geringere Nitratausträge unter KUP im Vergleich zum benachbarten, konventionell bewirtschafteten Acker festgestellt (ZACIOS et al. 2012: 22; ZACIOS et al. 2015: 17). Doch selbst eine KUP-Bewirtschaftung mit chemischer Unkrautregulierung sowie einer Düngung nach Entzug würde mit hoher Wahrscheinlichkeit zu geringeren Nitratausträgen im Vergleich zur intensiven ackerbaulichen Nutzung führen.

Bezüglich der Trinkwasserqualität sollte je nach Ausgangs- und Zielzustand standortbezogen entschieden werden, welche Bewirtschaftungsintensität anzustreben ist. Kann aufgrund geringerer Nitratgehalte im Rohwasser eine konventionelle Flächenetablierung und Folgebewirtschaftung stattfinden, sind in der Regel keine Biomasseertragsverluste zu befürchten. Ist hingegen ein Gehölzanbau ohne chemischen Pflanzenschutz und mineralische bzw. organische Düngung erforderlich, sollte der Landwirt aufgrund zu erwartender geringerer Ertragszuwächse entsprechend entschädigt werden. Dies kann beispielsweise in ähnlicher Form erfolgen, wie es in der Gemeinde Kaufering bereits seit Jahren umgesetzt wird. So erhält der Landwirt neben einem einmaligen Investitionszuschuss für die Flächenetablierung in Anhängigkeit von seiner tatsächlichen Wirtschaftsweise (teilweiser oder vollständiger Verzicht auf Pflanzenschutz- und Düngemittel, Wahl geeigneter Baumarten) eine jährliche Ausgleichszahlung (PERTL 2012: 36). Der Gesamtumfang der gewährten Fördermittel sollte dabei erheblich unter der Kostensumme liegen, die infolge einer weiteren Verschlechterung der Grundwasserqualität für eine Wasseraufbereitung erforderlich wird.

6.2.1.4 Naturschutzfachliche Anlage

Eine Berücksichtigung naturschutzfachlicher Belange bei der Bewirtschaftung von KUP wie beispielweise die Anlage von Blühflächen bzw. selbstbegrüntem Brachen, die Beimischung heimischer Baumarten oder die Pflanzung von Sträuchern und Gehölzen im Randbereich sollte genau durchdacht werden, da sie neben der Verringerung des Biomasseertrags auch durchaus positive Wirkungen mit sich bringen kann. Aus ökonomischer Sicht interessant erscheinen vor allem Maßnahmen, die im Rahmen von Agrarumweltmaßnahmen finanziell entschädigt werden. Dies betrifft in Sachsen im Speziellen die Anlage von Blühflächen oder Brachen, welche nach aktuellem Stand mit Zahlungen von rund 830 bzw. 745 Euro je Hektar honoriert werden (BONN 2015: 34). Neben dem aus betriebswirtschaftlicher Sicht positiven

Effekt, dass trotz geringerer Holzerträge in etwa identische Gewinnbeiträge je Flächeneinheit erzielt werden, können die im Winter unbestockten Streifen auch für die reguläre Bewirtschaftung sehr hilfreich sein, da sie eine nahezu problemlose Fällung der Randbäume auf innerhalb der Gesamtfläche gelegenen Parzellen ermöglichen. Alle weiteren Maßnahmen sollten hingegen ausschließlich bei der Erzielung erhöhter Vergütungen für die Biomasse bzw. bei Erhalt von Sonderzahlungen erfolgen, da aufgrund einer teilweise deutlichen Reduzierung des durchschnittlichen Biomasseertragszuwachses die Annuitäten im Vergleich zur konventionellen, „unbegrünten KUP“ erheblich geringer ausfallen (s. Kapitel 5.1.4; vgl. KRÖBER und HEINRICH 2015c). Bei vertraglich geregelten Lieferverpflichtungen kann zur Sicherstellung des Lieferumfangs zudem eine Aufstockung der Gesamtfläche erforderlich werden.

6.2.1.5 Zertifizierung

Der Nachweis einer nachhaltigen Bereitstellung von Energieholz in KUP erscheint vor dem Hintergrund fortwährender Diskussionen über das Für und Wider des Energiepflanzenanbaus auf landwirtschaftlichen Nutzflächen grundsätzlich sinnvoll zu sein. Allerdings sollte dabei durchaus kritisch hinterfragt werden, ob eine unerlässliche Notwendigkeit besteht, zusätzlich zu den bereits seit vielen Jahren zu beachtenden Grundsätzen im Rahmen der Bewirtschaftung nach guter fachlicher Praxis (Cross-Compliance-Regelungen) weitere Prüfkriterien beim Energieholzanbau auf Ackerland erfüllen zu müssen. Genau in diesem Punkt herrscht Uneinigkeit in Bezug auf die Bewirtschaftung von KUP. So leiten Interessenvertreter des landwirtschaftlichen Berufsstands beispielsweise aus den rechtlich bindenden Verpflichtungen der Düngeverordnung durchaus Vorgaben für eine ackerbauliche Nutzung nach guter fachlicher Praxis ab, die eben neben den typischen annuellen Kulturen auch KUP einschließen. Demgegenüber werden aus den Reihen der Wissenschaft Stimmen laut, die bisher keine verbindlichen Regelungen einer guten fachlichen Praxis für KUP erkennen können, da neben der tatsächlichen Bewirtschaftungspraxis auch naturschutzfachliche und soziale Aspekte eine entsprechende Berücksichtigung finden müssten (TEEGELBEKKERS 2009).

Durch die Erarbeitung eines Nachhaltigkeitsstandards für den Anbau von Agrarholz besteht für KUP-Betreiber in Deutschland seit dem Jahr 2014 die Möglichkeit, sich entsprechend zertifizieren zu lassen. Allerdings konnten bisher keine Informationen zu Unternehmen gefunden werden, die sich einer entsprechenden Prüfung zum Nachweis einer nachhaltigen und sozialverträglichen Bewirtschaftung von KUP unterzogen haben. Inwieweit die im Rahmen der Zertifikatserstellung beteiligten Praxispartner (z. B. Viessmann Werke GmbH & Co. KG, Allendorf) entsprechende Bescheinigungen für ihre Produktionsstandorte erhalten bzw. beantragt haben, ist dem Autor ebenfalls nicht bekannt.

Die Beispielrechnungen in Kapitel 5.1.5 zeigen recht deutlich, dass aus betriebswirtschaftlicher Sicht zum aktuellen Stand nur der Erhalt einer über dem Marktpreis liegenden Vergütung den nicht unerheblichen finanziellen Mehraufwand einer Zertifizierung der bewirtschafteten KUP rechtfertigt. Vor allem aus Imagegründen könnten Abnehmer durchaus bereit sein, eine Teilmenge ihres Gesamtbedarfs mit entsprechenden Qualitäten abzudecken und dafür einen höheren Marktpreis zu zahlen. Flächendeckend wird sich dieses Phänomen in absehbarer Zeit jedoch nicht durchsetzen. Daher erscheint eine Zertifizierung

von KUP erst dann ein grundsätzliches Thema zu werden, wenn Abnehmer zwingend einen Nachweis zur nachhaltigen Rohstoffherzeugung fordern und nicht zertifizierte Biomasse gegebenenfalls mit Preisabschlägen bedacht wird oder Fördermittel im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik an entsprechende Nachhaltigkeitsgrundsätze gebunden sind.

6.2.2 Wettbewerbsfähigkeit KUP und Marktfrüchte

6.2.2.1 Ergebnisse Sachsen 2007 bis 2014

Die rückblickend ohne Berücksichtigung der Betriebsprämien kalkulierten Ergebnisse zeigen sehr deutlich die Volatilität der Erzeugerpreise beim Marktfruchtanbau im Zeitraum 2007 bis 2014. So konnten in den meisten Jahren lediglich mit dem Anbau von Winterweizen und Winterraps (2008 und ab 2010) Gewinnbeiträge erzielt werden. Zur Ernte 2009, als die Erzeugerpreise ihren absoluten Tiefstand innerhalb der Betrachtungsperiode erreichten, war mit keiner Kultur ein Gewinn zu erwirtschaften. Im Gegensatz dazu lagen im Jahr 2012 aufgrund sehr hoher Erzeugerpreise alle Marktfrüchte im positiven Bereich. Der vergleichend betrachtete Gehölzanbau in KUP zeigt, dass beim vierjährigen Umtrieb trotz eines kontinuierlichen Anstiegs der Hackschnitzelpreise grundsätzlich keine positiven Gewinnbeiträge im sächsischen Mittel zu erzielen waren. Eine Bewirtschaftung im achtjährigen Umtrieb hätte ab dem Jahr 2011 infolge höherer Ertragszuwächse verglichen mit dem vierjährigen Umtrieb zu positiven Gewinnbeiträgen geführt (s. Anhang 5.36 bis Anhang 5.43).

Der hier angestellte Vergleich kann lediglich als grobe Orientierung dienen, da die Wirkung veränderter Betriebsmittelpreise in den einzelnen Jahren durch die Unterstellung einer identischen Kostengrundlage mit den Werten aus dem Jahr 2015 nicht berücksichtigt ist. Zudem erfolgt die Vermarktung der Ackerkulturen jeweils zum mittleren Quartalspreis direkt zur Ernte, ein möglicher Abschluss von Lieferkontrakten oder anderweitigen vertraglichen Beziehungen wird dabei vernachlässigt. Dennoch erscheint die Gegenüberstellung auf der gewählten Basis für eine grundsätzliche Aussage durchaus geeignet, da diese ziemlich unverkennbar die durch Preis- und Ertragsschwankungen hervorgerufenen jährlich stark variierenden Gewinnbeiträge des Marktfruchtanbaus aufzeigt. Deutlich harmonischer stellt sich hingegen der Verlauf der erzielbaren Gewinnbeiträge beim Anbau von KUP dar. Zum einen werden aufgrund der mehrjährigen Standzeit entsprechend gleichmäßige Biomasserträge erzielt, zum anderen ist die Preisentwicklung am Hackschnitzelmarkt deutlich geringeren Schwankungen unterworfen.

6.2.2.2 Grenzertragsermittlung auf Gemeindeebene

Die getroffenen Aussagen zu den ermittelten Grenzerträgen sind hinsichtlich ihrer Verallgemeinerung mit entsprechender Vorsicht zu beurteilen. So können lokal auf hochproduktiven Standorten durchaus auch Erträge von weit über 90 Dezitonnen je Hektar erzielt werden, wodurch die Wintergerste höhere Gewinnbeiträge erzielt als die KUP. Typische Beispiele sind Gemeinden mit Fließgewässern im Territorium. Hier weisen die Ackerflächen in den Auen oftmals deutlich bessere Bodenqualitäten auf als das gewässerferne Ackerland. Da es sich bei den Angaben der Statistik jedoch grundsätzlich um Mittelwerte des Betrachtungsraums handelt, können bereits auf Gemeindeebene auftretende, standortbedingte Ertragsunterschiede nur unzureichend abgebildet werden. Dieses Phänomen verstärkt sich bei

einer Ausdehnung der Betrachtungsebene (Landkreis) entsprechend. Ähnlich verhält es sich allerdings auch mit den Ertragsschätzungen für Pappel-KUP. Hier kann ebenso angenommen werden, dass bei ausreichender Wasserversorgung auf dem besseren Ackerstandort einer Gemeinde ein höherer jährlicher durchschnittlicher Gesamtzuwachs erzielt werden kann als auf dem qualitativ schwächeren Boden (s. Abschnitt 6.1.2.4).

Auch für die Untersuchungen zur „Region Grimma“ müssen die gleichen Einschränkungen hinsichtlich der Ergebnisinterpretation beachtet werden. So sind die vorliegenden Durchschnittserträge aus der Statistik lediglich als grober Vergleichsmaßstab zu sehen. Eine aussagefähige detaillierte Betrachtung kann jeweils nur betriebspezifisch anhand der im langjährigen Mittel auf den einzelnen Ackerstandorten erzielbaren Erträge erfolgen. Zudem basieren alle Berechnungen auf der Unterstellung mittlerer Erzeugerpreise. Ein Anstieg der Marktfruchtpreise führt zu entsprechend geringeren notwendigen Mindesterträgen, ein reduziertes Preisniveau erfordert hingegen noch höhere Marktfruchterträge zur Erzielung identischer Gewinnbeiträge wie beim Energieholzanbau.

In der Literatur finden sich keine vergleichbaren Betrachtungen mit entsprechend regionalem Bezug. Anstelle von Grenzerträgen für die Marktfrüchte analysiert SHERIDAN (2010: 85ff) auf der Basis des Landnutzungsmodells ProLand die standortspezifische Wettbewerbsfähigkeit von KUP auf deutschen Ackerflächen durch die Ermittlung von zu zahlenden Grenzpreisen für Hackschnitzel aus Pappel-KUP. Da die Kalkulationen allerdings auf der Basis von Bodenrenten erfolgen, ist eine unmittelbare Vergleichbarkeit der Ergebnisse nicht möglich.

6.2.3 Bereitstellung ökologischer Vorrangflächen

Die Folgen der Umsetzung der im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) zu erfüllenden Anforderungen bedürfen einer genauen betriebsindividuellen Betrachtung. Je nach Region und Unternehmensstruktur sind speziell mit der notwendigen Ausweisung von ökologischen Vorrangflächen mehr oder weniger starke Veränderungen im Produktionsprogramm des Einzelbetriebs verbunden. Während für Unternehmen auf ertragsschwachen Standorten kaum Anpassungen im Anbauverhältnis erforderlich sind, da ohnehin ein gewisser Flächenanteil als Brache nicht bewirtschaftet wird bzw. jederzeit ohne große finanzielle Einbußen stillgelegt werden kann, sind auf ackerbaulichen Gunststandorten zwangsläufig gewinnreduzierungsminimale Flächennutzungen zu finden. Verfügt der Betrieb nicht über in ausreichendem Umfang vorhandene Landschaftselemente, sind in der Regel produktive Nutzungsformen wie stickstoffbindende Pflanzen (Leguminosen), Zwischenfrüchte bzw. Grasuntersaaten oder KUP zu wählen, um dieses Ziel zu erreichen. In Phasen niedriger Erzeugerpreise kann allerdings auch die Ausweisung von Brachstreifen oder -flächen aus ökonomischer Sicht sinnvoll sein, da für diese unproduktiven Nutzungsoptionen höhere Gewichtungsfaktoren festgelegt sind (s. Tabelle 5.7).

Die vereinfachte Beispielrechnung in Kapitel 5.3.3 zeigt, dass unter den getroffenen Annahmen beim aktuellen Preisniveau mit der Anlage von KUP als ökologische Vorrangfläche eine Verlustminimierung stattfindet. Allerdings bestehen aufgrund des Einsatzverbots von chemischen Pflanzenschutzmitteln und mineralischen Düngemitteln durchaus Unsicherheiten, ob die hier unterstellten jährlichen durchschnittlichen Ertragszuwächse auch langfristig realisiert werden können. Andererseits sind weiterhin die in

Abschnitt 2.3.1.3 aufgeführten Hemmnisse zu berücksichtigen, die zum Großteil in der landwirtschaftlichen Praxis im Umgang mit KUP bestehen. Ob sich diese Einstellung zu KUP durch die Anerkennung als Nutzungsoption auf ökologischen Vorrangflächen tatsächlich grundsätzlich ändern wird bleibt abzuwarten (vgl. KRÖBER und HEINRICH 2015a), zumal ein Teil der Landwirte zumindest insgeheim hofft, dass es sich bei dieser politisch festgelegten Maßnahme um eine lediglich temporäre Nutzungseinschränkung handelt. Alle Bewirtschafter, die diese These vertreten, werden jegliche Form einer langfristigen Flächenbindung zur Ausweisung ökologischer Vorrangflächen scheuen.

Kontraproduktiv wirkt sich zudem der Gewichtungsfaktor von lediglich 0,3 aus, der speziell in Bezug auf die sehr restriktiven Regelungen zur Anerkennung von KUP als ökologische Vorrangfläche, aus Sicht des Autors unangemessen niedrig angesetzt ist. Eine Erklärung für einen solch niedrigen Gewichtungsfaktor für KUP ist aus fachlicher Sicht nicht zu finden. Es scheint, als wurden bei der Festlegung dieses Faktors sämtliche Forschungsaktivitäten der vergangenen Jahre, welche die ökologischen Leistungen dieser Dauerkultur genauestens untersucht haben, einfach ignoriert (s. Abschnitt 2.2.3.3 und Kapitel 3.3). Dabei sind es gerade KUP, die der Forderung nach einer bodenschonenden, extensiven Bewirtschaftung ohne Dünge- und Pflanzenschutzmittel am ehesten entsprechen können und dabei auch noch kontinuierlich Biomasse liefern. Sogar Naturschutzverbände ermittelten für KUP hinsichtlich des Boden-, Wasser- sowie des Klimaschutzes insgesamt zumindest mittlere Boniturwerte, die beispielweise mit denen der Leguminosen vergleichbar sind (SCHÖNE et al. 2013: 136). Allerdings wurde für die Eiweißpflanzen medial mehr Stimmung gemacht und diese Option der Flächennutzung in der Folge einer entsprechenden Sonderbeurteilung mit dem Faktor 0,7 bewertet. Eine solche Lobbyarbeit hat der Energieholzanbau in Deutschland nicht erfahren, obwohl durchaus Stellung zum Thema KUP als ökologische Vorrangfläche bezogen wurde (BBE 2014). Dabei sagen ernst zu nehmende Wissenschaftler seit Jahren neben der Eiweißlücke auch einen sich abzeichnenden Engpass bei der Holzmobilisierung vorher (BEMMANN et al. 2013: 12f). Nicht zuletzt deshalb wurden in den letzten Jahren millionenschwere Verbundforschungsprojekte speziell für die Züchtungsforschung schnellwachsender Baumarten und zur Untersuchung der Auswirkungen von KUP auf Fauna und Flora durchgeführt und erfolgreich mit vielen neuen Erkenntnissen abgeschlossen (vgl. HOFMANN et al. 2012; NABU 2008; BFN 2010; BUND 2010; STROHM et al. 2012). Außerdem haben Interessenverbände aus dem Bioenergiebereich, aber auch der Deutsche Bauernverband selbst, die Notwendigkeit der Förderung von KUP zur Erhöhung der Anbaufläche und somit zur Steigerung der Dendromasseproduktion vom Acker erkannt und in der öffentlichen Diskussion betont (DBV und BBE 2012). Jedoch lässt die vergleichsweise niedrigwertige Einstufung der KUP im Greening keinerlei Förderwillen für diese Landnutzungsform erkennen, ganz im Gegenteil, sie bremst diese regelrecht aus.

Vergleichende betriebswirtschaftliche Untersuchungen für den Freistaat Sachsen sind dem Autor nicht bekannt. In anderen Bundesländern entwickelten einige landwirtschaftliche Institutionen Kalkulationshilfen zur Abschätzung der Auswirkungen veränderter Anbaustrukturen auf den gesamtbetrieblichen Erfolg. Eine Berücksichtigung der Nutzungsoption KUP erfolgte dabei in Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen. Während mit Hilfe der niedersächsischen Variante ausschließlich die notwendigen Flächenumfänge der

ökologischen Vorrangflächen ermittelt und kontrolliert werden können (NIEHOFF und SCHOO 2015), verknüpft das Kalkulationsprogramm der LWK (2014) die Flächenermittlung mit einer betriebswirtschaftlichen Bewertung, jedoch lediglich auf der Basis von Deckungsbeiträgen. Die Suche nach Berechnungsbeispielen mit KUP-Bezug in der landwirtschaftlichen Fachpresse ergab genau einen Treffer, allerdings war der Autor an dieser Veröffentlichung selbst beteiligt (vgl. KRÖBER und HEINRICH 2014a). Mehrheitlich erfolgten im Rahmen der Studien Untersuchungen zu den Optionen Zwischenfrüchte bzw. Untersaaten und Brache (vgl. WITTE und LATA CZ-LOHMANN 2014; GENTSCH 2015).

6.3 Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der Arbeit zeigen, dass der Anbau schnellwachsender Baumarten in KUP für die energetische Verwertung auf geeigneten Standorten aus ökonomischer Sicht durchaus eine Alternative für die Flächennutzer darstellen kann. Dabei ergeben sich kaum größere Unterschiede zwischen der Bewirtschaftung mit eigener Technik oder der Inanspruchnahme von Dienstleistern. Der Anbau in längeren Umtrieben mit einer Standzeit von acht Jahren führt im Vergleich zum kurzen Umtrieb durch die Ausnutzung des steigenden Biomassezuwachses bei Gewährung einer entsprechend besseren Vergütung für die erzeugten Hackschnitzel (geringerer Wassergehalt und Rindenanteil) zu grundsätzlich höheren Gewinnbeiträgen, allerdings ist ein längerer Zeitraum ohne Einzahlungen aus der Hackschnitzelerzeugung zu überstehen. Neben dem Biomasseverkauf am freien Markt besteht regional die Option einer Beteiligung an Versorgungs- bzw. Liefermodellen. Hier sollten die Landwirte stets genau prüfen, ob sich ein Vertragsabschluss anhand der angebotenen Konditionen für sie rechnet. Durchaus lukrativ erscheint der Vertragsanbau für Großverbraucher in unmittelbarer Nähe der zu beschickenden Biomasseanlagen oder die langfristige Belieferung von kommunalen Abnehmern. Auch eine Kooperation zwischen Land- und Wasserwirtschaft kann zu einer Win-Win-Situation führen, indem die Landwirte für die Anlage von KUP in Trinkwasserschutzgebieten, die nachweislich zu einer nachhaltigen Verbesserung der Qualität des Trinkwassers beitragen, eine finanzielle Vergütung erhalten. Zudem kann grundsätzlich die Anlage von KUP unter Berücksichtigung naturschutzfachlicher Aspekte interessant sein, solange für die umgesetzten Maßnahmen gesonderte Fördermittel gewährt werden. Eine Zertifizierung der KUP erscheint aktuell nur bei Erzielung zusätzlicher Vergütungen sinnvoll oder für den Fall, dass der Abnehmer dies ausdrücklich fordert. Die Untersuchungen zur Wettbewerbsfähigkeit zwischen KUP und Marktfrüchten zeigen, dass KUP im achtjährigen Umtrieb bei mittlerem und hohem Biomasseertragspotenzial im Vergleich zu annuellen Kulturen bei mittleren Erträgen und Preisen durchaus konkurrenzfähig sind. Dabei werden beim Gehölzanbau insgesamt gleichmäßigere Gewinnbeiträge erzielt, die zwar nicht mit denen des Marktfruchtanbaus in Zeiten hoher Erzeugerpreise mithalten können, jedoch deutlich über denen in Niedrigpreisphasen liegen. Unter der Annahme eines auch zukünftig auszuweisenden Ackerflächenanteils als ökologische Vorrangfläche empfiehlt sich zudem eine stärkere Berücksichtigung der Anlage von KUP als produktive Nutzungsoption.

6.4 Forschungsbedarf

Speziell im zuletzt angesprochenen Punkt wird weiterer Forschungsbedarf gesehen. So sollte bei einer sich abzeichnenden dauerhaften Verpflichtung zur Bereitstellung von ökologischen Vorrangflächen die Bewertung von KUP aus ökologischer Sicht zu einer Neubeurteilung des Gewichtungsfaktors von aktuell 0,3 führen. In diesem Zusammenhang könnte zudem ein Fokus auf die Anlage von KUP in Verbindung mit Pufferstreifen an Gewässern gelegt werden, um die Einträge von Pflanzenschutz- und Düngemitteln sowie von wertvollem Boden in die Gewässer wirksam und vor allem dauerhaft zu verhindern (SCHRÖDTER und KUBMANN 2010: 93; BÄRWOLFF et al. 2013; HOPPE und MORGENSTERN 2015).

Weiterhin erscheint es sinnvoll, eine detaillierte monetäre Bewertung der durch die extensive Bewirtschaftung erbrachten Ökosystemdienstleistungen anhand gezielter Untersuchungen durchzuführen (vgl. WOLFF et al. 2016). Folglich könnten KUP entsprechend ihres Mehrwerts für die Umwelt mit Sonderzahlungen im Vergleich zu Intensivkulturen bedacht werden bzw. es könnte eine Zuweisung von Zahlungen in zukünftigen Förderperioden an die entsprechend erbrachten Leistungen geknüpft werden (NÖLTING et al. 2015: 29).

Zur Reduzierung des Flächenverbrauchs in Deutschland, der direkt mit dem Verlust an produktiver landwirtschaftlicher Nutzfläche verbunden ist und aktuell noch immer deutlich über der für das Jahr 2020 gesetzten Zielgröße von 30 Hektar pro Tag liegt (WIGGERING et al. 2009: 3), sollten weitere Bestrebungen zur Anerkennung von KUP als Ausgleichs- und Ersatzmaßnahme unternommen werden. Für diese Nutzungskategorie, welche in Folge der Neuentstehung von hauptsächlich Siedlungs- und Verkehrsflächen als ökologischer Ausgleich angelegt werden muss und somit den Flächenverlust weiter verschärft, sollte zwingend eine produktive Nutzung ermöglicht werden. Die Untersuchungen der Thüringer Landesanstalt (vgl. GÖDEKE et al. 2014) erscheinen hierfür als Diskussionsgrundlage sehr gut geeignet.

Im Bereich der Biomasseertragsschätzung sollten in langfristig angelegten Studien auf einer möglichst breiten Standortamplitude sowie durch die Berücksichtigung einer Vielzahl geeigneter Pappelsorten und -klone in Anlehnung an die ermittelten Ertragssteigerungsfaktoren für kurze Umtriebszeiten von drei bis fünf Jahren entsprechend auch die für acht- bis zwölfjährige Nutzungsintervalle hergeleitet werden, um den Vergleich der Anbauoptionen kurzer und mittlerer Umtrieb noch detaillierter vornehmen zu können.

Bezüglich der im Rahmen der Arbeit verglichenen Verfahrensketten sind fraglos weitere Untersuchungen zur Bewirtschaftung der KUP in längeren Umtriebszeiten durchzuführen. Hier werden vor allem zuverlässige Aussagen zur Produktivität der Ernte- und Rückemaschinen bzw. der händischen Beerntung mit Motorsäge und Fällgabel benötigt, um die ermittelte ökonomische Vorteilhaftigkeit im Vergleich zu kurzen Umtriebszeiten zu unterlegen. Speziell beim Einsatz der Motorsäge erscheinen Erhebungen zum Einfluss der Schnitthöhe bei der Erstbeerntung der Fläche und die daraus resultierenden Wirkungen für die Folgebewirtschaftung von Interesse. So führt eine minimale Stockhöhe zu optimalen Bedingungen für die anschließende Beräumung der Fläche, nachteilig wirkt sich jedoch der mehrtriebige Stockausschlag aus, der die Folgebeerntungen erschwert bzw. deutlich mehr Arbeitszeit in Anspruch nimmt. Abhilfe kann ein höherer Fällschnitt schaffen, sodass bei der

Folgeernte durch das Absägen unterhalb der Neuaustriebe entsprechend nur ein Stamm abzutrennen ist. Die belassenen Wurzelstöcke stellen in diesem Fall allerdings Hindernisse für die Folgebewirtschaftung dar. Die Durchführung von Ernteversuchen mit einer entsprechenden Variation der Höhe der belassenen Wurzelstöcke kann hierzu Informationen für eine praxisoptimale Schnitthöhe liefern. Zudem sollten weitere potenziell geeignete Techniken wie beispielsweise das kombinierte Verfahren mit traktorgezogenem Forstanhänger und Kranaufbau inklusive angebautem Fällkopf mit entsprechend angelegten Zeitstudien untersucht werden. Auch im Bereich der Zwischenlagerung der Ganzbäume sind weitere, möglichst im Praxismaßstab angelegte Versuche zur Gewährleistung einer maximalen Reduzierung des Wassergehalts notwendig.

Insgesamt erscheint es sinnvoll, den Vergleich der einzelnen Verfahrensketten für unterschiedliche Pflanzverbände und Standorteigenschaften (z. B. Hangneigung) durchzuführen. So könnte im Ergebnis in Bezug auf die Faktoren Reihenlänge, Reihenabstand sowie Hangneigung eine möglichst bewirtschaftungsoptimale Flächenetablierung für die verschiedenen, potenziell einsetzbaren Erntetechniken ausgewiesen werden.

In direkter Verbindung mit der eingesetzten Holzerntetechnik steht die Hackschnitzelqualität. Auch hier sollten genauere Analysen durchgeführt werden, welche die Eigenschaften des erzeugten Rohstoffs in Abhängigkeit von der Verfahrenskette beurteilen und die Hackschnitzel somit ihrer einsatzoptimalen Verwertung zugeführt bzw. mit unterschiedlich hohen Vergütungssätzen versehen werden können. Der geschilderten Thematik widmeten sich unter anderem das Deutsche Pelletinstitut (DEPI) sowie das Technologie- und Förderzentrum Straubing (TFZ) im von der FNR geförderten Verbundprojekt „HackZert“ (DEPI 2015; BRÜGGEMANN 2016).

Bereits kurz angerissen wurde die Anbahnung neuer Geschäftsmodelle. Auch in diesem Bereich sollten beispielsweise durch eine intensive Analyse der Land- und Forstwirtschaft sowie naher Branchen erfolgreich umgesetzte Modelle auf eine potenzielle Übertragbarkeit auf das Geschäftsfeld KUP geprüft werden. Die beispielhaft genannten Optionen Crowdfunding oder Patenschaftsmodell könnten dabei durchaus attraktive Varianten für eine Vernetzung von Landwirten und der ortsansässigen Bevölkerung darstellen.

Eine mögliche Eigenverwertung der erzeugten Biomasse wurde im Rahmen der Arbeit nicht untersucht. Speziell für Betriebe mit einem nicht unerheblichen Wärmebedarf (z. B. Schweinehaltung, Zimmervermietung) ist die Gewinnung von Holzbrennstoffen vom eigenen Acker je nach regionalen Gegebenheiten unter Umständen als eine sinnvolle Option anzusehen. Dabei können die Hackschnitzel aus KUP einerseits als Ersatz für bisher eingesetzte Waldhackschnitzel aus dem Bauernwald oder vom Biomassehändler dienen. Andererseits könnte der Betriebsleiter vor der Entscheidung stehen die vorhandene, sanierungsbedürftige Heizanlage auf der Basis fossiler Energieträger durch einen Hackschnitzelkessel zu ersetzen. Für beide Fälle gilt es, belastbare Grundkalkulationen zu entwickeln, die relativ unkompliziert an die betriebsindividuelle Situation angepasst werden können. Durch die Eigenverwertung der Biomasse verbleibt ein Großteil der Wertschöpfung im eigenen Unternehmen, wodurch das Produktionsverfahren KUP für den einen oder anderen Landwirt zusätzlich an Bedeutung gewinnen kann.

7 Zusammenfassung

Der Anbau von schnellwachsenden Baumarten in KUP auf landwirtschaftlichen Flächen kann eine Möglichkeit der kurz- und mittelfristigen Bereitstellung von Holz für die energetische und stoffliche Verwertung darstellen und somit regional den Nutzungsdruck auf die heimischen Wälder reduzieren bzw. den wachsenden Rohstoffbedarf anteilig decken.

In der Literatur findet sich eine Vielzahl von Studien zur ökonomischen Bewertung von KUP. Diese basieren jedoch auf sehr unterschiedlichen methodischen Ansätzen und weisen häufig keinen regionalen Bezug hinsichtlich der auftretenden Bewirtschaftungskosten sowie der tatsächlich erzielbaren Biomasserträge auf und vernachlässigen zudem in der Regel einen Vergleich mit der standorttypischen ackerbaulichen Nutzung auf einer identischen Kalkulationsgrundlage. Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist die Untersuchung verschiedener Verfahrensketten zur Hackschnitzelerzeugung aus KUP zur energetischen Verwertung für den Betrachtungsraum Sachsen, die aus betriebswirtschaftlicher Sicht beurteilt werden. Da keine eigenen Erhebungen in Form von Zeitstudien für die verschiedenen Verfahrensketten durchgeführt wurden, erfolgt die Bewertung anhand aktueller Veröffentlichungen sowie unter Verwendung praxisrelevanter Daten von regionalen Dienstleistungsangeboten.

Nach einer allgemeinen Darstellung des Produktionsverfahrens Energieholzanbau in KUP auf landwirtschaftlichen Flächen wird eine Auswahl aktueller Studien, die sich mit der betriebswirtschaftlichen Bewertung von KUP beschäftigen, vorgestellt. Anschließend erfolgt eine ausführliche Beschreibung der in den eigenen Untersuchungen vergleichend gegenübergestellten Verfahrensketten für die Bereitstellung von Hackschnitzeln aus KUP. Dabei werden bei der Bewirtschaftung in kurzen Umtriebszeiten (vier Jahre) die Ernteverfahren Feldhäcksler, Mäh Hacker und Mähsammler sowie bei längeren Umtriebszeiten (acht Jahre) die Verfahren Harvester und Motorsäge berücksichtigt. An die Darstellung der in die Berechnungen eingeflossenen Datengrundlage schließt sich weiterhin eine kurze Beschreibung der Annuitätenmethode an, welche für alle Kalkulationen als Berechnungsmethodik verwendet wurde.

Die Ermittlung der Annuitäten für die verschiedenen Verfahrensketten erfolgt auf der Grundlage einer identischen Bewirtschaftung der KUP. Unterschiede bei den Produktionskosten auf einem Standort ergeben sich demnach lediglich durch die jeweils verwendete Ernte-, Rücke- und Hacktechnik. In Abhängigkeit von der Ertragsfähigkeit des Untersuchungsraums sowie der Umtriebszeit unterscheiden sich die erzielbaren durchschnittlichen jährlichen Biomassezuwächse. Die Höhe der Hackschnitzelvergütung steigt mit Abnahme des Wassergehalts des erzeugten Rohstoffs kontinuierlich an. Bei der einstufigen Beerntung (Feldhäcksler und Mäh Hacker) werden grundsätzlich erntefrische Hackschnitzel mit einem Wassergehalt von 55 Prozent erzeugt. Durch die bei der zweistufigen Ernte mögliche Zwischenlagerung der Ganzbäume kann mit den Verfahren Mähsammler, Harvester und Motorsäge nach dem abschließenden Hacken Ware mit einem Wassergehalt von 35 Prozent bereitgestellt werden. Die Transportentfernung zum Abnehmer beträgt für alle Varianten 20 Kilometer, zudem ist vor Ort eine Lohntrocknung der

angelieferten Hackschnitzel möglich, was eine grundlegende Gegenüberstellung der verschiedenen Verfahrensketten gestattet.

Beim Vergleich der untersuchten Verfahrensketten zwischen einer Bewirtschaftung komplett mit eigener Technik und einem vollständigen Einsatz von Dienstleistern ergeben sich kaum grundsätzliche Unterschiede in der Höhe der erzielbaren Gewinnbeiträge. Aufgrund dieser ermittelten Tendenzen wird für alle Folgebetrachtungen eine Bewirtschaftung durch Dienstleister unterstellt, lediglich bei der Verfahrenskette Motorsäge und Teleskoplader erfolgen Ernte und Rücken der Ganzbäume in Eigenregie. Die Annahmen erscheinen aufgrund einer berücksichtigten Bewirtschaftungsfläche von insgesamt zehn Hektar je Unternehmen durchaus gerechtfertigt. Hinsichtlich der erzielbaren Gewinnbeiträge schneidet das Verfahren Mähacker beim kurzen Umtrieb am besten ab, beim längeren Umtrieb erzielt die Beerntung mit der Motorsäge die höchsten Annuitäten. Generell können mit den zweistufigen Ernteverfahren durch die Ausnutzung des weiter ansteigenden durchschnittlichen jährlichen Biomasseertragszuwachses über die Standzeit der KUP sowie die Erzielung höherer Vergütungen aufgrund geringerer Wassergehalte höhere Gewinnbeiträge erzielt werden als mit den Verfahren der Direkternte. Eine Gesamtbetrachtung für den Freistaat Sachsen zeigt auf Gemeindeebene sehr differenzierte Ergebnisse, die grundsätzlich für alle Verfahrensketten zutreffen. So werden in den Gemeinden mit mittleren und hohen Biomassezuwachsen, die entsprechend durch Standorte mit guter Bodenqualität und ausreichender Wasserversorgung gekennzeichnet sind, die höchsten Gewinnbeiträge erzielt. Diese liegen beispielsweise im Zwickauer Land, in weiten Teilen des Mittelsächsischen Lößhügellands sowie in Teilen von Ostsachsen. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht wenig sinnvoll erscheint der Anbau von KUP hingegen in den nördlichen Heidegebieten sowie in Teilen des Erzgebirges.

Neben einem Verkauf der Hackschnitzel am freien Markt kann beim Auftreten lokaler Biomasseverwerter, die ihren Rohstoffbedarf anteilig oder gar vollständig über Lieferkooperationen vertraglich binden, ein Abschluss einer entsprechenden Vereinbarung die Attraktivität des Produktionsverfahrens aus betriebswirtschaftlicher Sicht erhöhen. Dies ist in der Regel dann der Fall, wenn beim Vertragsanbau aufgrund der Nähe zur Verwertungsanlage eine ausreichend hohe jährliche Zahlung oder bei der Versorgung von kommunalen Anlagen eine über dem lokalen Marktpreis liegende Vergütung für die langfristige Biomasselieferung bei Einhaltung der geforderten Qualitätseigenschaften gewährt wird.

In Gebieten mit besonderen Schutzfunktionen, die in der Regel keine intensive Landwirtschaft ermöglichen, kann der Anbau von KUP eine sinnvolle Nutzungsalternative darstellen. Die Untersuchungen zeigen, dass beispielsweise durch die extensive Bewirtschaftung von KUP in Trinkwasserschutzgebieten im Vergleich zu einer typischen landwirtschaftlichen Nutzung langfristig eine erheblich verbesserte Wasserqualität erzielt wird. Erfolgt eine Gewährung von Ausgleichszahlungen für den Anbau der KUP, profitieren sowohl der Flächennutzer als auch die Wasserwirtschaft von der Maßnahme. So wirft das Produktionsverfahren einerseits für den Landwirt entsprechend positive Gewinnbeiträge auf einer Fläche ab, die mit typischen Marktfrüchten nur eingeschränkt zu bewirtschaften ist. Andererseits kann durch die gewährten Zahlungen eine grundlegende Verbesserung der Trinkwasserqualität erzielt werden, deren Höhe aller Voraussicht nach deutlich unter der

Kostensumme liegt, die infolge einer weiteren Verschlechterung der Grundwasserqualität für eine zwangsläufig notwendige Wasseraufbereitung erforderlich wäre.

Die Berücksichtigung naturschutzfachlicher Aspekte wie die Schaffung von Bestandslücken, die anteilige Beimischung heimischer Gehölze oder die Anlage von Hecken- und Saumstrukturen bei der Etablierung von KUP bringt grundsätzlich eine Verringerung der Biomasseerträge je Flächeneinheit mit sich. Aus finanzieller Sicht führt jedoch beispielsweise die Anlage von Blühflächen oder Brachen am Rand bzw. innerhalb der KUP-Fläche durch die Gewährung von Beihilfen im Rahmen von Agrarumweltmaßnahmen zu kaum geringeren Gewinnbeiträgen. Allerdings werden entsprechende Sonderzahlungen für Umweltleistungen innerhalb der jeweiligen Förderperiode in Abhängigkeit der verfügbaren Mittel ausgezahlt. Daher sind keine langfristigen Bewertungen dieser Maßnahmen über die Gesamtnutzungsdauer einer KUP möglich.

Eine seit dem Jahr 2014 mögliche Zertifizierung von KUP zum Nachweis einer ökologisch nachhaltigen sowie sozialverträglichen Bewirtschaftung erscheint unter den aktuellen Bedingungen aufgrund der nicht unerheblichen Kosten dieser Maßnahme nur bei Gewährung zusätzlicher Vergütungen sinnvoll. Die Bedeutung der Nachweisführung zur Einhaltung der festgelegten Standards wird erst dann zunehmen, wenn regional eine größere Anzahl an Abnehmern die Zertifizierung der aus KUP erzeugten Hackschnitzel als Grundvoraussetzung für die Abnahme festlegt bzw. nicht zertifiziertes Material mit Preisabschlägen bedacht wird.

Die vergleichende Gegenüberstellung von KUP und annuellen Kulturen zeigt, dass KUP beim achtjährigen Umtrieb durchaus ähnliche Gewinnbeiträge erzielen wie typische Getreidekulturen bei einem mittleren Erzeugerpreis- und Ertragsniveau. Am Beispiel der Wintergerste erfolgt die Ausweisung von Grenzerträgen auf Gemeindeebene. Die ermittelten Werte geben demzufolge den Mindestertrag für die Fruchtart Wintergerste an, der bei einem mittleren Erzeugerpreis erreicht werden muss, um einen identisch hohen Gewinnbeitrag zu erwirtschaften wie beim Anbau von KUP im achtjährigen Umtrieb. In Abhängigkeit der betrachteten Verfahrenskette kommt es zu entsprechend differenzierten Aussagen.

Schließlich zeigt die beispielhafte Untersuchung zu den Wirkungen verschiedener Nutzungsoptionen für die Ausweisung ökologischer Vorrangflächen auf den betrieblichen Gesamtgewinn, dass KUP beim Anbau ertragreicher Klone und nur geringfügig reduzierter Biomasseertragszuwächse im Vergleich zur konventionellen Bewirtschaftung mit Pflanzenschutzmitteleinsatz im Etablierungsjahr sowie einer Erhaltungsdüngung nach der zweiten und dritten Ernte eine Option zur Verlustminimierung darstellen können. Speziell eine Kombination von KUP mit Streifenbrachen, die im Vergleich zu KUP mit einem deutlich höheren Gewichtungsfaktor bedacht wurden, ist sowohl aus betriebswirtschaftlicher als auch aus ökologischer Sicht geeignet.

Abschließend bleibt festzuhalten, dass die ermittelten Ergebnisse einen allgemeinen Aussagegehalt aufweisen, welcher anhand der in den jeweiligen Kalkulationen unterstellten Rahmenbedingungen eine grundsätzliche Gültigkeit besitzt. Die zusätzlich zum eigentlichen betriebswirtschaftlichen Vergleich der Verfahrensketten erfolgten Berechnungen (Geschäftsmodelle, Trinkwasserschutzgebiete, Anlage unter naturschutzfachlichen Aspekten) zeigen potenzielle Optionen zur Erhöhung der wirtschaftlichen Attraktivität des

Produktionsverfahrens, die nicht zwangsläufig auf alle Gemeinden des Untersuchungsraums übertragbar sind. Anhand der Ergebnisse können demnach keine unmittelbaren Beurteilungen für Einzelflächen erfolgen. Vielmehr sollten diese als Grundlage für eine vertiefende betriebsindividuelle Betrachtung verstanden werden.

8 Summary

Cultivating fast-growing trees in short rotation coppice (SRC) plantations on agricultural land can be one way of providing wood in the short or medium term for use as a raw material or as a source of energy. This means that in some regions SRC plantations could help reduce pressure on local forests or at least partly cover increasing demand for raw materials.

Several studies have been carried out assessing SRC plantations from a business point of view. However, these studies use very different methodological approaches and often do not take regional variations in operating expenses and actual achievable biomass yields into account. They also generally fail to make a comparison on an identical basis of calculation with the typical agricultural use of the site. The present study examines different process chains in the production of wood chips from SRC for use as an energy source in Saxony and evaluates them from a business point of view. No data was collected by means of time studies and so this evaluation is based on current literature and information from regional contractors.

A general description of the production process of wood cultivation as a source of energy in SRC plantations on agricultural land precedes a review of current research assessing SRC plantations from a business point of view. This is followed by a detailed description of those process chains producing wood chips from SRC that were compared with each other. The comparison considers forage harvester, mower-chipper and mower-collector as harvesting methods for cultivation in short rotations (4 years). With longer rotations (8 years), harvester and chain saw are compared. Thereafter, the data basis for the calculations introduces a short description of the annuity method used as the underlying calculation method.

In order to determine the annuities for the different process chains, it is essential that the management of the SRC plantation is identical. This means that subsequent differences in production costs on the same site are only due to the harvesting, moving and chipping techniques applied. Achievable average annual increases in biomass vary depending on the yield potential of the study area and the rotation length. Prices for wood chips rise continuously as moisture content in the raw material produced decreases. When harvesting in a single step using a forage harvester and a mower-chipper, moisture content of the freshly harvested wood chips is normally at least 55 %. A two-stage harvest, using a mower-collector, a harvester and a chain saw, and chipping the wood only after intermediate storage of whole stems, provides wood chips with a moisture content of 35 %. For all options, the distance to the buyer is 20 km, and the delivered wood chips can be dried on site, allowing a fundamental comparison between the different process chains.

In a comparison between a process chains using the businesses' own plant alone and a chain entirely relying on contractors, there are no major differences in the achievable contributions to the returns. In light of this, the following considerations are based on plantation management by contractors. Only for the process involving a chain saw and telescopic handler did the businesses take care of harvesting and moving the whole stems themselves. These assumptions seem absolutely reasonable on the basis of a total of 10 hectares of cultivated land per business. With regard to contributions to the returns, the mower-chipper method obtained the best results for short rotations. For longer rotations, harvesting by chain saw attained the largest annuities. Generally speaking, higher contributions to profit can be

obtained by using two-stage harvesting methods instead of direct harvesting. Two-stage harvesting takes advantage of increasing average annual biomass yield during the life of the SRC plantation and higher returns as a consequence of lower moisture content in the wood. An overall analysis of the Free State of Saxony at the municipal level shows very differentiated results with regard to all process chains. Municipalities with medium or high increases in biomass, which are characterized by agricultural land with good soil quality and adequate water supply, attain the highest contributions to profit. These municipalities are located in the Zwickauer Land district, in large parts of the central Saxon loess hills and partly in eastern Saxony. From a business point of view, it appears to make little sense to cultivate SRC in the northern heath areas and in parts of the Ore Mountains.

In addition to sales on the free market, the production of wood chips can become a more attractive business model if appropriate agreements are entered into with local biomass consumers who wish to secure their requirements partially or wholly by means of supply contracts. This is generally the case when a sufficiently high annual payment is guaranteed for a contracted cultivation located short distance from the energy recycling plant, or when an above-market price is agreed for the long-term supply of municipal plants with biomass where the required quality standards are met.

In areas subject to special protective measures, where intensive agriculture is generally not allowed, the establishment of SRC plantations can be a useful alternative. The analyses show that the extensive cultivation of SRC in drinking water protection zones, can improve the water quality significantly over the long term in comparison with more conventional agricultural use. Where compensation is available for establishing the SRC plantation, both the land user and the water industry benefit. On the one hand, the production process earns the farmer contributions to returns on land that allows only limited cultivation of commonly grown crops. On the other hand, the compensation payments could contribute to significantly improving the quality of drinking water while most likely remaining lower than the costs for water treatment that would be necessary as a consequence of further deterioration in the groundwater quality caused by traditional farming.

Should the establishment of SRC plantations include protective measures, such as gaps in the plantation, partial inclusion of local trees and shrubs, or fringe structures (e.g. hedges), a reduction in biomass yield is inevitable. From a financial point of view, letting wild flowers grow within or at the edge of the plantation, or leaving the land fallow does not influence profit if agri-environmental subsidies are granted. However, the payment of such special financial support for environmental services depends on funds being available within the funding period. Therefore, it is impossible to provide long-term evaluations of these measures for the total lifetime of an SRC plantation.

Since 2014, it has been possible to obtain a certification of SRC plantations as proof of ecologically sustainable and socially acceptable management. Given current circumstances and the not inconsiderable costs of obtaining this certification, it makes sense only if it results in higher financial returns. The importance of proving that standards are observed will grow only if more local consumers insist on the certification of wood chips from SRC as a condition of purchase, or if uncertified wood chips are traded at reduced prices.

The comparison between SRC plantations and the cultivation of annual crops shows that SRC plantations in 8-year rotations produce similar financial yields to commonly grown cereals at average producer prices and yield levels. Winter barley is used as an example to demonstrate the performance of marginal products at municipal level. The figures show the minimum yield of winter barley that must be sold at an average producer price to achieve the same results as the cultivation of SRC in 8-year rotation. The conclusions differ depending on the process chain selected.

Finally, the study of the impact of different uses of Ecological Focus Areas (EFA) on the overall profit shows that, when compared to traditional cultivation using pesticides in the establishment year and maintenance fertilization after the second and third harvest, SRC plantations could be a way of minimizing losses. This could be effected by planting high-yield clones and only slightly reducing biomass yield increments. The combination of SRC and fallow strips in particular, to which a significantly higher weighting factor is applied than to SRC alone, is sound from both a business and an ecological point of view.

Ultimately, the findings obtained are meaningful and have a fundamental validity due to the frame conditions used for each calculation. The calculations (business models, drinking water protection zones, nature protection measures) carried out in addition to the commercial comparison of the process chains proper show some options for potentially increasing the economic attractiveness of the production process that cannot necessarily be transferred to all municipalities of the study area. The results do not allow any direct evaluations for individual areas. They should rather be understood as the basis for more-detailed analyses of individual businesses.

9 Literatur

- ALI, W. (2009): Modelling of biomass production potential of poplar in short rotation plantations on agricultural lands of Saxony, Germany. Dissertation - Fachrichtung Forstwissenschaften, TU Dresden, 145 S.
- ALPMANN, D.; BRAUN, J.; SCHÄFER, B.-C. (2013): Auf Körnerleguminosen setzen? top agrar 42 (3): 96-99.
- AMI - Agrarmarkt Informations-Gesellschaft mbH (2010 bis 2015): Erzeugerpreise und Gebote für Getreide und Raps. Bauernzeitung 51 bis 56: verschiedene Seiten.
- AMTHAUER GALLARDO, D. (2014): Standortbasierte Ertragsmodellierung von Pappel- und Weidenklonen in Kurzumtriebsplantagen. Dissertation - Fachrichtung Forstwissenschaften, TU Dresden, 219 S.
- ANGEL, D.; ALBERS, K.; BOHNET, S.; BUCHHOLZ, S.; BUHSE, B.; DAMM, S. et al. (2015): Bioenergie-Regionen 2009–2015. Vorreiter der Energiewende im ländlichen Raum - Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Gülzow, 114 S.
- ANONYMUS (2014): Energieholz-Ernter prämiert. Forst & Technik 26 (8): 7.
- ANSPACH, V.; ROESCH, A. (2015): Wirtschaftlichkeit der Energieholzproduktion durch Kurzumtriebsplantagen in der Schweiz. In: Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus e.V. (Hrsg.): Neuere Theorien und Methoden in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus, Band 50. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster: 425-426.
- AUST, C. (2012): Abschätzung der nationalen und regionalen Biomassepotentiale von Kurzumtriebsplantagen auf landwirtschaftlichen Flächen in Deutschland. Dissertation - Fakultät für Forst- und Umweltwissenschaften, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Brsg., 167 S.
- BARKOWSKI, R.; BUTLER MANNING, D. (2015): An analysis of the potential to cultivate short rotation coppice on Deutsche Bahn AG property in Central Germany using a GIS-based approach. In: BUTLER MANNING, D.; BEMMANN, A.; BREDEMEIER, M.; LAMERSDORF, N.; AMMER, C. (Hrsg.): Bioenergy from Dendromass for the Sustainable Development of Rural Areas. Wiley-VHC, Weinheim: 257-268.
- BÄRWOLFF, M.; GÖDEKE, K.; FÜRSTENAU, C. (2014): Einsatzfälle Kurzumtriebsplantagen: Greening, Gewässer und Erosionsschutz, Produktionsintegrierte Kompensation (PIK). In: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.): Thüringer Bioenergetag: Optionen von Energieholz aus KUP für die Landwirtschaft, Jena: 9-16.
- BÄRWOLFF, M.; HANSEN, H.; HOFMANN, M.; SETZER, F. (2012): Energieholz aus der Landwirtschaft - Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow, 56 S.
- BÄRWOLFF, M.; HERING, T. (2012): Fremdenergiefreie Trocknungsvarianten für Holz aus Kurzumtriebsplantagen. Trocknungsversuch mit 4 Varianten im Rahmen des Projektes AgroForstEnergie - Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena, 11 S.

- BÄRWOLFF, M.; REINHOLD, G.; FÜRSTENAU, C.; GRAF, T.; JUNG, L.; VETTER, A. (2013): Gewässerrandstreifen als Kurzumtriebsplantagen oder Agroforstsysteme - Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 63 S.
- BAUM, C.; LEINWEBER, P.; WEIH, M.; LAMERSDORF, N.; DIMITRIOU, I. (2009a): Effects of short rotation coppice with willows and poplar on soil ecology. *Landbauforschung - vTI Agriculture and Forestry Research* 59 (3): 183-196.
- BAUM, S.; WEIH, M.; BUSCH, G.; KROIHER, F.; BOLTE, A. (2009b): The impact of Short Rotation Coppice plantations on phytodiversity. *Landbauforschung - vTI Agriculture and Forestry Research* 59 (3): 163-170.
- BAUR, F.; FASSBENDER, B.; FRANTZEN, J.; SPECK, M.; SPRINGER, M.; TRAPP, M. et al. (2011): Biomasse-Potenzialanalyse für das Saarland. Der Teilplan Biomasse zum Master-Plan Neue Energie. Endbericht - Ministerium für Umwelt, Energie und Verkehr des Saarlandes, Saarbrücken, 253 S.
- BBE - Bundesverband BioEnergie e.V. (2014): Stellungnahme des Bundesverband BioEnergie e.V. (BBE) zur Ausgestaltung der Option ‚Niederwald mit Kurzumtrieb‘ für Ökologische Vorrangflächen im Entwurf der Direktzahlungen-Durchführungsverordnung (Direkt-ZahlDurchfV) vom 11.08.2014, Bonn, 5 S.
- BECKER, R.; RÖHRICHT, C.; RUSCHER, K.; JÄKEL, K. (2014): Schnellwachsende Baumarten im Kurzumtrieb. Anbauempfehlungen - Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden, 72 S.
- BEMMANN, A.; BUTLER MANNING, D.; KUDLICH, W. (2013): Kurzumtriebswirtschaft - eine neue Strategie für die Produktion und Bereitstellung von Holz für die Energie- und Rohstoffersatzwirtschaft. In: BEMMANN, A.; BUTLER MANNING, D. (Hrsg.): Energieholzplantagen in der Landwirtschaft: Eine Anleitung zur Bewirtschaftung von schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb für den Praktiker. Agrimedia, Clenze: 12-16.
- BEMMANN, A.; FEGER, K.-H.; GEROLD, D.; GROBE, W.; HARTMANN, K.-U.; PETZOLD, R. ET AL. (2007): Kurzumtriebsplantagen auf landwirtschaftlichen Flächen in der Region Großenhain im Freistaat Sachsen. *FORSTARCHIV* 78 (3): 95-101.
- BEMMANN, A.; KNUST, C. (2010): AGROWOOD. Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven, Weißensee Verlag, Berlin, 340 S.
- BERHONGARAY, G.; EL KASMIQUI, O.; CEULEMANS, R. (2013): Comparative analysis of harvesting machines on an operational high-density short rotation woody crop (SRWC) culture. One-process versus two-process harvest operation. *Biomass and Bioenergy* 23 (58): 333-342.
- BFN - Bundesamt für Naturschutz (2010): Energieholzanbau auf landwirtschaftlichen Flächen. Auswirkungen von Kurzumtriebsplantagen auf Naturhaushalt, Landschaftsbild und biologische Vielfalt, Leipzig, 20 S.
- BIERTÜMPFEL, A.; RUDEL, H.; WERNER, A.; VETTER, A. (2009): 15 Jahre Energieholzversuche in Thüringen - Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena, 8 S.

- BLEYMÜLLER, H. (2010): Wald, Wasser, Wärme, Strom - das ganzheitliche Konzept für mehr Lebensqualität. FORST UND HOLZ 65 (3): 32-36.
- BMEL - Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2015a): Agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung 2015, Berlin, 148 S.
- BMEL - Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2015b): "Bauern erbringen zusätzliche Umweltleistungen durch das Greening". (Pressemitteilung Nr. 191 vom 08.10.2015),
<https://www.bmel.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/2015/191-SC-OekologischeVorrangflaechen.html> (zuletzt geprüft am: 22.12.2015).
- BMEL - Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2015c): Umsetzung der EU-Agrarreform in Deutschland. Ausgabe 2015, Bonn, 124 S.
- BOELCKE, B. (2006): Schnellwachsende Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen. Leitfaden zur Erzeugung von Energieholz - Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin, 44 S.
- BÖHME, H. (2014): Informationen zur Lieferung von Hackschnitzeln in den Jahren 2014 bis 2017 zur Versorgung des Heizwerks Grimma-West. (E-Mail vom 01.04.2014).
- BOHNET, S.; HAAK, F.; GAWOR, M.; THRÄN, D. (2015): Technisch-ökonomische Begleitforschung des Bundeswettbewerbes „Bioenergie-Regionen“. Endbericht Fördermaßnahme 2009-2012. DBFZ Report Nr. 23 - Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH, Leipzig, 213 S.
- BOLL, T.; HAAREN, C.; RODE, M. (2015): The effects of short rotation coppice on the visual landscape. In: BUTLER MANNING, D.; BEMMANN, A.; BREDEMEIER, M.; LAMERSDORF, N.; AMMER, C. (Hrsg.): Bioenergy from Dendromass for the Sustainable Development of Rural Areas. Wiley-VHC, Weinheim: 105-119.
- BOLL, T.; KEMPA, D.; HAAREN, C.; WELLER, M. (2014): Naturschutzfachliche Bewertung von Kurzumtriebsplantagen in der betrieblichen Managementsoftware MANUELA. In: GEROLD, D.; SCHNEIDER, M. (Hrsg.): Erfahrungsberichte zur Vernetzung von Erzeugern und Verwertern von Dendromasse für die energetische Verwertung. Selbstverlag Leibniz-Institut für Länderkunde e.V., Leipzig: 108-115.
- BONN, S. (2015): Programme für mehr Blüten und Insekten. top agrar 56 (12) Verlagsbeilage "Biodiversität": 32-35.
- BÄRUNIG, A.; SCHMIDT, W.; TENHOLTERN, R. (2015): Begrünung von erosionsgefährdeten Abflussbahnen - Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden, 16 S.
- BREITSCHUH, G.; REINHOLD, G.; SCHWABE, M. (2007): Standpunkt: Energieholz auf Uferrandstreifen - Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena, 6 S.
- BRÖHL, E.; RÖHRICHT, C. (2006): Untersuchungen zum Pappel- und Weidenanbau im Kurzumtrieb auf landwirtschaftlichen Flächen. In: BEMMANN, A.; FRANKE, E. (Hrsg.): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen, Tharandt: 165-173.

- BRÖKER, M. (2014): Punkteinträge: Die größte Gefahr! top agrar 55 (12) Verlagsbeilage "Gewässerschutz": 18-21.
- BRÜGGEMANN, C. (2015): Holz im Zwischentief. Bauernzeitung 56 (49): 28-29.
- BRÜGGEMANN, C. (2016): Das große Thema Emissionen. Bauernzeitung 57 (2): 34-35.
- BRUMMACK, J.; PESCHEL, T. (2013): Vom Erntegut zum Brennstoff. In: BEMMANN, A.; BUTLER MANNING, D. (Hrsg.): Energieholzplantagen in der Landwirtschaft: Eine Anleitung zur Bewirtschaftung von schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb für den Praktiker. Agrimedia, Clenze: 74-85.
- BUND - Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (2010): Kurzumtriebsplantagen für die Energieholzgewinnung - Chancen und Risiken, Berlin, 24 S.
- BURGER, F. (2010): Bewirtschaftung und Ökobilanzierung von Kurzumtriebsplantagen. Dissertation - Lehrstuhl für Holzkunde und Holztechnik, TU München, 180 S.
- BURGER, F.; FRIEDRICH, S.; SCHUMANN, C.; ZORMAIER, F. (2012a): Kurzumtriebsplantagen. LWF Wissen 19 (70): 45-49.
- BURGER, F.; STOLL, B.; HENTZSCHEL-ZIMMERMANN, A. (2012b): Biomasseproduktion von Kurzumtriebsplantagen in Bayern. Ertragskundliche Ergebnisse des Projekts "Anbauversuche mit schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb". LWF Materialien Nr. 15 - Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising, 63 S.
- BUSCH, G.; LAMERSDORF, N. (2009): Kurzumtriebsplantagen. Handlungsempfehlungen zur naturverträglichen Produktion von Energieholz in der Landwirtschaft. Ergebnisse aus dem Projekt NOVALIS - Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück, 74 S.
- BUSCH, G.; MEIXNER, C. (2015): A spatially explicit approach to the identification of sites suitable for woody biomass systems based on site factors and field geometry: a case study for the Göttingen district. In: BUTLER MANNING, D.; BEMMANN, A.; BREDEMEIER, M.; LAMERSDORF, N.; AMMER, C. (Hrsg.): Bioenergy from Dendromass for the Sustainable Development of Rural Areas. Wiley-VHC, Weinheim: 161-172.
- BUTLER MANNING, D. (2013): Viessmann Werke GmbH & Co KG: Strategisches Nachhaltigkeitsprojekt "Effizienz Plus". In: BEMMANN, A.; BUTLER MANNING, D. (Hrsg.): Energieholzplantagen in der Landwirtschaft: Eine Anleitung zur Bewirtschaftung von schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb für den Praktiker. Agrimedia, Clenze: 18.
- BUTLER MANNING, D.; BEMMANN, A.; BREDEMEIER, M.; LAMERSDORF, N.; AMMER, C. (2015): Bioenergy from Dendromass for the Sustainable Development of Rural Areas, Wiley-VHC, Weinheim, 534 S.
- BUTT, G.; KLEIDER, W. (2009): Energieland 2020. Gesamtstrategie für Mecklenburg-Vorpommern - Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin, 124 S.

- BYSTRICKY, M.; BURGER, F.; WEBER-BLASCHKE, G.; FAULSTICH, M. (2010): Die Nutzung von landwirtschaftlichen Flächen als land- und forstwirtschaftliche Energieplantagen. Ein Vergleich unter rechtlichen, technischen, ökonomischen und ökologischen Aspekten. Abschlussdokumentation - Lehrstuhl für Rohstoff- und Energietechnologie TU München und Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising, 107 S.
- C.A.R.M.E.N. - Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk e.V. (2015): Preisindex für KUP-Hackschnitzel, <http://www.carmen-ev.de/infothek/preisindizes/kup-hackschnitzel> (zuletzt geprüft am: 16.04.2015).
- CONA (2015): Solare Hackschnitzeltrocknung, <http://www.cona.at/index.php?id=hackguttrocknung&L=1%27> (zuletzt geprüft am: 23.12.2015).
- DANY, C. (2013): Flower Power für die Biogasanlage. energie aus pflanzen 17 (6): 10-13.
- DANY, C. (2014): Düstere Aussichten für große Holzenergie-Anlagen. energie aus pflanzen 18 (6): 36-39.
- DBV und BBE - Deutscher Bauernverband e.V. und Bundesverband BioEnergie e.V. (2012): Kurzumtriebsplantagen: Endlich das Potenzial heben! Gemeinsame Stellungnahme des Deutschen Bauernverbandes (DBV) und des Bundesverbandes BioEnergie (BBE), Berlin, 3 S.
- DEIMER, C.; HOFFMANN-BAHNSEN, R.; EICHENTOPF, F.; SPILKE, J.; HAHNEL, R.; WAGNER, B. et al. (2007): Durchführung einer Biomassepotenzialstudie 2007 für das Land Sachsen-Anhalt. Derzeitige und zukünftige Potenziale sowie energetische und stoffliche Nutzungsmöglichkeiten. Kurzfassung - Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt, Magdeburg, 93 S.
- DELBRÜGGE, J. (2015): Wimatec konstruierte Kup-Aggregat. energie aus pflanzen 19 (6): 64.
- DENNER, A.; SCHRENK, V. (2008): Kostenoptimierte Pflege- und Unterhaltungskonzepte für Reserveflächen. Wissenschaftlicher Bericht - Institut für Wasserbau, Stuttgart, 54 S.
- DEPI - Deutsches Pelletinstitut GmbH (2015): Ab 2016: ENplus-Siegel auch für Hackschnitzel. (Pressemitteilung vom 19.02.2015), http://www.depi.de/de/presse/pressemitteilungen/pressemitteilung_lesen/aktuelles/04963782977/Ab_2016_ENplusSiegel_auch_fuer_Hackschnitzel/ (zuletzt geprüft am: 23.12.2015).
- DFV - Deutscher Forstverein e.V. (2015): "Deutschlands Waldfläche ist zu klein!" - Forstverein fordert 2,5 Millionen Hektar mehr Wald. (Pressemitteilung vom 15.06.2015), <http://www.forstverein.de/deutscher-forstverein/pressemitteilungen/pms-dfv/article/deutschlands-waldflaeche-ist-zu-klein-forstverein-fordert-25-millionen-hektar-mehr-wald-1.html> (zuletzt geprüft am: 21.12.2015).
- DIETZSCH, A. (2011): Nutzung kontaminierter Böden. Schriftenreihe Nr. 19 - Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden, 77 S.

- DÖRING, G.; SCHILCHER, A.; STROBL, M.; SCHLEICHER, R.; SEIDL, M.; MITTERLEITNER, J. (2010): Verfahren zum Transport von Biomasse - Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V., Freising, 17 S.
- FAASCH, R.; PATENAUDE, G. (2012): The economics of short rotation coppice in Germany. *Biomass and Bioenergy* 22 (45): 27-40.
- FELDWISCH, N. (2011): Umweltgerechter Anbau von Energiepflanzen. Schriftenreihe Nr. 43 - Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden, 72 S.
- FISCHBACH, J. (2010): Nachhaltigkeitszertifikat für Kurzumtriebsplantagen? *energieHolz* 4 (4): 4-7.
- FNR - Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2014): "Jugend forscht" prämiert Energieholz-Erntemaschine. (Pressemitteilung vom 02.06.2014), http://heizen.fnr.de/service/presse/news-archiv/archiv-nachricht/?tx_ttnews%5Byear%5D=2014&tx_ttnews%5Bmonth%5D=06&tx_ttnews%5Bday%5D=02&tx_ttnews%5Btt_news%5D=6934&cHash=9f3a5198d0fa19fb50498b8239df3882 (zuletzt geprüft am: 22.12.2015).
- FNR - Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2015a): Bioenergie-Regionen. Vorhaben zum Aufbau regionaler Strukturen im Bereich Bioenergie - Juni 2009 bis Juli 2015, <http://www.bioenergie-regionen.de/> (zuletzt geprüft am: 23.12.2015).
- FNR - Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2015b): Nachwachsende Rohstoffe 2015 unverändert auf knapp 2,5 Millionen Hektar in Deutschland. (Pressemitteilung vom 23.09.2015), http://www.fnr.de/presse/pressemitteilungen/aktuelle-mitteilungen/aktuelle-nachricht/?tx_ttnews%5Byear%5D=2015&tx_ttnews%5Bmonth%5D=09&tx_ttnews%5Bday%5D=23&tx_ttnews%5Btt_news%5D=8418&cHash=eb3cd6ed9e0c152f005c337ec4ce63fd (zuletzt geprüft am: 18.12.2015).
- FRITSCH, U. (2015): Erweiterung der THG-Berechnung um die Kohlenstoffbilanz von Biomasse. Vortrag beim 15. Internationalen BBE-Fachkongress für Holzenergie im Rahmen der RENEXPO am 02.10.2015, Augsburg (persönliche Zusendung des Autors am 14.01.2016).
- GAUL, T. (2015a): Förderung für den Energieholz-Anbau. *joule* 9 (5): 82-84.
- GAUL, T. (2015b): Holz-Vergaser sind nun praxisreif. *agrarmanager* 26 (11): 102-104.
- GENTSCH, O. (2015): Zwischenfrüchte und Blühstreifen. *Bauernzeitung* 56 (9): 34-35.
- GEORGI, R.; HELBIG, C.; MÜLLER, M. (2013): Biotische und abiotische Schäden in Kurzumtriebsplantagen. In: BEMMANN, A.; BUTLER MANNING, D. (Hrsg.): *Energieholzplantagen in der Landwirtschaft: Eine Anleitung zur Bewirtschaftung von schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb für den Praktiker*. Agrimedia, Clenze: 42-48.

- GEORGI, R.; MÜLLER, M. (2015): Biotic risk factors in short rotation coppice in Germany: current situation, new findings and future perspectives. In: BUTLER MANNING, D.; BEMMANN, A.; BREDEMEIER, M.; LAMERSDORF, N.; AMMER, C. (Hrsg.): Bioenergy from Dendromass for the Sustainable Development of Rural Areas. Wiley-VHC, Weinheim: 199-216.
- GEROLD, D.; SCHNEIDER, M. (2013): Vermarktung von Energieholz. In: BEMMANN, A.; BUTLER MANNING, D. (Hrsg.): Energieholzplantagen in der Landwirtschaft: Eine Anleitung zur Bewirtschaftung von schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb für den Praktiker. Agrimedia, Clenze: 87-91.
- GEROLD, D.; SCHNEIDER, M. (2014): Erfahrungsberichte zur Vernetzung von Erzeugern und Verwertern von Dendromasse für die energetische Verwertung, Selbstverlag Leibnitz-Institut für Länderkunde e.V., Leipzig, 128 S.
- GLOGER, C. (2016): Bäume schützen das Wasser. Bauernzeitung 57 (41): 34.
- GÖDEKE, K.; SCHWABE, M.; BÄRWOLFF, M.; MARSCHALL, K.; HERING, T.; DEGNER, J. et al. (2014): Produktionsintegrierte Kompensation (PIK). Maßnahmenvorschläge - Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena, 20 S.
- GRAF, T.; REINHOLD, G.; HERING, T.; BIERTÜMPFEL, A.; WARSITZKA, C. (2014): Thüringer Bioenergieprogramm 2014 - Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz, Erfurt, 77 S.
- GROBE, W. (2013): Rückwandlung. In: BEMMANN, A.; BUTLER MANNING, D. (Hrsg.): Energieholzplantagen in der Landwirtschaft: Eine Anleitung zur Bewirtschaftung von schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb für den Praktiker. Agrimedia, Clenze: 69-74.
- GROBE, W.; HARLING, H.-M.; PESCHEL, T. (2013): Ernte von Kurzumtriebsplantagen. In: BEMMANN, A.; BUTLER MANNING, D. (Hrsg.): Energieholzplantagen in der Landwirtschaft: Eine Anleitung zur Bewirtschaftung von schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb für den Praktiker. Agrimedia, Clenze: 62-69.
- GRUNDMANN, J. (2015): Bio-Brennstoff vom Acker: Kurzumtriebsplantagen, <http://blog.vattenfall.de/kup-zeugt-bio-brennstoff/> (zuletzt geprüft am: 17.12.2015).
- GRUNERT, M. (2013): Anbau von Kurzumtriebsplantagen zur energetischen Nutzung - Alternative für schadstoffbelastete Flächen? In: BEMMANN, A.; BUTLER MANNING, D. (Hrsg.): Energieholzplantagen in der Landwirtschaft: Eine Anleitung zur Bewirtschaftung von schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb für den Praktiker. Agrimedia, Clenze: 159-162.
- HAGEMANN, H.; GOERKE, M.; ERLINKÖTTER, M.; SCHULTE, A. (2014): Wald-Zentrum stellt DINplus-Zertifikat für den Anbau von Agrarholz vor. AFZ-DerWald 69 (1): 36-37.
- HAGEMANN, H.; KIES, U.; SCHULTE, A. (2015): Sustainability certification of short rotation coppice in Germany. In: BUTLER MANNING, D.; BEMMANN, A.; BREDEMEIER, M.; LAMERSDORF, N.; AMMER, C. (Hrsg.): Bioenergy from Dendromass for the Sustainable Development of Rural Areas. Wiley-VHC, Weinheim: 391-402.

- HAHN, J.; SCHARDT, M.; SCHULMEYER, F.; MERGLER, F. (2014): Der Energieinhalt von Holz. LWF Merkblatt Nr. 12 - Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising, 4 S.
- HAID, S.; ELTROP, L. (2010): Ökonomische Bewertung verschiedener Prozessketten zur Bereitstellung von Kurzumtriebsplantagen (KUP)-Holz. In: MÄRLÄNDER, B.; CHRISTEN, O.; TIEDEMANN, S.; KENTER, C.; DÜKER, A. (Hrsg.): Koexistenz Grüne Gentechnik, Band 22. Verlag Liddy Halm, Göttingen: 63-64.
- HANDLER, F.; BLUMAUER, E. (2010): Hackgutlogistik bei der Ernte von Kurzumtriebsflächen mit einem Feldhäcksler. In: NELLES, M. (Hrsg.): 4. Rostocker Bioenergieforum. Zukunftstechnologien für Bioenergie. Wissenschaftsverlag, Putbus: 91-101.
- HANDLER, F.; BLUMAUER, E.; PEZZOLLA, D. (2014): Bewertung von Ernteverfahren für Kurzumtriebsflächen bei unterschiedlichen Umtriebszeiten. In: PEKRUN, C.; WACHENDORF, M.; FRANCKE-WELTMANN, L. (Hrsg.): Technik in der Pflanzenproduktion, Band 26. Verlag Liddy Halm, Göttingen: 58-59.
- HECK, P.; HOFFMANN, D.; WERN, B. (2004): Studie zur Weiterentwicklung der energetischen Verwertung von Biomasse in Rheinland-Pfalz. Abschlussbericht - Institut für angewandtes Stoffstrommanagement, Birkenfeld, 605 S.
- HEINRICH, B. (2015): Langsame Marktentwicklung. Marktübersicht Kurzumtriebserntetechnik. energie aus pflanzen 19 (6): 62-64.
- HERING, T.; REINHOLD, G.; BIERTÜMPFEL, A.; VETTER, A. (2013): Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Energieholz - Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena, 27 S.
- HILDEBRANDT, S. (2013): Kurzumtriebsplantagen als umweltfreundliche Lösung? LAND & Forst 166 (1): 5.
- HOFMANN, M. (1999): Bereitstellung von genetisch hochwertigem Vermehrungsgut für Kurzumtriebsbestände. In: HOFMANN, M. (Hrsg.): Modellvorhaben "Schnellwachsende Baumarten" - Zusammenfassender Abschlussbericht. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster: 151-239.
- HOFMANN, M. (2009): Energiehackschnitzel aus schnellwachsenden Hölzern - Kompetenzzentrum HessenRohstoffe (HeRo) e.V., Witzenhausen, 4 S.
- HOFMANN, M.; AMTHAUER GALLARDO, D.; SIEBERT, C. (2012): Verbundvorhaben ProLoc: Klon-Standort-Wechselwirkungen bei Pappel und Weide auf landwirtschaftlichen Standorten in kurzen Umtriebszeiten. In: Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (Hrsg.): Züchtung und Ertragsleistung schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb. Erkenntnisse aus drei Jahren FastWOOD, ProLoc und Weidenzüchtung. Universitätsverlag, Göttingen: 9-20.
- HÖNER, G. (2014): Vom Steckling zum Hackschnitzel. top agrar 55 (12) Verlagsbeilage "Forstmagazin": 28-30.

- HOPPE, A.; MORGENSTERN, M. (2015): Die Pufferstreifen richtig platzieren. Bauernzeitung 56 (49): 22-23.
- HORN, H. (2015): Herleitung von Ertragssteigerungsfaktoren für Pappel-KUP im vier- und achtjährigen Umtrieb bei Unterstellung unterschiedlicher Mortalitätsraten auf Gemeindeebene im Freistaat Sachsen. Projektinternes Arbeitspapier, erstellt im Rahmen des BMBF-Verbundprojekts AgroForNet (unveröffentlicht) - Fachrichtung Forstwissenschaften, TU Dresden.
- HORN, H.; SKIBBE, K.; RÖHLE, H. (2013): Wuchsleistung von KUP aus Pappel in Folgerotationen. AFZ-DerWald 68 (7): 53-55.
- IHL, C. (2010): Schnellwachsende Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen in Niedersachsen - 3N-Kompetenzzentrum Niedersachsen, Werlte, 24 S.
- JAECKEL, A.; VOIGT, M.; TÜMPLING, W. (2009): Deichvorländer und Auen - ein ökonomisches Problem? Schadstoffbelastungen durch Hochwasser. Neue Landwirtschaft 20 (12): 30-31.
- JÖNSSON, A. (2013a): Kurzumtrieb auf Deponien. Forst & Technik 25 (1): 9.
- JÖNSSON, A. (2013b): Kurzumtrieb kreativ. Forst & Technik 25 (2): 10.
- KAHNT-RALLE, E. (2010): Erster Energiewald wurde geerntet. LAND & Forst 163 (6): 42.
- KENKMANN, T.; PIORR, H.-P.; WAGENER-LOHSE, P.; BRONK, H.; BLOSSEY, S.; BILKE, G. et al. (2010): Biomassestrategie des Landes Brandenburg - Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg, Potsdam, 43 S.
- KNUST, C.; SCHUA, K.; GÖTTLIEN, A.; Ettl, R.; WOLFERSTETTER, T.; FEGER, K.-H. (2015): Compensation of nutrient losses resulting from the intensified use of woody biomass using bark-ash pellets. In: BUTLER MANNING, D.; BEMMANN, A.; BREDEMEIER, M.; LAMERSDORF, N.; AMMER, C. (Hrsg.): Bioenergy from Dendromass for the Sustainable Development of Rural Areas. Wiley-VHC, Weinheim: 269-286.
- KNUST, C.; SCHUA, K.; WOLF, H.; FEGER, K.-H. (2013): Schnellwachsende Baumarten, Klone und deren Standortansprüche. In: BEMMANN, A.; BUTLER MANNING, D. (Hrsg.): Energieholzplantagen in der Landwirtschaft: Eine Anleitung zur Bewirtschaftung von schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb für den Praktiker. Agrimedia, Clenze: 19-29.
- KOLLAS, C.; LASCH, P.; ROCK, J.; SUCKOW, F. (2009): Bioenergy potential in Germany - assessing spatial patterns of biomass production with aspen short-rotation coppice. International Agrophysics 23 (4): 343-352.
- KONOLD, W. (2006): Inwieweit trägt eine angepasste Landnutzung zum Hochwasserschutz bei? LWF Wissen 13 (55): 17-23.
- KOOP, B.; KAHLE, P.; LENNARTZ, B. (2005): Evaluierung des Potenzials qualifizierter Abdeckungen am Beispiel einer ehemaligen Betriebsdeponie. In: MELCHIOR, S.; BERGER, K. (Hrsg.): Abfallverwertung bei der Rekultivierung von Deponien, Altlasten und Bergbaufolgelandschaften: Hamburger Bodenkundliche Arbeiten Band 56, Hamburg: 277-285.

- KRIEG, K.; KÖHLER, M. (2010): LEL KUP-Rechner Version 1.0 - Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume, Schwäbisch Gmünd, http://www.lel-bw.de/pb/,Lde/Startseite/Service_+Downloads/Downloads (zuletzt geprüft am: 21.12.2015).
- KRÖBER, M.; HANK, K.; HEINRICH, J.; WAGNER, P. (2009): Ermittlung der Wirtschaftlichkeit des Energieholzanbaus in Kurzumtriebsplantagen - Risikoanalyse mit Hilfe der Monte-Carlo-Simulation. In: Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus e.V. (Hrsg.): Risiken in der Agrar- und Ernährungswirtschaft und ihre Bewältigung, Band 44. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster: 127-139.
- KRÖBER, M.; HEINRICH, J. (2014a): Die letzten Winkel nutzen. Bauernzeitung 55 (44): 40-41.
- KRÖBER, M.; HEINRICH, J. (2014b): Optimierung der Flächenausnutzung bei der Anlage von Kurzumtriebsplantagen. AFZ-DerWald 69 (21): 16-17.
- KRÖBER, M.; HEINRICH, J. (2015a): Energieholz auf dem Acker anbauen. LAND & Forst 168 (42): 58-59.
- KRÖBER, M.; HEINRICH, J. (2015b): Sächsische Landwirte zögern beim Holzanbau. Bauernzeitung 56 (22): 38-39.
- KRÖBER, M.; HEINRICH, J. (2015c): Sie können sich rechnen. Bauernzeitung 56 (48): 25-27.
- KRÖBER, M.; HEINRICH, J. (2015d): Wald auf Probe. Bauernzeitung 56 (14): 50-51.
- KRÖBER, M.; HEINRICH, J. (2015e): Wo passen Kurzumtriebsplantagen? agrarmanager 26 (3): 32-34.
- KRÖBER, M.; HEINRICH, J.; WAGNER, P. (2014): Ökonomische Bewertung von Pappel-Kurzumtriebsplantagen in Sachsen. ENERGIEHOLZ-NEWSLETTER 4 (7): 7-13.
- KRÖBER, M.; HEINRICH, J.; WAGNER, P. (2015): The economic assessment of short rotation coppice plantations and their profitability relative to annual crops in Sachsen, Germany. In: BUTLER MANNING, D.; BEMMANN, A.; BREDEMEIER, M.; LAMERSDORF, N.; AMMER, C. (Hrsg.): Bioenergy from Dendromass for the Sustainable Development of Rural Areas. Wiley-VHC, Weinheim: 317-330.
- KRÖBER, M.; HEINRICH, J.; WAGNER, P.; SCHWEINLE, J. (2010): Ökonomische Bewertung und Einordnung von Kurzumtriebsplantagen in die gesamtbetriebliche Anbaustruktur. In: BEMMANN, A.; KNUST, C. (Hrsg.): AGROWOOD. Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven. Weißensee Verlag, Berlin: 217-229.
- KRÜBMANN, S. (2009): Aktueller Stand des Anbaus schnell wachsender Baumarten im Kurzumtrieb in Deutschland. Diplomarbeit - Fachbereich Geowissenschaften, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, 114 S.
- KTBL - Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (2014): Betriebsplanung Landwirtschaft 2014/15. 24. Auflage, Darmstadt, 832 S.

- KTBL - Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (2015): MaKost, <http://daten.ktbl.de/makost/startseite.do#start> (zuletzt geprüft am: 21.05.2015).
- KUDLICH, W. (2011): Ihr Partner für Energiewälder - Wald21 GmbH, Mainz, 6 S.
- KUDLICH, W. (2015): Informationen zum Anbauumfang von Kurzumtriebsplantagen bei der Schellinger KG. (E-Mail vom 09.12.2015).
- KÜNSTLING, D.; STREBLOW, B.; WESENBERG, F. (2015): Richtig zuordnen. agrarmanager 26 (7): 18-21.
- KÜPPERS, J.-G.; SCHWEINLE, J.; THOROE, C.; WIPPERMANN, H.-J. (1997): Betriebswirtschaftliche und erntetechnische Begleitforschung zum Anbau schnellwachsender Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen. Arbeitsbericht - Institut für Ökonomie, Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg, 90 S.
- KWF - Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e.V. (2013): Forstmaschinen vorauskalkulieren. Hintergründe, KWF-Richtlinien und Berechnungsbeispiele. kwf Merkblatt Nr. 17, Groß-Umstadt, 36 S.
- LANDGRAF, D. (2013): Etablierung von Kurzumtriebsplantagen. In: BEMMANN, A.; BUTLER MANNING, D. (Hrsg.): Energieholzplantagen in der Landwirtschaft: Eine Anleitung zur Bewirtschaftung von schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb für den Praktiker. Agrimedia, Clenze: 53-58.
- LANDGRAF, D. (2014): Flächenausnutzung bei Kurzumtriebsplantagen. AFZ-DerWald 69 (13): 32-33.
- LANDGRAF, D. (2015): Aktivitäten der Firmengruppe Pein&Pein im Bereich Kurzumtrieb. (E-Mail vom 10.12.2015).
- LANDGRAF, D.; BÖCKER, L. (2010): Kurzumtriebsplantagen auf Sonderstandorten. In: BEMMANN, A.; KNUST, C. (Hrsg.): AGROWOOD. Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven. Weißensee Verlag, Berlin: 54-63.
- LANDGRAF, D.; SETZER, F. (2012): Kurzumtriebsplantagen. Holz vom Acker - So geht`s, DLG-Verlag GmbH, Frankfurt am Main, 72 S.
- LANDGRAF, D.; WINKELMANN, A. (2010): 10.000 ha Kurzumtriebsplantagen der RWE für Deutschland - Illusion oder Vision? In: BEMMANN, A.; KNUST, C. (Hrsg.): AGROWOOD. Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven. Weißensee Verlag, Berlin: 332-333.
- LFULG - Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2015): Planungs- und Bewertungsdaten, <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/254.htm> (zuletzt geprüft am: 07.09.2015).
- LIEBHARD, P. (2007): Energieholz im Kurzumtrieb. Rohstoff der Zukunft, Leopold Stocker Verlag, Graz, 128 S.

- LWK - Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (2014): Greening-ÖkonomieRechner, <https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/beratung/veroeffentlichungen/greeningrechner.htm> (zuletzt geprüft am: 23.12.2015).
- MARX, M.; MICHALK, K.; SCHULTE, A.; SIEBERTH, L. (2013): Förderung von Kurzumtriebsplantagen. In: BEMMANN, A.; BUTLER MANNING, D. (Hrsg.): Energieholzplantagen in der Landwirtschaft: Eine Anleitung zur Bewirtschaftung von schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb für den Praktiker. Agrimedia, Clenze: 120-134.
- MEIER, D. (2015a): Aus der Praxis entwickeltes Ernteaggregat für Kurzumtriebsplantagen. energie aus pflanzen 19 (3): 43.
- MEIER, D. (2015b): Jetzt ist die Holzenergie dran. energie aus pflanzen 19 (5): 56-57.
- MEIER, D. (2016a): Agroforst für Hühner. energie aus pflanzen 20 (6): 63-64.
- MEIER, D. (2016b): Kurzumtrieb als Vorwald, sonst wenig Absatz. energie aus pflanzen 20 (4): 62-63.
- MEIER, D. (2017): Agrarholz: Den Blickwinkel ändern. energie aus pflanzen 21 (1): 66-67.
- MEIER, E. (2010): Ökonomische Szenarien des Anbaus von Kurzumtriebsplantagen auf landwirtschaftlichen Hohertragsstandorten. Diplomarbeit - Fakultät für Forst- und Umweltwissenschaften, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Brsg., 108 S.
- METZNER, J. (2015): So fördern Sie die Vielfalt. top agrar 56 (12) Verlagsbeilage "Biodiversität": 16-18.
- MEYER, B. (2010): Investitionsbedarf für Maschinenhallen und Getreidelager. Fachartikel - Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt, 5 S.
- MICHALK, K. (2015): The legal framework for short rotation coppice in Germany in the context of the Greening of the EU's Common Agricultural Policy. In: BUTLER MANNING, D.; BEMMANN, A.; BREDEMEIER, M.; LAMERSDORF, N.; AMMER, C. (Hrsg.): Bioenergy from Dendromass for the Sustainable Development of Rural Areas. Wiley-VHC, Weinheim: 367-373.
- MICHALK, K.; MARX, M.; SCHULTE, M. (2013): Rechtlicher Rahmen für eine Kurzumtriebswirtschaft. In: BEMMANN, A.; BUTLER MANNING, D. (Hrsg.): Energieholzplantagen in der Landwirtschaft: Eine Anleitung zur Bewirtschaftung von schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb für den Praktiker. Agrimedia, Clenze: 105-120.
- MÖBIUS, J. (2012): Wärme vom eigenen Acker. HOLZENERGIE 2012 (2): 14-16.
- MÜHLHAUSEN, C. (2014): KUP-Hacker in Eigenregie. joule 8 (2): 79-81.
- MÜLLER-KROEHLING, S. (2015): Biodiversitätsaspekte von Kurzumtriebsplantagen. LWF aktuell 22 (105): 20-25.

- MUNLV - Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2009): Bioenergie.2020.NRW. Biomasseaktionsplan zum nachhaltigen Ausbau der Bioenergie in Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 56 S.
- MURACH, D. (2010): Das BMBF-Verbundvorhaben "DENDROM - Zukunftsrohstoff Dendromasse". In: BEMMANN, A.; KNUST, C. (Hrsg.): AGROWOOD. Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven. Weißensee Verlag, Berlin: 310-315.
- NABU - Naturschutzbund Deutschland e.V. (2008): Energieholzproduktion in der Landwirtschaft. Chancen und Risiken aus der Sicht des Natur- und Umweltschutzes, Berlin, 72 S.
- NABU und B&P - Naturschutzbund Deutschland e.V. und Bosch & Partner GmbH (2012): Naturschutzfachliche Anforderungen für Kurzumtriebsplantagen. Praktische Umsetzung von Maßnahmen bei der Neuanlage und Bewirtschaftung von Energieholzflächen (Voruntersuchung), Berlin, 32 S.
- NABU und B&P - Naturschutzbund Deutschland e.V. und Bosch & Partner GmbH (2015): Naturverträgliche Anlage von Kurzumtriebsplantagen (KUP), Berlin, 64 S.
- NAHM, M.; BRODBECK, F.; SAUTER, H. (2012): Verschiedene Erntemethoden für Kurzumtriebsplantagen. Ergebnisse aus der Praxis - Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg i. Brsg., 30 S.
- NAHM, M.; BRODBECK, F.; SAUTER, H. (2013): Die Ernte des zweiten Umtriebs von Kurzumtriebsplantagen. Neue Ergebnisse und Empfehlungen für die Praxis. AFZ-DerWald 68 (21): 37-39.
- NAUMANN, A.; STANGE, C. (2014): Gemeinde Erlau. In: GEROLD, D.; SCHNEIDER, M. (Hrsg.): Erfahrungsberichte zur Vernetzung von Erzeugern und Verwertern von Dendromasse für die energetische Verwertung. Selbstverlag Leibnitz-Institut für Länderkunde e.V., Leipzig: 38-42.
- NEUMANN, E.-M. (2015): Ergebnisse der Befragung landwirtschaftlicher Betriebe mit Kurzumtriebsplantagen in Sachsen. (E-Mail vom 16.06.2015).
- NEUMANN, H. (2013): Kurzumtrieb: Günstige Ernte für kleine Flächen. top agrar ENERGIE magazin 42 (4): 60-62.
- NEUMEISTER, C. (2014): Angaben zu üblichen Bewirtschaftungskosten für die Etablierung und Bewirtschaftung von Kurzumtriebsplantagen in Sachsen. (E-Mail vom 15.09.2014).
- NEUNER, J.; BURGER, F. (2015): KUP auf Grünland - wie geht das? LWF aktuell 22 (105): 8-10.
- NIEDERMAYR, A. (2017): Die etwas andere Ackerkultur. agrarmanager 28 (6): 32-36.
- NIEHOFF, A.-L.; SCHOO, F.-J. (2015): Agrarreform: Greening-Rechner schafft Klarheit - Landwirtschaftskammer Niedersachsen, <http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/6/nav/360/article/25441.html> (zuletzt geprüft am: 23.12.2015).

- NITSCH, J.; PREGGER, T.; NAEGLER, T.; HEIDE, D.; TENA, D.; TRIEB, F. et al. (2012): Langfrist-szenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. Schlussbericht - Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Stuttgart, 345 S.
- NÖLTING, B.; BALLA, D.; DAEDLOW, K.; GRUNDMANN, P.; OEHLISCHLÄGER, K.; MAAß, O. et al. (2015): Gereinigtes Abwasser in der Landschaft. Ein Orientierungsrahmen für strategische Entscheidungsprozesse - Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., Müncheberg, 40 S.
- P&P - Pein&Pein (2014): Forstbaumschule - Forstdienstleistungen - Energieholz. Leistungsverzeichnis & Preisliste 2014/2015, <http://www.baumschule.de/unternehmen/preisliste-2014-2015.html> (zuletzt geprüft am: 22.12.2015).
- PALLAST, G.; BREUER, T.; HOLM-MÜLLER, K. (2005): Schnellwachsende Baumarten - Chance für zusätzliches Einkommen im ländlichen Raum? Diskussionspapier Nr. 3 - Institut für Lebensmittel- und Ressourcenökonomik, Universität Bonn, Bonn, 23 S.
- PECENKA, R. (2015a): Realisierte Flächenleistungen für die Beerntung von Kurzumtriebsplantagen beim Einsatz des Mähhackers im Winter 2014/15. (Telefongespräch am 06.05.2015).
- PECENKA, R. (2015b): Trocknungsverfahren von Hackschnitzeln. Vortrag bei der Veranstaltung Ernte und Verwertung von Holz aus Kurzumtriebsplantagen am 15.01.2015, Köllitsch, https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/2015_Koellitsch_Pecenka_ATB.pdf (zuletzt geprüft am: 22.12.2015).
- PECENKA, R.; LENZ, H.; IDLER, C.; DARIES, W.; EHLERT, D. (2014a): Development of biophysical properties during storage of poplar chips from 15 ha test fields. *Biomass and Bioenergy* 24 (65): 13-19.
- PECENKA, R.; SCHWEIER, J.; LENZ, H. (2014b): Was kostet die Ernte von KUP? Praxiserprobte Erntetechnologien im Vergleich. *AFZ-DerWald* 69 (21): 6-9.
- PERTL, L. (2012): Nachhaltige Waldwirtschaft im Markt Kaufering. *AFZ-DerWald* 67 (2): 36-37.
- PESCHEL, T. (2015): Informationen zu Kosten der maschinellen Pflanzung von Kurzumtriebsplantagen. (E-Mail vom 21.05.2015).
- PESCHEL, T.; WEITZ, M. (2013): Optimized Fuels for Sustainable Transport. Short Rotation Coppice Plantations - Report on SRC related dissemination activities. Final Report, Hamburg, 17 S.
- PETZOLD, R. (2013): Standortsökologische Aspekte und Anbaupotenziale von Kurzumtriebsplantagen in Sachsen. Dissertation - Fachrichtung Forstwissenschaften, TU Dresden, 130 S.
- PETZOLD, R.; FEGER, K.-H.; SIEMER, B. (2006): Standörtliche Potenziale für den Anbau schnellwachsender Baumarten auf Ackerflächen. *AFZ-DerWald* 61 (16): 855-857.

- PLATEN, M. (2012): Brennstoff von Plantagen. Bauernzeitung 53 (11): 37-38.
- PLÖCHL, M.; BRAUN, S. (2013): Energieholz aus Kurzumtriebsplantagen. Leitfaden für Produzenten und Nutzer im Land Brandenburg - Brandenburgische Energie Technologie Initiative, Potsdam, 68 S.
- RAUSSEN, T.; KERN, M.; KOJ, U.; WAGNER, J.; HOFMANN, H.; TURK, T. et al. (2010): Biomassepotenzialstudie Hessen - Stand und Perspektiven der energetischen Biomassenutzung in Hessen - Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Wiesbaden, 165 S.
- REEG, T.; BEMMANN, A.; KONOLD, W.; MURACH, D.; SPIECKER, H. (2009): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen, Wiley-VHC, Weinheim, 379 S.
- REINHOLD, G.; HERING, T. (2013a): Betriebswirtschaftliche Richtwerte für die Produktion von Holzhackschnitzeln - 4-jähriger Umtrieb - Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena, 9 S.
- REINHOLD, G.; HERING, T. (2013b): Betriebswirtschaftliche Richtwerte für die Produktion von Holzhackschnitzeln - 8-jähriger Umtrieb - Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena, 9 S.
- RIEDEL, J. (2014): Wirtschaftlichkeit von Kurzumtriebsplantagen (KUP). LBB Rundschreiben 2014 (05 & 06): 1-4.
- ROGGA, S.; GAASCH, N. (2016): Wie kommt das Neue in die Welt? Bauernzeitung 57 (7): 30-31.
- RÖHLE, H.; SKIBBE, K.; HORN, H. (2013): Wachstum und Ertragsaussichten von Kurzumtriebsplantagen. In: BEMMANN, A.; BUTLER MANNING, D. (Hrsg.): Energieholzplantagen in der Landwirtschaft: Eine Anleitung zur Bewirtschaftung von schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb für den Praktiker. Agrimedia, Clenze: 35-42.
- RÖHRICHT, C.; GROß-OPHOFF, A. (2006): Landwirtschaftliche Biomasse. Potenziale an Biomasse aus der Landwirtschaft des Freistaates Sachsen zur stofflich-energetischen Nutzung - Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Dresden, 33 S.
- RÖHRICHT, C.; GRUNERT, M.; RUSCHER, K. (2011): Kurzumtriebsplantage Köllitsch. Schriftenreihe Nr. 33 - Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden, 58 S.
- RÖHRICHT, C.; RUSCHER, K. (2004): Anbauempfehlungen für schnellwachsende Baumarten - Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Dresden, 40 S.
- RÖHRICHT, C.; RUSCHER, K. (2009): Anbauempfehlungen. Schnellwachsende Baumarten im Kurzumtrieb - Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden, 60 S.
- RÖSCH, C.; AUST, C.; JÖRISSSEN, J. (2013): Envisioning the sustainability of the production of short rotation coppice on grassland. *Energ Sustain Soc* 3 (1): 7-23.

- RÖSCH, C.; RAAB, K.; SKARKA, J.; STELZER, V. (2007): Energie aus dem Grünland – eine nachhaltige Entwicklung? Wissenschaftliche Berichte FZKA Nr. 7333 - Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse, Karlsruhe, 194 S.
- RWE (2015): Biomasse, <http://www.rwe.com/web/cms/de/445554/biodiversitaet/biomasse/> (zuletzt geprüft am: 23.12.2015).
- SCHÄGNER, J. (2009): Monetäre Bewertung ökologischer Leistungen des Agrarholzanbaus. In: REEG, T.; BEMMANN, A.; KONOLD, W.; MURACH, D.; SPIECKER, H. (Hrsg.): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Wiley-VHC, Weinheim: 171-180.
- SCHILDBACH, M.; GRÜNEWALD, H.; WOLF, H.; SCHNEIDER, B.-U. (2009): Begründung von Kurzumtriebsplantagen: Baumartenwahl und Anlageverfahren. In: REEG, T.; BEMMANN, A.; KONOLD, W.; MURACH, D.; SPIECKER, H. (Hrsg.): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Wiley-VHC, Weinheim: 57-71.
- SCHILDBACH, M.; LANDGRAF, D.; BÖCKER, L. (2008): Steckhölzer zur Begründung von Kurzumtriebsplantagen. Vergleich der Eignung unbewurzelter und bewurzelter Steckhölzer. AFZ-DerWald 63 (18): 992-993.
- SCHIRMER, R. (1996): Aspekte der Pflanzenzüchtung schnellwachsender Baumarten für Energiewälder. LWF Wissen 3 (8): 7-17.
- SCHIRMER, R. (2010): Geprüfte Pappelsorten steigern Ertrag deutlich. AFZ-DerWald 65 (22): 29-31.
- SCHLEPPHORST, R.; MURACH, D.; HARTMANN, H. (2015): Bei den Wurzeln gepackt. Bauernzeitung 56 (43): 21-23.
- SCHMIDT, C. (2011): Zur ökonomischen Bewertung von Agroforstsystemen. Dissertation - Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotropologie und Umweltmanagement, Justus-Liebig-Universität Gießen, 314 S.
- SCHNEIDER, M.; GEROLD, D. (2014): Grimma Energie GmbH. In: GEROLD, D.; SCHNEIDER, M. (Hrsg.): Erfahrungsberichte zur Vernetzung von Erzeugern und Verwertern von Dendromasse für die energetische Verwertung. Selbstverlag Leibnitz-Institut für Länderkunde e.V., Leipzig: 43-46.
- SCHOLZ, V.; ECKEL, H.; HARTMANN, S. (2009): Verfahren und Kosten der Energieholzproduktion auf landwirtschaftlichen Flächen. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (Hrsg.): Die Landwirtschaft als Energieerzeuger: KTBL-Tagung vom 4. bis 5. Mai 2009 in Osnabrück, Darmstadt: 67-80.
- SCHOLZ, V.; HELLEBRAND, H.; GRUNDMANN, P.; HÖHN, A. (2006): Ein Hektar heizt vier Häuser. Neue Landwirtschaft 17 (1): 54-58.
- SCHÖNE, F.; OPPERMAN, R.; GELHAUSEN, J.; DZIEWIATY, K.; BERNARDY, P. (2013): Naturverträgliche Nutzung ökologischer Vorrangflächen. Ein Mehrwert für Biodiversität und Landwirtschaft in Umsetzung der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP)? Naturschutz und Landschaftsplanung 45 (5): 133-139.

- SCHRÖDTER, M.; KUBMANN, S. (2010): Erosionsproblematik in der landwirtschaftlichen Praxis und Schutzmaßnahmen für Boden und Gewässer. In: HELBIG, H.; MÖLLER, M.; SCHMIDT, G. (Hrsg.): Bodenerosion durch Wasser in Sachsen-Anhalt. Erich Schmidt Verlag GmbH, Berlin: 91-98.
- SCHURR, C.; SCHÖNE, C. (2014): Energiefabrik Knappenrode. In: GEROLD, D.; SCHNEIDER, M. (Hrsg.): Erfahrungsberichte zur Vernetzung von Erzeugern und Verwertern von Dendromasse für die energetische Verwertung. Selbstverlag Leibnitz-Institut für Länderkunde e.V., Leipzig: 52-60.
- SCHÜTTE, A. (1999): Vorwort des Herausgebers. In: HOFMANN, M. (Hrsg.): Modellvorhaben "Schnellwachsende Baumarten" - Zusammenfassender Abschlussbericht. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster: 11-14.
- SCHWEIER, J. (2013): Erzeugung von Energieholz aus Kurzumtriebsplantagen auf landwirtschaftlichen Marginalstandorten in Südwestdeutschland. Umweltbezogene und ökonomische Bewertung alternativer Bewirtschaftungskonzepte unter besonderer Berücksichtigung verschiedener Holzernnteverfahren. Dissertation - Fakultät für Umwelt und Natürliche Ressourcen, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Brsg., 291 S.
- SCHWEIER, J.; BECKER, G. (2012a): Harvesting of short rotation coppice – harvesting trials with a cut and storage system in Germany. *Silva Fenn.* 46 (2): 287-299.
- SCHWEIER, J.; BECKER, G. (2012b): Manuelle Ernte von Kurzumtriebsplantagen in Südwestdeutschland. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 183 (7/8): 159-167.
- SCHWEIER, J.; BECKER, G. (2012c): New Holland Forage Harvester's Productivity in Short Rotation Coppice. Evaluation of Field Studies from a German Perspective. *International Journal of Forest Engineering* 23 (2): 82-88.
- SCHWEIER, J.; BECKER, G. (2013): Economics of poplar short rotation coppice plantations on marginal land in Germany. *Biomass and Bioenergy* 23 (59): 494-502.
- SCHWEIER, J.; SPINELLI, R.; MAGAGNOTTI, N.; BECKER, G. (2015): Mechanized coppice harvesting with new small-scale feller-bunchers. Results from harvesting trials with newly manufactured felling heads in Italy. *Biomass and Bioenergy* 25 (72): 85-94.
- SCHWEINLE, J. (2012): KUP-Kalkulator 2.0. Berechnungshilfe zur ex-anten Kalkulation einer Kurzumtriebsplantage - Thünen-Institut für Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg, <http://www.energieholz-portal.de/434-0-TP-2-Sozio-Oekonomie-und-Raumplanung.html> (zuletzt geprüft am: 21.12.2015).
- SEEDLER, M. (2007): Schnellwachsende Baumarten im Leistungsvergleich. Ist Holz vom Acker eine Energiealternative? *LANDPOST* 2007 (3): 40-42.
- SEIDL, F.; MASTEL, K.; AUST, C.; KANNENWISCHER, N.; DIETERICH, M. (2014): Kurzumtriebsplantagen (KUP) und Miscanthus in Baden-Württemberg. Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt „Biomasse aus Kurzumtrieb“. Informationen für die Pflanzenproduktion 2-2014 - Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Karlsruhe, 80 S.

- SHERIDAN, P. (2010): Das Landnutzungsmodell ProLand - Erweiterungen, Operationalisierungen, Anwendungen. Dissertation - Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotoxikologie und Umweltmanagement, Justus-Liebig-Universität Gießen, 119 S.
- SKALDA, S.; WÜNSCH, S. (2014): Region Großthiemig. In: GEROLD, D.; SCHNEIDER, M. (Hrsg.): Erfahrungsberichte zur Vernetzung von Erzeugern und Verwertern von Dendromasse für die energetische Verwertung. Selbstverlag Leibnitz-Institut für Länderkunde e.V., Leipzig: 47-51.
- SPANGENBERG, G.; HEIN, S.; SCHNEIDER, J. (2012): Hühner und Energieholz als Agroforst-System. AFZ-DerWald 67 (21): 29-31.
- SPINELLI, R.; SCHWEIER, J.; FRANCESCO, F. (2012): Harvesting techniques for non-industrial biomass plantations. Biosystems Engineering 113 (4): 319-324.
- STAHL, H.; ZACHARIAS, S.; RÖHRICHT, C. (2005): Veränderte Landnutzungssysteme in hochwassergefährdeten Gebieten. Schriftenreihe Nr. 12 - Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Dresden, 170 S.
- STARCK, H.-G.; MAIER-STAUD, B.; MEYER, B. (2011): Energiepotenzial aus Biomasse und Versorgungsbeitrag für das Jahr 2020 - Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Kiel, 40 S.
- Statistisches Landesamt Sachsen (2015a): Erträge nach Fruchtarten und Landkreisen in Sachsen (Jahre 1998 bis 2007), <http://www.statistik.sachsen.de/apps11/Kreistabelle/> (zuletzt geprüft am: 20.11.2015).
- Statistisches Landesamt Sachsen (2015b): Übersicht Teil 1: Landkreise und kreisfreie Städte in Sachsen vor der Kreisneugliederung 2008, <http://www.statistik.sachsen.de/apps11/Gemeindetabelle/servlet/KartenServlet?Jahr=2005> (zuletzt geprüft am: 16.12.2015).
- Statistisches Landesamt Sachsen (2015c): Übersicht Teil 2: Landkreise und kreisfreie Städte in Sachsen nach der Kreisneugliederung 2008, <http://www.statistik.sachsen.de/apps11/Gemeindetabelle/servlet/KartenServlet?Jahr=2008> (zuletzt geprüft am: 16.12.2015).
- STOLL, B.; BURGER, F. (2012): Fäller-Bündler-Technologie in der KUP-Ernte. LWF aktuell 19 (90): 18-20.
- STOLL, B.; BURGER, F. (2016): Kurzer Umtrieb, schnelle Ernte. Forst & Technik 28 (1): 20-22.
- STOLL, B.; HÜTTL, K.; DABIZZI, D. (2016): Zurück auf Start. AFZ-DerWald 71 (1): 25-27.
- STÖLZER, S. (2014): Auch Holzasche düngt. agrarmanager 25 (3): 78-79.
- STROHM, K.; SCHWEINLE, J.; LIESEBACH, M.; OSTERBURG, B.; RÖDL, A.; BAUM, S. et al. (2012): Kurzumtriebsplantagen aus ökologischer und ökonomischer Sicht. Arbeitsberichte aus der vTI-Agrarökonomie - Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, 90 S.

- TEEGELBEKKERS, D. (2009): Podiumsdiskussion: Ein deutscher PEFC-Standard für Kurzumtriebsplantagen!? Newsletter Nr. 40 - PEFC Deutschland e.V., Stuttgart, 11 S.
- TEEGELBEKKERS, D. (2010): Kurzumtriebsplantagen in situ. Exkursion zu den Holzfeldern der Viessmann-Werke. Newsletter Nr. 43 - PEFC Deutschland e.V., Stuttgart, 8 S.
- THRÄN, D.; PONITKA, J.; KRETZSCHMAR, J.; FERBER, U.; STAHL, V. (2010): Potenzialanalyse und Handlungsoptionen zur Nutzung von Biomasse auf Recyclingflächen. BMVBS-Online-Publikation, Nr. 28/2010, Berlin, 147 S.
- THUR, P.; STEINHARDT, U. (2010): Kurzumtriebshecken - eine Perspektive für eine nachhaltige Kulturlandschafts- und Regionalentwicklung im Oderbruch? Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie 44 (2): 54-71.
- UNSELD, R.; BURGER, F.; FRITZ, M.; NEU-SCHMID, I.; STICKSEL, E.; HOFMANN, D.; SCHIRMER, R. (2012): Anbau schnellwachsender Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen. Leitfaden für die Beratung in der Land- und Forstwirtschaft - Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München, 30 S.
- UNSELD, R.; HESSE, A.; FEI, J.; WESSELS, W.; BAUHUS, J. (2016): Entwicklung von Hybridbirken und Balsampappeln als Vorwald. AFZ-DerWald 71 (5): 43-47.
- UNSELD, R.; SEIDL, F.; NAHM, M.; KAROPKA, M.; ZÜRCHER, A.; MÖNDEL, A. (2014): Anlage und Bewirtschaftung von Kurzumtriebsflächen in Baden-Württemberg. Eine praxisorientierte Handreichung - Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Karlsruhe, 68 S.
- VANBEVEREN, S.; SCHWEIER, J.; BERHONGARAY, G.; CEULEMANS, R. (2015): Operational short rotation woody crop plantations. Manual or mechanised harvesting? Biomass and Bioenergy 25 (72): 8-18.
- WAGENER, F.; BÖHMER, J.; CORNELIUS, R.; GEBHARD, R.; SCHERWAB, R.; KRECHEL, R. et al. (2008): Analyse der Möglichkeiten zur Etablierung einer extensiven Landnutzungsstrategie auf der Grundlage einer Flexibilisierung des Kompensationsinstrumentariums der Eingriffsregelung (vorbereitende Studie Phase I). Endbericht - Institut für angewandtes Stoffstrommanagement, Birkenfeld, 199 S.
- WAGENER, F.; HECK, P.; BÖHMER, J.; SUTTERER, N.; MICHLER, H.-P.; MÜLLER, M. et al. (2013): Nachwachsende Rohstoffe als Option für den Naturschutz... Naturschutz durch Landbau? Schlussbericht zu ELKE III - Institut für angewandtes Stoffstrommanagement, Birkenfeld, 802 S.
- WAGNER, K. (2012): KUP als Alternative zu herkömmlichen Ackerbau-Fruchtfolgen - ein betriebswirtschaftlicher Vergleich. Vortrag beim Biomasse Kolloquium am 30.10.2012, Witzenhausen,
<http://www.hero-hessen.de/downloads/tagung/Wagner-Betriebs-wirtschaft%20KUP-HeRo-Tagung-30.10.2012.pdf> (zuletzt geprüft am: 22.12.2015).

- WAGNER, P.; HEINRICH, J.; KRÖBER, M.; SCHWEINLE, J.; GROBE, W. (2009): Ökonomische Bewertung von Kurzumtriebsplantagen und Einordnung der Holzerzeugung in die Anbaustruktur landwirtschaftlicher Unternehmen. In: REEG, T.; BEMMANN, A.; KONOLD, W.; MURACH, D.; SPIECKER, H. (Hrsg.): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Wiley-VHC, Weinheim: 135-145.
- WAGNER, P.; SCHWEINLE, J.; SETZER, F.; KRÖBER, M.; DAWID, M. (2012): DLG-Standard zur Kalkulation einer Kurzumtriebsplantage. DLG-Merkblatt Nr. 372, Frankfurt am Main, 26 S.
- WBA - Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik (2007): Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung - Empfehlungen an die Politik. Gutachten, Berlin, 255 S.
- WBA und WBW - Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlicher Verbraucherschutz und Wissenschaftlicher Beirat Waldpolitik beim BMEL (2016): Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung. Gutachten, Berlin, 482 S.
- WEIH, M.; COLEMAN, M.; JOHNSON, J.; MERTENS, P.; ISEBRANDS, J. (2014): Ecosystem Services. In: Food and Agriculture Organization of the United Nations (Hrsg.): Poplars and Willows: Trees for Society and the Environment, Rome: 318-321.
- WIESBECK, M. (2015): TFZ sucht KUP-Flächen für Wissenschaft und Praxis. LWF aktuell 22 (105): 28.
- WIGGERING, H.; FISCHER, J.-U.; PENN-BRESSEL, G.; ECKELMANN, W.; EKARDT, F.; KÖPKE, U. et al. (2009): Flächenverbrauch einschränken - jetzt handeln. Empfehlungen der Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt - Kommission Bodenschutz des Umweltbundesamtes, Dessau-Roßlau, 18 S.
- WITTE, T.; LATA CZ-LOHMANN, U. (2014): Was kostet das Greening? top agrar 43 (4): 36-41.
- WOLF, H.; BÖHNISCH, B. (2003): Modellvorhaben StoraEnso / Verbundvorhaben - Pappelanbau für die Papierherstellung. Abschlussbericht - Landesforstpräsidium, Graupa, 78 S.
- WOLFF, M.; SIEBERTH, L.; ASCHE, N. (2016): Ökosystemdienstleistungen von Wäldern. AFZ-DerWald 71 (2): 25-27.
- WÜHLISCH, G. (2011): Drillen statt pflanzen. Bauernzeitung 52 (39): 32-33.
- ZACIOS, M.; KOZÁK, J.; WÖLLHAF, S.; ZIMMERMANN, L. (2015): Gewässer- und Bodenschutz mit KUP. LWF aktuell 22 (105): 14-19.
- ZACIOS, M.; NIEDERBERGER, J.; SCHULZ, C. (2011): Energiewald unter Dauerbeobachtung. LWF aktuell 18 (85): 34-36.
- ZACIOS, M.; NIEDERBERGER, J.; SEIDEL, H.; SCHULZ, C.; ZIMMERMANN, L.; BURGER, F. (2012): Hydrologische und ökologische Aspekte bei Kurzumtriebsplantagen. LWF aktuell 19 (90): 21-23.

ZMP - Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle (2007 bis 2009): Erzeugerpreise für Getreide und Raps. Bauernzeitung 48 bis 50: verschiedene Seiten.

10 Anhang

Anhangsverzeichnis

Anhang 2.1: Kurz- und mittelfristige Flächenpotenziale für den Anbau von KUP auf Ackerflächen auf Bundes- und Landesebene	138
Anhang 2.2: Weitere Dienstleistungsunternehmen im KUP-Bereich (Teil A)	139
Anhang 2.3: Weitere Dienstleistungsunternehmen im KUP-Bereich (Teil B)	140
Anhang 2.4: Fragebogen Kurzumtriebsplantagen und ökologische Vorrangflächen	141
Anhang 4.1: Darstellung der regionalen Verteilung potenzieller Abnehmer (grün) von Hackschnitzeln aus KUP in Sachsen	145
Anhang 4.2: Gewicht und Schüttdichte von Hackschnitzeln in Abhängigkeit vom Wassergehalt	146
Anhang 4.3: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Stoppelsturz	147
Anhang 4.4: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Pflügen	148
Anhang 4.5: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Saatbettbereitung	149
Anhang 4.6: Ermittlung der Pflanzkosten je Hektar in Abhängigkeit von der Pflanzdichte	150
Anhang 4.7: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Pflanzung (10.000 Steckhölzer)	151
Anhang 4.8: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Pflanzung (5.000 Steckhölzer)	152
Anhang 4.9: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme mechanische Bestandspflege (Schlegelmulcher)	153
Anhang 4.10: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme chemische Bestandspflege (Spritzgestänge)	154
Anhang 4.11: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme chemische Bestandspflege (Pflanzenschutzspritze)	155
Anhang 4.12: Gesamtkosten der mechanischen und chemischen Bestandspflege	156
Anhang 4.13: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Ernte Feldhäcksler	157
Anhang 4.14: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Ernte Mäh Hacker	158
Anhang 4.15: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Ernte Mähsammler	159
Anhang 4.16: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Ernte Harvester und Rücken Forwarder	160
Anhang 4.17: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Ernte Motorsäge und Rücken Teleskoplader (1. Umtrieb)	161
Anhang 4.18: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Ernte Motorsäge und Rücken Teleskoplader (2. Umtrieb)	162
Anhang 4.19: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Transport im Parallelverfahren (Häckselguttransportwagen)	163

Anhang 4.20: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Transport im Parallelverfahren (Zugmaschine)	164
Anhang 4.21: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Zwischenlagerung Ganzbäume	165
Anhang 4.22: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Hacken der Ganzbäume	166
Anhang 4.23: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme solare Hackschnitzeltrocknung (Lagerhalle und Solarkollektoren)	167
Anhang 4.24: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme solare Hackschnitzeltrocknung (Gesamtbewertung)	168
Anhang 4.25: Nährstoffentzüge von Pappeln bei unterschiedlichen Standzeiten und einem mittleren jährlichen Ertragszuwachs von zehn Tonnen (atro) je Hektar (Werte in Kilogramm je Hektar)	169
Anhang 4.26: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Düngung	170
Anhang 4.27: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Rückwandlung	171
Anhang 4.28: Übersicht zur Preisentwicklung von Hackschnitzeln aus Kurzumtriebsplantagen	172
Anhang 4.29: Berechnung der Hackschnitzelpreise bei unterschiedlichen Wassergehalten auf der Basis Tonne (atro)	173
Anhang 4.30: Landkreise und kreisfreie Städte im Freistaat Sachsen vor (oben) und nach (unten) der Kreisneugliederung im Jahr 2008	174
Anhang 4.31: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Annaberg	175
Anhang 4.32: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Aue-Schwarzenberg	176
Anhang 4.33: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Bautzen	177
Anhang 4.34: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Chemnitzer Land	178
Anhang 4.35: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Delitzsch	179
Anhang 4.36: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Döbeln	180
Anhang 4.37: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Freiberg	181
Anhang 4.38: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Kamenz	182
Anhang 4.39: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Leipziger Land	183
Anhang 4.40: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Löbau-Zittau	184
Anhang 4.41: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Meißen	185
Anhang 4.42: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Mittlerer Erzgebirgskreis	186
Anhang 4.43: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Mittweida	187
Anhang 4.44: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Muldentalkreis	188

Anhang 4.45: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Niederschlesischer Oberlausitzkreis	189
Anhang 4.46: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Riesa-Großenhain	190
Anhang 4.47: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Sächsische Schweiz	191
Anhang 4.48: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Stollberg	192
Anhang 4.49: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Torgau-Oschatz	193
Anhang 4.50: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Vogtlandkreis (Teil A)	194
Anhang 4.51: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Vogtlandkreis (Teil B)	195
Anhang 4.52: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Weißeritzkreis	196
Anhang 4.53: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Zwickauer Land	197
Anhang 4.54: Parameter der Biomasseertragsschätzung kreisfreie Städte	198
Anhang 5.1: Darstellung der Zahlungsströme und Ermittlung der Annuität der Verfahrenskette Feldhäcksler (Beispielkalkulation Gemeinde Zettlitz)	199
Anhang 5.2: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Annaberg	200
Anhang 5.3: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Aue-Schwarzenberg	201
Anhang 5.4: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Bautzen	202
Anhang 5.5: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Chemnitzer Land	203
Anhang 5.6: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Delitzsch	204
Anhang 5.7: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Döbeln	205
Anhang 5.8: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Freiberg	206
Anhang 5.9: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Kamenz	207
Anhang 5.10: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Leipziger Land	208
Anhang 5.11: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Löbau-Zittau	209
Anhang 5.12: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Meißen	210
Anhang 5.13: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Mittlerer Erzgebirgskreis	211
Anhang 5.14: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Mittweida	212
Anhang 5.15: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Muldentalkreis	213
Anhang 5.16: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Niederschlesischer Oberlausitzkreis	214
Anhang 5.17: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Riesa-Großenhain	215
Anhang 5.18: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Sächsische Schweiz	216

Anhang 5.19: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Stollberg	217
Anhang 5.20: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Torgau-Oschatz	218
Anhang 5.21: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Vogtlandkreis (Teil A)	219
Anhang 5.22: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Vogtlandkreis (Teil B)	220
Anhang 5.23: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Weißeritzkreis	221
Anhang 5.24: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Zwickauer Land	222
Anhang 5.25: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten kreisfreie Städte	223
Anhang 5.26: Berechnung von Annuitäten sowie notwendigen Jahreszahlungen beim Vertragsanbau ("Modell Finanzierung")	224
Anhang 5.27: Berechnung von notwendigen Jahreszahlungen beim Vertragsanbau ("Modell Beteiligung")	225
Anhang 5.28: Berechnung von Annuitäten sowie notwendigen Hackschnitzelpreisen bei der Vermarktung "frei Stock"	226
Anhang 5.29: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten bei der "Belieferung kommunaler Heizanlagen"	227
Anhang 5.30: Annuitäten bei finanzieller Förderung von KUP in Trinkwasserschutzgebieten	228
Anhang 5.31: Herleitung der durchschnittlichen Ertragszuwächse der KUP bei naturschutzfachlicher Anlage	229
Anhang 5.32: Grenzpreise der Hackschnitzelerzeugung aus zertifizierten KUP in Abhängigkeit von der Anbaufläche sowie der Ertragsfähigkeit der Standorte (Wassergehalt 35 Prozent)	230
Anhang 5.33: Jährliche Erzeugerpreise der untersuchten Kulturen im Freistaat Sachsen (Werte in Euro je Dezitonne)	231
Anhang 5.34: Jährliche Erträge der untersuchten Kulturen im Freistaat Sachsen (Werte in Dezitonnen je Hektar)	232
Anhang 5.35: Jährliche Gewinnbeiträge der untersuchten Kulturen im Freistaat Sachsen (Werte in Euro je Hektar; ohne Betriebsprämie)	233
Anhang 5.36: Vergleich der Gewinnbeiträge von Marktfrüchten und KUP im Freistaat Sachsen (2007)	234
Anhang 5.37: Vergleich der Gewinnbeiträge von Marktfrüchten und KUP im Freistaat Sachsen (2008)	235
Anhang 5.38: Vergleich der Gewinnbeiträge von Marktfrüchten und KUP im Freistaat Sachsen (2009)	236

Anhang 5.39: Vergleich der Gewinnbeiträge von Marktfrüchten und KUP im Freistaat Sachsen (2010)	237
Anhang 5.40: Vergleich der Gewinnbeiträge von Marktfrüchten und KUP im Freistaat Sachsen (2011)	238
Anhang 5.41: Vergleich der Gewinnbeiträge von Marktfrüchten und KUP im Freistaat Sachsen (2012)	239
Anhang 5.42: Vergleich der Gewinnbeiträge von Marktfrüchten und KUP im Freistaat Sachsen (2013)	240
Anhang 5.43: Vergleich der Gewinnbeiträge von Marktfrüchten und KUP im Freistaat Sachsen (2014)	241
Anhang 5.44: Entwicklung der Ernteerträge von Wintergerste nach Kreisen und Jahren (Werte in Dezitonnen je Hektar)	242
Anhang 5.45: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Annaberg	243
Anhang 5.46: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Aue-Schwarzenberg	244
Anhang 5.47: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Bautzen	245
Anhang 5.48: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Chemnitzer Land	246
Anhang 5.49: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Delitzsch	247
Anhang 5.50: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Döbeln	248
Anhang 5.51: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Freiberg	249
Anhang 5.52: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Kamenz	250
Anhang 5.53: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Leipziger Land	251
Anhang 5.54: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Löbau-Zittau	252
Anhang 5.55: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Meißen	253
Anhang 5.56: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Mittlerer Erzgebirgskreis	254

Anhang 5.57: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Mittweida	255
Anhang 5.58: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Muldentalkreis	256
Anhang 5.59: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Niederschlesischer Oberlausitzkreis	257
Anhang 5.60: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Riesa-Großenhain	258
Anhang 5.61: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Sächsische Schweiz	259
Anhang 5.62: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Stollberg	260
Anhang 5.63: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Torgau-Oschatz	261
Anhang 5.64: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Vogtlandkreis (Teil A)	262
Anhang 5.65: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Vogtlandkreis (Teil B)	263
Anhang 5.66: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Weißeritzkreis	264
Anhang 5.67: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Zwickauer Land	265
Anhang 5.68: Grenzerträge Winterweizen in Abhängigkeit vom Erzeugerpreisniveau ("Region Grimma")	266
Anhang 5.69: Liste zulässiger Gehölzarten für Niederwald mit Kurzumtrieb als ökologische Vorrangfläche	267
Anhang 5.70: Daten der ökonomischen Bewertung der Optionen ökologischer Vorrangflächen	268
Anhang 5.71: Anbauflächen und Gewinnbeiträge bei verschiedenen Nutzungen der ökologischen Vorrangflächen (erhöhtes Marktfruchtpreisniveau)	269

Anhang 2.1: Kurz- und mittelfristige Flächenpotenziale für den Anbau von KUP auf Ackerflächen auf Bundes- und Landesebene

Region	Fläche (Hektar)	Jahr	Quelle	Ergänzung
Deutschland (D)	50.000 ... 100.000	2022	DBV und BBE (2012)	Aufbau einer kritischen Masse innerhalb eines Zeitraums von 10 Jahren
	676.000	...	AUST (2012: 58)	KUP-geeignete Ackerflächen („wirtschaftliches Potenzial“)
	900.000	2050	NITSCH et al. (2012: 84)	stationäre Wärmeerzeugung bzw. gekoppelte Strom- & Wärmeerzeugung (KWK)
Baden-Württemberg	5.000	...	AUST (2012: 62)	KUP-geeignete Ackerflächen („wirtschaftliches Potenzial“)
Bayern	10.000 ... 50.000	...	BURGER et al. (2012a: 46)	10 bis 50 Prozent der Fläche für nachwachsende Rohstoffe (Stand 2011)
Brandenburg	10.000	2020	KENKMANN et al. (2010: 16)	Erweiterung der Anbaufläche
Hessen	10.930	2020	RAUSSEN et al. (2010: 19)	Anbau auf 10 Prozent der Energiepflanzenanbaufläche (Ackerland 109.300 Hektar)
Mecklenburg-Vorpommern	20.000 ... 25.000	2020	BUTT und KLEIDER (2009: 111)	je nach unterstelltem Ausgangsszenario zur Biomassenutzung
Niedersachsen	bis 20.000	2020	KAHNT-RALLE (2010)	bei sehr günstigen Rahmenbedingungen für den Anbau von Energieholz
Nordrhein-Westfalen	10.000 ... 40.000	2020	MUNLV (2009: 18ff)	Anbauflächen je nach Realisierungschancen (laut Ministerium bei 25 Prozent)
Rheinland-Pfalz	2.900 ... 5.000	...	HECK et al. (2004: 57ff)	10 Prozent der Stilllegungsfläche bzw. langfristig zur Verfügung stehenden Fläche
Saarland	1.600	2020	BAUR et al. (2011: 183)	Anbau auf 15 Prozent der „Energiefläche“ des Ackerlands (30 Prozent)
Sachsen	10.800 ... 21.600	...	RÖHRICHT und GROß-OPHOFF (2006: 11)	Anbau auf 5 bis 10 Prozent der „Energiefläche“ des Ackerlands (30 Prozent)
Sachsen-Anhalt	2.200 ... 22.200	2020	DEIMER et al. (2007: 54)	Nutzung der aus der Produktion genommenen Betriebsflächen (10 bis 100 Prozent)
Schleswig-Holstein	0	2020	STARCK et al. (2011: 6f)	trotz hohem Potenzial nur marginale Bedeutung (fehlende Wettbewerbskraft)
Thüringen	5.000	...	GRAF et al. (2014: 26)	Anbau auf einem Teil der ehemaligen Stilllegungsflächen
Summe Bundesländer_{max.}	216.330			
Differenz zu D im Jahr 2050	-683.670			

Quelle: eigene Darstellung

Anhang 2.2: Weitere Dienstleistungsunternehmen im KUP-Bereich (Teil A)

Bundesland	Firma	Sitz	Homepage	Kontaktperson
Baden-Württemberg	Baumschule Stengel	72336 Balingen	www.baumschule-stengel.de	Stengel
	Karl Schlegel Baumschulen KG	88499 Riedlingen	www.karl-schlegel.de	Riske
	Reichardt Lohnunternehmen	89174 Altheim (Alb)	www.reichardt-online.de	Reichardt
	Roth Agrar-Lohn-Unternehmen	88696 Owingen	www.agrarlohn-unternehmen.de	Roth
	Weinbauservice Hammes	77749 Hohberg-Diersburg	www.weinbauservice-hammes.de	Hammes
Bayern	Baumschule R. Schleich GbR	94086 Bad Griesbach im Rottal	www.baumschuleschleich.de	Allertseeder
	Baumschulen Haage GmbH & Co. KG	89340 Leipheim	www.haage.de	Haage
	Baumschulen Hörmann	86529 Schrobenhausen	www.whoermann.de	Angerer
	Dorr Energie GmbH	87437 Kempten	www.dorr-energie.de	Jakwerth
	Forstbaumschulen Gracklauer KG	91710 Gunzenhausen	www.baumschulen-gracklauer.de	Gracklauer
	Forstbaumschulen Grenzebach GbR	86663 Asbach-Bäumenheim	www.grenzebach-forstbaumschulen.de	Grenzebach
	Forstbetrieb Schulz	86356 Neusäß	www.ues-forst.de	Schulz
	Forstpflanzen Blaha	83109 Großkarolinenfeld	forstpflanzen-blaha.de	Dr. Blaha
	Oberloher Baumschulen	84431 Rattenkirchen	www.oberloher-baumschulen.de	Oberloher
	Sailer Baumschulen GmbH	86690 Mertingen	www.sailer-baumschulen.de	Sailer
	SilvaPower Energiewalderzeugnisse	82279 Eching am Ammersee	silvapower.de	Schmid
Brandenburg	Baumschule Appel GmbH	15377 Waldsiefersdorf	www.appel-wald.de	Dr. Schachler
	Baumschule Graeff	04924 Bad Liebenwerda	www.baumschule-graeff.de	Graeff
	Baumschule Renate Müller	04910 Elsterwerda	www.baumschule-elsterwerda.de	Müller
	Baumschulen Angendoehr GmbH	16818 Märkisch Linden	www.angendoehr.de	Angendoehr
	Biomassehof Wonneberger GmbH	03159 Neiße-Malxetal	www.biomassehof-wonneberger.de	Wonneberger
	Biomasse Schraden e.V.	04932 Großthiemig	www.biomasse-schraden.de	Skalda
	Energieholz Dr. Falk Brune	16837 Wittstock/Dosse	www.energieholz-brune.de	Dr. Brune
	Land- u. Forstbetrieb Taudte	16798 Fürstenberg	www.pappel-steckholz.de	Taudte

Quelle: eigene Darstellung

Anhang 2.3: Weitere Dienstleistungsunternehmen im KUP-Bereich (Teil B)

Bundesland	Firma	Sitz	Homepage	Kontaktperson
Hessen	WSD Energieholz	36280 Oberaula	www.wsd-baumschule.de	Diehl
Mecklenburg-Vorpommern	Landschaftsbau Wegner	17036 Neubrandenburg	www.landschaftsbau-wegner.de	Wegner
Niedersachsen	F.-O. Lürssen Baumschulen GmbH & Co. KG	27616 Beverstedt	www.forstbaum.de	Lürßen
	Gustav Lüdemann Forstbaumschulen	29559 Wrestedt	www.gustav-luedemann.de	Lüdemann, Hauptmann
	Hof Steinberg GmbH & Co.KG	21354 Bleckede	www.hofsteinberg.de	Burmester
	Müller Münchhof GmbH	38723 Seesen	www.mueller-muenchhof.de	Müller
Nordrhein-Westfalen	Dienstleistungen Gut Deesberg	32547 Bad Oeynhausen	www.gut-deesberg.de	Rolfsmeyer
	Forstbaumschule Peter Jungermann GbR	57399 Kirchhundem	www.baumschule-jungermann.de	Jungermann
	JENZ GmbH Maschinen- und Fahrzeugbau	32469 Petershagen	www.jenz.de	Hempen-Hermeier
Rheinland-Pfalz	Landwirtschaftsbetrieb Haas	67759 Nußbach	...	Haas
Saarland	Saarholz GbR	66625 Nohfelden	www.saarholz.com	Oestreich, Koch
Sachsen	Agrartechnik Vertrieb Sachsen GmbH	01561 Ebersbach	www.agrartechnik-sachsen.de	Dr. Bertelsmeier
	FORSTRIS AG	08606 Tirpersdorf	www.forestris.de	Dr. Sachse
Schleswig-Holstein	Blunk GmbH	24619 Rendswühren	www.blunk-gmbh.de	Wiehl
	Erwin Vogt Forstbaumschulen	25421 Pinneberg	www.vogt-forstbaumschulen.de	Vogt
	Lohnunternehmen Thun	24793 Oldenhütten	www.lohnunternehmen-sh.de	Thun
Thüringen	Baumschulen Oberdorla GmbH	99986 Vogtei	www.baumschulen-oberdorla.de	Dr. Dembny
	Deegen-Pflanzen GbR	07586 Bad Köstritz	www.baumschulen-deegen.de	Viehweg
	Energiewald Thüringen GmbH	99100 Gierstädt	...	Fleischmann

Quelle: eigene Darstellung

5) Welche Gründe sprechen gegen die Anlage von KUP in Ihrem Unternehmen?

	trifft gar nicht zu			trifft absolut zu	
	1	2	3	4	5
Keine ökonomische Konkurrenzfähigkeit zum Ackerbau	<input type="checkbox"/>				
Hohe Anfangsinvestitionen	<input type="checkbox"/>				
Unregelmäßige Zahlungsströme	<input type="checkbox"/>				
Lange Flächenbindung (fehlende Flexibilität)	<input type="checkbox"/>				
Probleme auf Pachtflächen	<input type="checkbox"/>				
Fehlende Abnahmesicherheit / ungeklärte Vermarktung	<input type="checkbox"/>				
Geringe Hackschnitzelpreise	<input type="checkbox"/>				
Fehlende Technikverfügbarkeit (Pflanzung, Ernte)	<input type="checkbox"/>				
Flächenkonkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion	<input type="checkbox"/>				
Gefährdung durch Schadfaktoren (Wild, Insekten, Pilze)	<input type="checkbox"/>				
Mangel an Erfahrungen / Wissen / Positivbeispielen	<input type="checkbox"/>				
Fehlende Ertragsprognosen für eigene Standorte	<input type="checkbox"/>				
Fehlende politische Unterstützung / Förderung	<input type="checkbox"/>				
Mangel an geeigneten Flächen im Unternehmen	<input type="checkbox"/>				
Drainagen auf den Ackerflächen	<input type="checkbox"/>				
Negativer Einfluss auf das Landschaftsbild	<input type="checkbox"/>				
Fehlendes Eigeninteresse	<input type="checkbox"/>				
.....	<input type="checkbox"/>				
.....	<input type="checkbox"/>				

6) Auf welchen Standorten können Sie sich vorstellen zukünftig in Ihrem Unternehmen (weitere) KUP-Flächen anzulegen (bei Gewährung der Direktzahlungen)?

- nur Ackerland nur Grünland Ackerland & Grünland weder noch weiß nicht

7) Planen Sie innerhalb der nächsten 5 Jahre die Anlage von (weiteren) KUP-Flächen in Ihrem Unternehmen?

- ja nein weiß nicht

bei ja: ha

8) Wie sehen Sie die zukünftige Entwicklung des KUP-Anbaus in Deutschland (bis zum Jahr 2020)?

- bleibt unbedeutend steigt langsam steigt enorm weiß nicht

9) Wie müssten sich die Rahmenbedingungen entwickeln, damit der Anbau von Holzbiomasse in KUP auch für Ihr Unternehmen eine interessante Alternative darstellt?

	trifft gar nicht zu			trifft absolut zu	
	1	2	3	4	5
Rahmenbedingungen stimmen bereits	<input type="checkbox"/>				
Generell kein KUP-Anbau, unabhängig vom Rahmen	<input type="checkbox"/>				
Sicherstellung der (langfristigen) Biomasseabnahme	<input type="checkbox"/>				
Sicherstellung der Technikverfügbarkeit	<input type="checkbox"/>				
Sicherstellung der Gewinnerzielung	<input type="checkbox"/>				
Erreichen der Konkurrenzfähigkeit zum Ackerbau	<input type="checkbox"/>				
Erhalt jährlicher Zahlungen (anstatt zu jeder Ernte)	<input type="checkbox"/>				
Finanzielle Förderung des KUP-Anbaus	<input type="checkbox"/>				
Schaffung von regionalen Positivbeispielen	<input type="checkbox"/>				
Zuverlässige Ertragsvorhersagen für eigene Standorte	<input type="checkbox"/>				
Ausweitung des Sortimentes (Baumarten / Sorten / Klone)	<input type="checkbox"/>				
Anbaumöglichkeit auf ökologischen Vorrangflächen	<input type="checkbox"/>				
.....	<input type="checkbox"/>				
.....	<input type="checkbox"/>				

Vorbemerkung zu Frage 10):

Im Zuge der Neuausrichtung der EU-Agrarpolitik müssen die Betriebsinhaber ab 2015 grundsätzlich einen gewissen Prozentsatz (zunächst 5 Prozent) ihrer beihilfefähigen Flächen als im Umweltinteresse genutzte Flächen (**ökologische Vorrangflächen**) bewirtschaften - u.a. extensiver Kulturenanbau, Brachflächen, Terrassen, Landschaftselemente, Pufferstreifen usw. - Ausnahmen sollen für Ökobetriebe und Betriebe mit hohem Grün- bzw. Brachlandanteil gelten.

10) Bitte kreuzen Sie an, welche der aufgelisteten Kulturen für Sie in Ihrem Unternehmen für den Anbau auf ökologischen Vorrangflächen in Frage kommen könnten (Mehrfachantworten nach Art der Bewirtschaftung für jede Kultur sind möglich).

Kultur	Bewirtschaftung ohne Düngung und ohne Pflanzenschutz	Bewirtschaftung mit Düngung und mit Pflanzenschutz
Brachliegende Flächen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pufferstreifen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Agro-forstwirtschaftliche Hektarflächen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Streifen von beihilfefähigen Hektarflächen an Waldrändern	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Flächen mit Niederwald im Kurzumtrieb	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aufforstungsflächen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Flächen mit Zwischenfruchtanbau oder eingesäter Gründeckung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Flächen mit stickstoffbindenden Pflanzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

11) Sehen Sie die Notwendigkeit einer Förderung für KUP zur Erhöhung der Agrarholzanbaufläche in Deutschland?

ja nein weiß nicht

bei ja: Anschubfinanzierung jährlicher Zuschuss Sonstiges

12) Informationen zum Betrieb

Lage: Region Döbeln Region Mittweida Region Freiberg

Betriebliche Ausrichtung: konventionell ökologisch

Rechtsform:

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Einzelunternehmen und zwar im | <input type="checkbox"/> GmbH (Gesellsch. mit begrenzter Haftung) |
| <input type="checkbox"/> Haupterwerb <input type="checkbox"/> Nebenerwerb | <input type="checkbox"/> GmbH & Co. KG |
| <input type="checkbox"/> GbR (Gesellschaft bürgerlichen Rechts) | <input type="checkbox"/> AG (Aktiengesellschaft) |
| <input type="checkbox"/> KG (Kommanditgesellschaft) | <input type="checkbox"/> eG (eingetragene Genossenschaft) |
| <input type="checkbox"/> Sonstiges | |

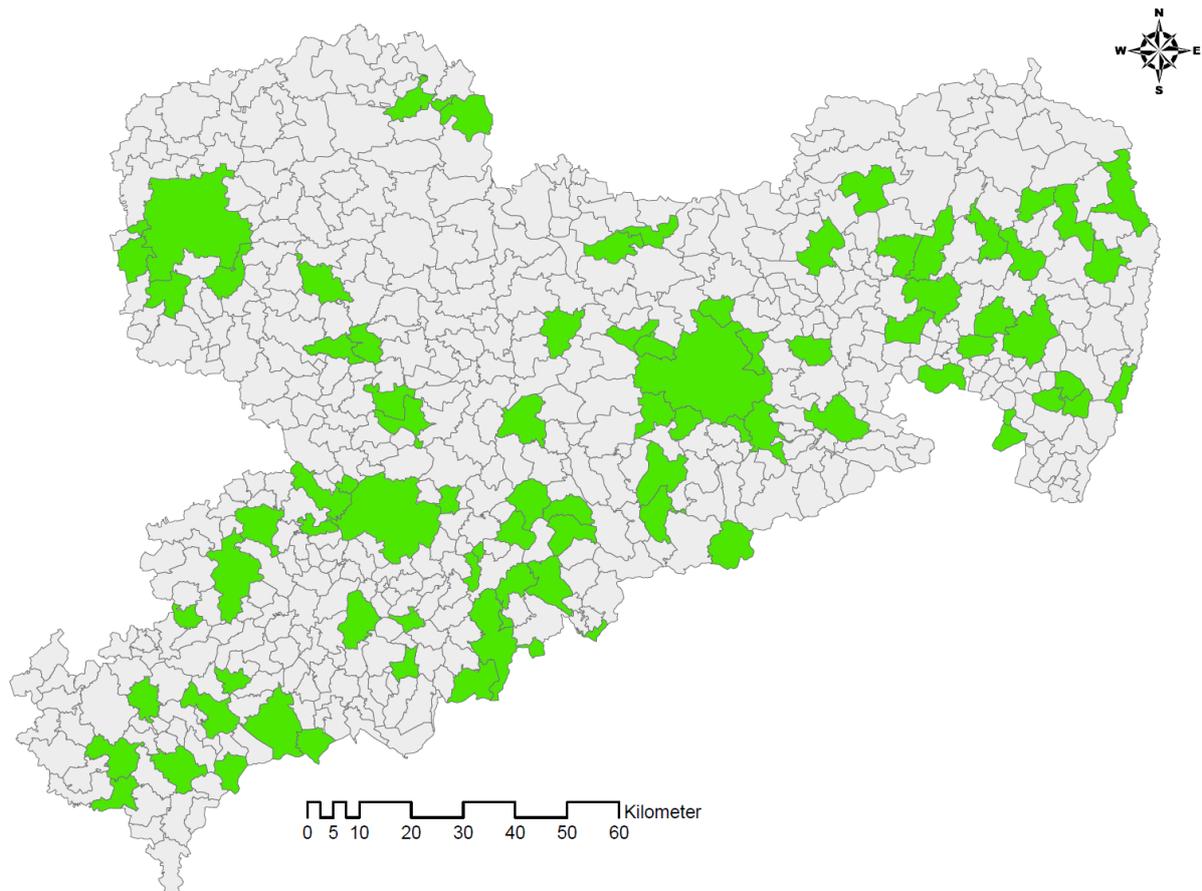
Bewirtschaftungsfläche Ackerland: ha Bewirtschaftungsfläche Dauerkulturen: ha

Bewirtschaftungsfläche Grünland: ha Waldfläche: ha

Biogasanlage im Unternehmen: ja nein

13) Ergänzende Bemerkungen

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....



Anhang 4.1: Darstellung der regionalen Verteilung potenzieller Abnehmer (grün) von Hackschnitzeln aus KUP in Sachsen

Quelle: eigene Erhebungen (Stand 2013)

Anhang 4.2: Gewicht und Schüttdichte von Hackschnitzeln in Abhängigkeit vom Wassergehalt

Wassergehalt [%]	Gewicht [kg]	Schüttdichte [kg/m ³]
0	1000	140
5	1053	147
10	1111	156
15	1176	165
20	1250	175
25	1333	187
30	1429	200
35	1538	215
40	1667	233
45	1818	254
50	2000	280
55	2222	311

Quelle: eigene Berechnungen nach HAHN et al. (2014: 3)

Anhang 4.3: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Stoppelsturz

Zeile	Bezeichnung	Einheit	Rechengang	Scheibenegge	Traktor
(0)	Spalte 2	Spalte 3	Spalte 4	Spalte 5	Spalte 6
(1)	Anschaffungspreis	€		40.000,00	166.000,00
(2)	Nutzungsdauer	a		14,00	12,00
(3)	Maschineneinsatzzeit	h/ha		0,30	0,30
(4)	Jahresauslastung	ha/a	... / (5)/(3)	514,00	2.776,67
(5)		h/a	(3)*(4) / ...	154,20	833,00
(6)	Kraftstoffverbrauch	l/h		0,00	18,30
(7)	Kraftstoffpreis	€/l		1,00	1,00
(8)	Ölverbrauch	l/h		0,00	0,18
(9)	Ölpreis	€/l		3,00	3,00
(10)	Reparatur	€/ha / €/h		5,50	8,60
(11)	Zinssatz	%		4,00	4,00
(12)	<i>Fixe Kosten</i>				
(13)	Abschreibung	€/a	(1)/(2)	2.857,14	13.833,33
(14)	Zinskosten	€/a	(1)*(11)/100/2	800,00	3.320,00
(15)	Versicherung	€/a		0,00	442,00
(16)	<i>Variable Kosten</i>				
(17)	Kraftstoffkosten	€/a	... / (5)*(6)*(7)	0,00	15.243,90
(18)	Schmiermittelkosten	€/a	... / (5)*(8)*(9)	0,00	457,32
(19)	Reparaturkosten	€/a	(4)*(10) / (5)*(10)	2.827,00	7.163,80
(20)	Maschinenkosten	€/a	(13)+(14)+(15)+(17)+(18)+(19)	6.484,14	40.460,35
(21)	Lohnkosten	€/h		0,00	15,15
(22)		€/a	... / (5)*(21)	0,00	12.619,95
(23)	Gesamtkosten	€/a	(20)+(22)	6.484,14	53.080,30
(24)		€/h	(23)/(5)	42,05	63,72
(25)		€/ha	(23)/(4)	12,62	19,12
(26)		€/ha	(25)_Spalte5+(25)_Spalte6		31,74

Quelle: eigene Darstellung nach KTBL (2015)

Anhang 4.4: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Pflügen

Zeile	Bezeichnung	Einheit	Rechengang	Pflug	Traktor
(0)	<i>Spalte 2</i>	<i>Spalte 3</i>	<i>Spalte 4</i>	<i>Spalte 5</i>	<i>Spalte 6</i>
(1)	Anschaffungspreis	€		32.000,00	166.000,00
(2)	Nutzungsdauer	a		14,00	12,00
(3)	Maschineneinsatzzeit	h/ha		1,10	1,10
(4)	Jahresauslastung	ha/a	... / (5)/(3)	257,00	757,27
(5)		h/a	(3)*(4) / ...	282,70	833,00
(6)	Kraftstoffverbrauch	l/h		0,00	18,30
(7)	Kraftstoffpreis	€/l		1,00	1,00
(8)	Ölverbrauch	l/h		0,00	0,18
(9)	Ölpreis	€/l		3,00	3,00
(10)	Reparatur	€/ha / €/h		12,00	8,60
(11)	Zinssatz	%		4,00	4,00
(12)	<i>Fixe Kosten</i>				
(13)	Abschreibung	€/a	(1)/(2)	2.285,71	13.833,33
(14)	Zinskosten	€/a	(1)*(11)/100/2	640,00	3.320,00
(15)	Versicherung	€/a		0,00	442,00
(16)	<i>Variable Kosten</i>				
(17)	Kraftstoffkosten	€/a	... / (5)*(6)*(7)	0,00	15.243,90
(18)	Schmiermittelkosten	€/a	... / (5)*(8)*(9)	0,00	457,32
(19)	Reparaturkosten	€/a	(4)*(10) / (5)*(10)	3.084,00	7.163,80
(20)	Maschinenkosten	€/a	(13)+(14)+(15)+(17)+(18)+(19)	6.009,71	40.460,35
(21)	Lohnkosten	€/h		0,00	15,15
(22)		€/a	... / (5)*(21)	0,00	12.619,95
(23)	Gesamtkosten	€/a	(20)+(22)	6.009,71	53.080,30
(24)		€/h	(23)/(5)	21,26	63,72
(25)		€/ha	(23)/(4)	23,38	70,09
(26)		€/ha	(25)_Spalte5+(25)_Spalte6		93,47

Quelle: eigene Darstellung nach KTBL (2015)

Anhang 4.5: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Saatbettbereitung

Zeile	Bezeichnung	Einheit	Rechengang	Kombination	Traktor
(0)	<i>Spalte 2</i>	<i>Spalte 3</i>	<i>Spalte 4</i>	<i>Spalte 5</i>	<i>Spalte 6</i>
(1)	Anschaffungspreis	€		29.000,00	166.000,00
(2)	Nutzungsdauer	a		14,00	12,00
(3)	Maschineneinsatzzeit	h/ha		0,30	0,30
(4)	Jahresauslastung	ha/a	... / (5)/(3)	214,00	2.776,67
(5)		h/a	(3)*(4) / ...	64,20	833,00
(6)	Kraftstoffverbrauch	l/h		0,00	18,30
(7)	Kraftstoffpreis	€/l		1,00	1,00
(8)	Ölverbrauch	l/h		0,00	0,18
(9)	Ölpreis	€/l		3,00	3,00
(10)	Reparatur	€/ha / €/h		4,50	8,60
(11)	Zinssatz	%		4,00	4,00
(12)	<i>Fixe Kosten</i>				
(13)	Abschreibung	€/a	(1)/(2)	2.071,43	13.833,33
(14)	Zinskosten	€/a	(1)*(11)/100/2	580,00	3.320,00
(15)	Versicherung	€/a		0,00	442,00
(16)	<i>Variable Kosten</i>				
(17)	Kraftstoffkosten	€/a	... / (5)*(6)*(7)	0,00	15.243,90
(18)	Schmiermittelkosten	€/a	... / (5)*(8)*(9)	0,00	457,32
(19)	Reparaturkosten	€/a	(4)*(10) / (5)*(10)	963,00	7.163,80
(20)	Maschinenkosten	€/a	(13)+(14)+(15)+(17)+(18)+(19)	3.614,43	40.460,35
(21)	Lohnkosten	€/h		0,00	15,15
(22)		€/a	... / (5)*(21)	0,00	12.619,95
(23)	Gesamtkosten	€/a	(20)+(22)	3.614,43	53.080,30
(24)		€/h	(23)/(5)	56,30	63,72
(25)		€/ha	(23)/(4)	16,89	19,12
(26)		€/ha	(25)_Spalte5+(25)_Spalte6		36,01

Quelle: eigene Darstellung nach KTBL (2015)

Anhang 4.6: Ermittlung der Pflanzkosten je Hektar in Abhängigkeit von der Pflanzdichte

Zeile	Bezeichnung	Einheit	Rechengang	Wert
(0)	<i>Spalte 2</i>	<i>Spalte 3</i>	<i>Spalte 4</i>	<i>Spalte 5</i>
(1)	Gesamtgröße KUP	ha		10,00
(2)	Steckholzpreis	€		0,17
(3)	Frachtkosten	€		300,00
(4)	Pflanzdichte 1	n		5.000,00
(5)	Pflanzdichte 2	n		10.000,00
(6)	Pflanzgutkosten 1	€/ha	$(2)*(4)+(3)/(1)$	855,00
(7)	Pflanzgutkosten 2	€/ha	$(2)*(5)+(3)/(1)$	1.680,00

Quelle: eigene Darstellung nach NEUMEISTER (2014)

Anhang 4.7: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Pflanzung (10.000 Steckhölzer)

Zeile	Bezeichnung	Einheit	Rechengang	Pflanzgerät	Traktor
(0)	<i>Spalte 2</i>	<i>Spalte 3</i>	<i>Spalte 4</i>	<i>Spalte 5</i>	<i>Spalte 6</i>
(1)	Anschaffungspreis	€		35.000,00	132.000,00
(2)	Nutzungsdauer	a		5,00	12,00
(3)	Maschineneinsatzzeit	h/ha		1,60	1,60
(4)	Jahresauslastung	ha/a	... / (5)/(3)	30,00	520,63
(5)		h/a	(3)*(4) / ...	48,00	833,00
(6)	Personalbedarf	n		4,00	1,00
(7)	Kraftstoffverbrauch	l/h		0,00	14,00
(8)	Kraftstoffpreis	€/l		1,00	1,00
(9)	Ölverbrauch	l/h		0,00	0,14
(10)	Ölpreis	€/l		3,00	3,00
(11)	Reparatur	€/ha / €/h		50,00	7,80
(12)	Zinssatz	%		4,00	4,00
(13)	<i>Fixe Kosten</i>				
(14)	Abschreibung	€/a	(1)/(2)	7.000,00	11.000,00
(15)	Zinskosten	€/a	(1)*(12)/100/2	700,00	2.640,00
(16)	Versicherung	€/a		0,00	439,00
(17)	<i>Variable Kosten</i>				
(18)	Kraftstoffkosten	€/a	... / (5)*(7)*(8)	0,00	11.662,00
(19)	Schmiermittelkosten	€/a	... / (5)*(9)*(10)	0,00	349,86
(20)	Reparaturkosten	€/a	(4)*(11) / (5)*(11)	1.500,00	6.497,40
(21)	Maschinenkosten	€/a	(14)+(15)+(16)+(18)+(19)+(20)	9.200,00	32.588,26
(22)	Lohnkosten	€/h		15,15	15,15
(23)		€/a	(5)*(6)*(22)	2.908,80	12.619,95
(24)	Gesamtkosten	€/a	(21)+(23)	12.108,80	45.208,21
(25)		€/h	(24)/(5)	252,27	54,27
(26)		€/ha	(24)/(4)	403,63	86,83
(27)		€/ha	(26)_Spalte5+(26)_Spalte6		490,46

Quelle: eigene Darstellung nach KTBL (2015); PESCHEL (2015)

Anhang 4.8: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Pflanzung (5.000 Steckhölzer)

Zeile	Bezeichnung	Einheit	Rechengang	Pflanzgerät	Traktor
(0)	Spalte 2	Spalte 3	Spalte 4	Spalte 5	Spalte 6
(1)	Anschaffungspreis	€		35.000,00	132.000,00
(2)	Nutzungsdauer	a		5,00	12,00
(3)	Maschineneinsatzzeit	h/ha		1,60	1,60
(4)	Jahresauslastung	ha/a	... / (5)/(3)	30,00	520,63
(5)		h/a	(3)*(4) / ...	48,00	833,00
(6)	Personalbedarf	n		2,00	1,00
(7)	Kraftstoffverbrauch	l/h		0,00	14,00
(8)	Kraftstoffpreis	€/l		1,00	1,00
(9)	Ölverbrauch	l/h		0,00	0,14
(10)	Ölpreis	€/l		3,00	3,00
(11)	Reparatur	€/ha / €/h		50,00	7,80
(12)	Zinssatz	%		4,00	4,00
(13)	<i>Fixe Kosten</i>				
(14)	Abschreibung	€/a	(1)/(2)	7.000,00	11.000,00
(15)	Zinskosten	€/a	(1)*(12)/100/2	700,00	2.640,00
(16)	Versicherung	€/a		0,00	439,00
(17)	<i>Variable Kosten</i>				
(18)	Kraftstoffkosten	€/a	... / (5)*(7)*(8)	0,00	11.662,00
(19)	Schmiermittelkosten	€/a	... / (5)*(9)*(10)	0,00	349,86
(20)	Reparaturkosten	€/a	(4)*(11) / (5)*(11)	1.500,00	6.497,40
(21)	Maschinenkosten	€/a	(14)+(15)+(16)+(18)+(19)+(20)	9.200,00	32.588,26
(22)	Lohnkosten	€/h		15,15	15,15
(23)		€/a	(5)*(6)*(22)	1.454,40	12.619,95
(24)	Gesamtkosten	€/a	(21)+(23)	10.654,40	45.208,21
(25)		€/h	(24)/(5)	221,97	54,27
(26)		€/ha	(24)/(4)	355,15	86,83
(27)		€/ha	(26)_Spalte5+(26)_Spalte6		441,98

Quelle: eigene Darstellung nach KTBL (2015); PESCHEL (2015)

Anhang 4.9: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme mechanische Bestandspflege (Schlegelmulcher)

Zeile	Bezeichnung	Einheit	Rechengang	Mulcher	Traktor
(0)	<i>Spalte 2</i>	<i>Spalte 3</i>	<i>Spalte 4</i>	<i>Spalte 5</i>	<i>Spalte 6</i>
(1)	Anschaffungspreis	€		6.000,00	82.000,00
(2)	Nutzungsdauer	a		8,00	12,00
(3)	Maschineneinsatzzeit	h/ha		0,75	0,75
(4)	Jahresauslastung	ha/a	... / (5)/(3)	150,00	1.110,67
(5)		h/a	(3)*(4) / ...	112,50	833,00
(6)	Kraftstoffverbrauch	l/h		0,00	6,30
(7)	Kraftstoffpreis	€/l		1,00	1,00
(8)	Ölverbrauch	l/h		0,00	0,06
(9)	Ölpreis	€/l		3,00	3,00
(10)	Reparatur	€/ha / €/h		5,90	6,00
(11)	Zinssatz	%		4,00	4,00
(12)	<i>Fixe Kosten</i>				
(13)	Abschreibung	€/a	(1)/(2)	750,00	6.833,33
(14)	Zinskosten	€/a	(1)*(11)/100/2	120,00	1.640,00
(15)	Versicherung	€/a		0,00	242,00
(16)	<i>Variable Kosten</i>				
(17)	Kraftstoffkosten	€/a	... / (5)*(6)*(7)	0,00	5.247,90
(18)	Schmiermittelkosten	€/a	... / (5)*(8)*(9)	0,00	157,44
(19)	Reparaturkosten	€/a	(4)*(10) / (5)*(10)	885,00	4.998,00
(20)	Maschinenkosten	€/a	(13)+(14)+(15)+(17)+(18)+(19)	1.755,00	19.118,67
(21)	Lohnkosten	€/h		0,00	15,15
(22)		€/a	... / (5)*(21)	0,00	12.619,95
(23)	Gesamtkosten	€/a	(20)+(22)	1.755,00	31.738,62
(24)		€/h	(23)/(5)	15,60	38,10
(25)		€/ha	(23)/(4)	11,70	28,58
(26)		€/ha	(25)_Spalte5+(25)_Spalte6		40,28

Quelle: eigene Darstellung nach KTBL (2015)

Anhang 4.10: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme chemische Bestandspflege (Spritzgestänge)

Zeile	Bezeichnung	Einheit	Rechengang	Gestänge	Traktor
(0)	<i>Spalte 2</i>	<i>Spalte 3</i>	<i>Spalte 4</i>	<i>Spalte 5</i>	<i>Spalte 6</i>
(1)	Anschaffungspreis	€		15.000,00	102.000,00
(2)	Nutzungsdauer	a		10,00	12,00
(3)	Maschineneinsatzzeit	h/ha		0,18	0,18
(4)	Jahresauslastung	ha/a	... / (5)/(3)	720,00	4.627,78
(5)		h/a	(3)*(4) / ...	129,60	833,00
(6)	Kraftstoffverbrauch	l/h		0,00	9,70
(7)	Kraftstoffpreis	€/l		1,00	1,00
(8)	Ölverbrauch	l/h		0,00	0,10
(9)	Ölpreis	€/l		3,00	3,00
(10)	Reparatur	€/ha / €/h		0,50	7,00
(11)	Zinssatz	%		4,00	4,00
(12)	<i>Fixe Kosten</i>				
(13)	Abschreibung	€/a	(1)/(2)	1.500,00	8.500,00
(14)	Zinskosten	€/a	(1)*(11)/100/2	300,00	2.040,00
(15)	Versicherung	€/a		72,00	439,00
(16)	<i>Variable Kosten</i>				
(17)	Kraftstoffkosten	€/a	... / (5)*(6)*(7)	0,00	8.080,10
(18)	Schmiermittelkosten	€/a	... / (5)*(8)*(9)	0,00	242,40
(19)	Reparaturkosten	€/a	(4)*(10) / (5)*(10)	360,00	5.831,00
(20)	Maschinenkosten	€/a	(13)+(14)+(15)+(17)+(18)+(19)	2.232,00	25.132,50
(21)	Lohnkosten	€/h		0,00	15,15
(22)		€/a	... / (5)*(21)	0,00	12.619,95
(23)	Gesamtkosten	€/a	(20)+(22)	2.232,00	37.752,45
(24)		€/h	(23)/(5)	17,22	45,32
(25)		€/ha	(23)/(4)	3,10	8,16
(26)		€/ha	(25)_Spalte5+(25)_Spalte6		11,26

Quelle: eigene Darstellung nach KTBL (2015)

Anhang 4.11: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme chemische Bestandspflege (Pflanzenschutzspritze)

Zeile	Bezeichnung	Einheit	Rechengang	Spritze
(0)	<i>Spalte 2</i>	<i>Spalte 3</i>	<i>Spalte 4</i>	<i>Spalte 5</i>
(1)	Anschaffungspreis	€		35.000,00
(2)	Nutzungsdauer	a		10,00
(3)	Maschineneinsatzzeit	h/ha		0,18
(4)	Jahresauslastung	m ³ /a		600,00
(5)		h/a	(3)*(4)	108,00
(6)	Ausbringmenge	m ³ /ha		0,30
(7)	Kraftstoffverbrauch	l/h		0,00
(8)	Kraftstoffpreis	€/l		1,00
(9)	Ölverbrauch	l/h		0,00
(10)	Ölpreis	€/l		3,00
(11)	Reparatur	€/m ³		0,25
(12)	Zinssatz	%		4,00
(13)	<i>Fixe Kosten</i>			
(14)	Abschreibung	€/a	(1)/(2)	3.500,00
(15)	Zinskosten	€/a	(1)*(12)/100/2	700,00
(16)	Versicherung	€/a		0,00
(17)	<i>Variable Kosten</i>			
(18)	Kraftstoffkosten	€/a		0,00
(19)	Schmiermittelkosten	€/a		0,00
(20)	Reparaturkosten	€/m ³	(4)*(11)	150,00
(21)	Maschinenkosten	€/a	(14)+(15)+(16)+(18)+(19)+(20)	4.350,00
(22)	Lohnkosten	€/h		0,00
(23)		€/a		0,00
(24)	Gesamtkosten	€/a	(21)+(23)	4.350,00
(25)		€/h	(24)/(5)	40,28
(26)		€/m ³	(24)/(4)	7,25
(27)		€/ha	(6)*(26)	2,18

Quelle: eigene Darstellung nach KTBL (2015)

Anhang 4.12: Gesamtkosten der mechanischen und chemischen Bestandspflege

Zeile	Bezeichnung	Einheit	Rechengang	Wert
(0)	<i>Spalte 2</i>	<i>Spalte 3</i>	<i>Spalte 4</i>	<i>Spalte 5</i>
(1)	Mulchen	€/ha	<i>siehe 4.9</i>	40,28
(2)	Spritzen	€/ha	<i>siehe 4.10 & 4.11</i>	13,44
(3)	Herbizidkosten	€/ha		90,00
(4)	Gesamtkosten	€/ha	(1)+2*(2)+(3)	157,16

Quelle: eigene Darstellung nach KTBL (2015); NEUMEISTER (2014)

Anhang 4.13: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Ernte Feldhäcksler

Zeile	Bezeichnung	Einheit	Rechengang	Erntevorsatz	Feldhäcksler
(0)	<i>Spalte 2</i>	<i>Spalte 3</i>	<i>Spalte 4</i>	<i>Spalte 5</i>	<i>Spalte 6</i>
(1)	Anschaffungspreis	€		90.000,00	340.000,00
(2)	Nutzungsdauer	a		8,00	8,00
(3)	Maschineneinsatzzeit	h/ha		1,43	1,43
(4)	Jahresauslastung	ha/a	... / (5)/(3)	70,00	280,00
(5)		h/a	(3)*(4) / ...	100,00	400,00
(6)	Kraftstoffverbrauch	l/h		0,00	70,00
(7)	Kraftstoffpreis	€/l		1,00	1,00
(8)	Ölverbrauch	l/h		0,00	0,70
(9)	Ölpreis	€/l		3,00	3,00
(10)	Reparatur	€/ha / €/h		30,00	32,00
(11)	Zinssatz	%		4,00	4,00
(12)	<i>Fixe Kosten</i>				
(13)	Abschreibung	€/a	(1)/(2)	11.250,00	42.500,00
(14)	Zinskosten	€/a	(1)*(11)/100/2	1.800,00	6.800,00
(15)	Versicherung	€/a		0,00	97,00
(16)	<i>Variable Kosten</i>				
(17)	Kraftstoffkosten	€/a	... / (5)*(6)*(7)	0,00	28.000,00
(18)	Schmiermittelkosten	€/a	... / (5)*(8)*(9)	0,00	840,00
(19)	Reparaturkosten	€/a	(4)*(10) / (5)*(10)	2.100,00	12.800,00
(20)	Maschinenkosten	€/a	(13)+(14)+(15)+(17)+(18)+(19)	15.150,00	91.037,00
(21)	Lohnkosten	€/h		0,00	15,15
(22)		€/a	... / (5)*(21)	0,00	6.060,00
(23)	Gesamtkosten	€/a	(20)+(22)	15.150,00	97.097,00
(24)		€/h	(23)/(5)	151,50	242,74
(25)		€/ha	(23)/(4)	216,43	346,78
(26)		€/ha	(25)_Spalte5+(25)_Spalte6		563,21

Quelle: eigene Darstellung nach KTBL (2015)

Anhang 4.14: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Ernte Mäh Hacker

Zeile	Bezeichnung	Einheit	Rechengang	Mäh Hacker	Traktor
(0)	Spalte 2	Spalte 3	Spalte 4	Spalte 5	Spalte 6
(1)	Anschaffungspreis	€		50.000,00	166.000,00
(2)	Nutzungsdauer	a		8,00	12,00
(3)	Maschineneinsatzzeit	h/ha		2,00	2,00
(4)	Jahresauslastung	ha/a	... / (5)/(3)	70,00	416,50
(5)		h/a	(3)*(4) / ...	140,00	833,00
(6)	Kraftstoffverbrauch	l/h		0,00	18,30
(7)	Kraftstoffpreis	€/l		1,00	1,00
(8)	Ölverbrauch	l/h		0,00	0,18
(9)	Ölpreis	€/l		3,00	3,00
(10)	Reparatur	€/ha / €/h		30,00	8,60
(11)	Zinssatz	%		4,00	4,00
(12)	<i>Fixe Kosten</i>				
(13)	Abschreibung	€/a	(1)/(2)	6.250,00	13.833,33
(14)	Zinskosten	€/a	(1)*(11)/100/2	1.000,00	3.320,00
(15)	Versicherung	€/a		0,00	442,00
(16)	<i>Variable Kosten</i>				
(17)	Kraftstoffkosten	€/a	... / (5)*(6)*(7)	0,00	15.243,90
(18)	Schmiermittelkosten	€/a	... / (5)*(8)*(9)	0,00	457,32
(19)	Reparaturkosten	€/a	(4)*(10) / (5)*(10)	2.100,00	7.163,80
(20)	Maschinenkosten	€/a	(13)+(14)+(15)+(17)+(18)+(19)	9.350,00	40.460,35
(21)	Lohnkosten	€/h		0,00	15,15
(22)		€/a	... / (5)*(21)	0,00	12.619,95
(23)	Gesamtkosten	€/a	(20)+(22)	9.350,00	53.080,30
(24)		€/h	(23)/(5)	66,79	63,72
(25)		€/ha	(23)/(4)	133,57	127,44
(26)		€/ha	(25)_Spalte5+(25)_Spalte6		261,01

Quelle: eigene Darstellung nach KTBL (2015)

Anhang 4.15: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Ernte Mähsammler

Zeile	Bezeichnung	Einheit	Rechengang	Mähsammler	Traktor
(0)	<i>Spalte 2</i>	<i>Spalte 3</i>	<i>Spalte 4</i>	<i>Spalte 5</i>	<i>Spalte 6</i>
(1)	Anschaffungspreis	€		215.000,00	216.000,00
(2)	Nutzungsdauer	a		8,00	12,00
(3)	Maschineneinsatzzeit	h/ha		1,85	1,85
(4)	Jahresauslastung	ha/a	... / (5)/(3)	70,00	449,82
(5)		h/a	(3)*(4) / ...	129,63	833,00
(6)	Kraftstoffverbrauch	l/h		0,00	25,00
(7)	Kraftstoffpreis	€/l		1,00	1,00
(8)	Ölverbrauch	l/h		0,00	0,25
(9)	Ölpreis	€/l		3,00	3,00
(10)	Reparatur	€/ha / €/h		40,00	9,50
(11)	Zinssatz	%		4,00	4,00
(12)	<i>Fixe Kosten</i>				
(13)	Abschreibung	€/a	(1)/(2)	26.875,00	18.000,00
(14)	Zinskosten	€/a	(1)*(11)/100/2	4.300,00	4.320,00
(15)	Versicherung	€/a		0,00	442,00
(16)	<i>Variable Kosten</i>				
(17)	Kraftstoffkosten	€/a	... / (5)*(6)*(7)	0,00	20.825,00
(18)	Schmiermittelkosten	€/a	... / (5)*(8)*(9)	0,00	624,75
(19)	Reparaturkosten	€/a	(4)*(10) / (5)*(10)	2.800,00	7.913,50
(20)	Maschinenkosten	€/a	(13)+(14)+(15)+(17)+(18)+(19)	33.975,00	52.125,25
(21)	Lohnkosten	€/h		0,00	15,15
(22)		€/a	... / (5)*(21)	0,00	12.619,95
(23)	Gesamtkosten	€/a	(20)+(22)	33.975,00	64.745,20
(24)		€/h	(23)/(5)	262,09	77,73
(25)		€/ha	(23)/(4)	485,36	143,94
(26)		€/ha	(25)_Spalte5+(25)_Spalte6		629,30

Quelle: eigene Darstellung nach KTBL (2015)

Anhang 4.16: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Ernte Harvester und Rücken Forwarder

Zeile	Bezeichnung	Einheit	Rechengang	Harvester	Forwarder
(0)	<i>Spalte 2</i>	<i>Spalte 3</i>	<i>Spalte 4</i>	<i>Spalte 5</i>	<i>Spalte 6</i>
(1)	Anschaffungspreis	€		450.000,00	250.000,00
(2)	Nutzungsdauer	a		6,00	6,00
(3)	Maschineneinsatzzeit	h/ha		13,00	4,00
(4)	Jahresauslastung	ha/a	(5)/(3)	115,38	375,00
(5)		h/a		1.500,00	1.500,00
(6)	Kraftstoffverbrauch	l/h		16,00	9,00
(7)	Kraftstoffpreis	€/l		1,00	1,00
(8)	Ölverbrauch	l/h		1,33	0,45
(9)	Ölpreis	€/l		3,00	3,00
(10)	Reparatur	€/h		35,35	16,10
(11)	Zinssatz	%		4,00	4,00
(12)	<i>Fixe Kosten</i>				
(13)	Abschreibung	€/a	(1)/(2)	75.000,00	41.666,67
(14)	Zinskosten	€/a	(1)*(11)/100/2	9.000,00	5.000,00
(15)	Versicherung	€/a		55.000,00	37.000,00
(16)	<i>Variable Kosten</i>				
(17)	Kraftstoffkosten	€/a	(5)*(6)*(7)	24.000,00	13.500,00
(18)	Schmiermittelkosten	€/a	(5)*(8)*(9)	5.985,00	2.025,00
(19)	Reparaturkosten	€/a	(5)*(10)	53.025,00	24.150,00
(20)	Maschinenkosten	€/a	(13)+(14)+(15)+(17)+(18)+(19)	222.010,00	123.341,67
(21)	Lohnkosten	€/h		18,15	18,15
(22)		€/a	(5)*(21)	27.225,00	27.225,00
(23)	Gesamtkosten	€/a	(20)+(22)	249.235,00	150.566,67
(24)		€/h	(23)/(5)	166,16	100,38
(25)		€/ha	(23)/(4)	2.160,04	401,51
(26)		€/ha	(25)_Spalte5+(25)_Spalte6		2.561,55

Quelle: eigene Darstellung nach KWF (2013: 26)

Anhang 4.17: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Ernte Motorsäge und Rücken Teleskoplader (1. Umtrieb)

Zeile	Bezeichnung	Einheit	Rechengang	Fälltrupp	Tele-Lader
(0)	<i>Spalte 2</i>	<i>Spalte 3</i>	<i>Spalte 4</i>	<i>Spalte 5</i>	<i>Spalte 6</i>
(1)	Anschaffungspreis	€		500,00	92.500,00
(2)	Nutzungsdauer	a		4,00	12,00
(3)	Maschineneinsatzzeit	h/ha		21,00	21,00
(4)	Jahresauslastung	ha/a	(5)/(3)	17,86	39,67
(5)		h/a		375,00	833,00
(6)	Personalbedarf	n		2,00	1,00
(7)	Kraftstoffverbrauch	l/h		1,40	9,30
(8)	Kraftstoffpreis	€/l		1,50	1,00
(9)	Ölverbrauch	l/h		0,56	0,09
(10)	Ölpreis	€/l		3,00	3,00
(11)	Reparatur	€/h		3,05	4,00
(12)	Zinssatz	%		4,00	4,00
(13)	<i>Fixe Kosten</i>				
(14)	Abschreibung	€/a	(1)/(2)	125,00	7.708,33
(15)	Zinskosten	€/a	(1)*(12)/100/2	10,00	1.850,00
(16)	Versicherung	€/a		0,00	100,00
(17)	<i>Variable Kosten</i>				
(18)	Kraftstoffkosten	€/a	(5)*(7)*(8)	787,50	7.746,90
(19)	Schmiermittelkosten	€/a	(5)*(9)*(10)	630,00	232,41
(20)	Reparaturkosten	€/a	(5)*(11)	1.143,75	3.332,00
(21)	Maschinenkosten	€/a	(14)+(15)+(16)+(18)+(19)+(20)	2.696,25	20.969,64
(22)	Lohnkosten	€/h		15,15	15,15
(23)		€/a	(5)*(6)*(22)	11.362,50	12.619,95
(24)	Gesamtkosten	€/a	(21)+(23)	14.058,75	33.589,59
(25)		€/h	(24)/(5)	37,49	40,32
(26)		€/ha	(24)/(4)	787,29	846,80
(27)		€/ha	(26)_Spalte5+(26)_Spalte6		1.634,09

Quelle: eigene Darstellung nach KTBL (2015)

Anhang 4.18: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Ernte Motorsäge und Rücken Teleskoplader (2. Umtrieb)

Zeile	Bezeichnung	Einheit	Rechengang	Fälltrupp	Tele-Lader
(0)	<i>Spalte 2</i>	<i>Spalte 3</i>	<i>Spalte 4</i>	<i>Spalte 5</i>	<i>Spalte 6</i>
(1)	Anschaffungspreis	€		500,00	92.500,00
(2)	Nutzungsdauer	a		4,00	12,00
(3)	Maschineneinsatzzeit	h/ha		42,00	21,00
(4)	Jahresauslastung	ha/a	(5)/(3)	8,93	39,67
(5)		h/a		375,00	833,00
(6)	Personalbedarf	n		2,00	1,00
(7)	Kraftstoffverbrauch	l/h		1,40	9,30
(8)	Kraftstoffpreis	€/l		1,50	1,00
(9)	Ölverbrauch	l/h		0,56	0,09
(10)	Ölpreis	€/l		3,00	3,00
(11)	Reparatur	€/h		3,05	4,00
(12)	Zinssatz	%		4,00	4,00
(13)	<i>Fixe Kosten</i>				
(14)	Abschreibung	€/a	(1)/(2)	125,00	7.708,33
(15)	Zinskosten	€/a	(1)*(12)/100/2	10,00	1.850,00
(16)	Versicherung	€/a		0,00	100,00
(17)	<i>Variable Kosten</i>				
(18)	Kraftstoffkosten	€/a	(5)*(7)*(8)	787,50	7.746,90
(19)	Schmiermittelkosten	€/a	(5)*(9)*(10)	630,00	232,41
(20)	Reparaturkosten	€/a	(5)*(11)	1.143,75	3.332,00
(21)	Maschinenkosten	€/a	(14)+(15)+(16)+(18)+(19)+(20)	2.696,25	20.969,64
(22)	Lohnkosten	€/h		15,15	15,15
(23)		€/a	(5)*(6)*(22)	11.362,50	12.619,95
(24)	Gesamtkosten	€/a	(21)+(23)	14.058,75	33.589,59
(25)		€/h	(24)/(5)	37,49	40,32
(26)		€/ha	(24)/(4)	1.574,58	846,80
(27)		€/ha	(26)_Spalte5+(26)_Spalte6		2.421,38

Quelle: eigene Darstellung nach KTBL (2015)

Anhang 4.19: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Transport im Parallelverfahren (Häckselguttransportwagen)

Zeile	Bezeichnung	Einheit	Rechengang	Anhänger
(0)	<i>Spalte 2</i>	<i>Spalte 3</i>	<i>Spalte 4</i>	<i>Spalte 5</i>
(1)	Anschaffungspreis	€		54.000,00
(2)	Nutzungsdauer	a		10,00
(3)	Jahresauslastung	t/a		12.100,00
(4)	Kraftstoffverbrauch	l/h		0,00
(5)	Kraftstoffpreis	€/l		1,00
(6)	Ölverbrauch	l/h		0,00
(7)	Ölpreis	€/l		3,00
(8)	Reparatur	€/t		0,20
(9)	Zinssatz	%		4,00
(10)	<i>Fixe Kosten</i>			
(11)	Abschreibung	€/a	(1)/(2)	5.400,00
(12)	Zinskosten	€/a	(1)*(9)/100/2	1.080,00
(13)	Versicherung	€/a		41,00
(14)	<i>Variable Kosten</i>			
(15)	Kraftstoffkosten	€/a		0,00
(16)	Schmiermittelkosten	€/a		0,00
(17)	Reparaturkosten	€/a	(3)*(8)	2.420,00
(18)	Maschinenkosten	€/a	(11)+(12)+(13)+(15)+(16)+(17)	8.941,00
(19)	Lohnkosten	€/h		0,00
(20)		€/a		0,00
(21)	Gesamtkosten	€/a	(18)+(20)	8.941,00
(22)		€/t	(21)/(3)	0,74

Quelle: eigene Darstellung nach KTBL (2015)

Anhang 4.20: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Transport im Parallelverfahren (Zugmaschine)

Zeile	Bezeichnung	Einheit	Rechengang	Traktor
(0)	<i>Spalte 2</i>	<i>Spalte 3</i>	<i>Spalte 4</i>	<i>Spalte 5</i>
(1)	Anschaffungspreis	€		166.000,00
(2)	Nutzungsdauer	a		12,00
(3)	Jahresauslastung	h/a		833,00
(4)	Kraftstoffverbrauch	l/h		18,30
(5)	Kraftstoffpreis	€/l		1,00
(6)	Ölverbrauch	l/h		0,18
(7)	Ölpreis	€/l		3,00
(8)	Reparatur	€/h		8,60
(9)	Zinssatz	%		4,00
(10)	<i>Fixe Kosten</i>			
(11)	Abschreibung	€/a	(1)/(2)	13.833,33
(12)	Zinskosten	€/a	(1)*(9)/100/2	3.320,00
(13)	Versicherung	€/a		442,00
(14)	<i>Variable Kosten</i>			
(15)	Kraftstoffkosten	€/a	(3)*(4)*(5)	15.243,90
(16)	Schmiermittelkosten	€/a	(3)*(6)*(7)	457,32
(17)	Reparaturkosten	€/a	(3)*(8)	7.163,80
(18)	Maschinenkosten	€/a	(11)+(12)+(13)+(15)+(16)+(17)	40.460,35
(19)	Lohnkosten	€/h		15,15
(20)		€/a	(3)*(19)	12.619,95
(21)	Gesamtkosten	€/a	(18)+(20)	53.080,30
(22)		€/h	(21)/(3)	63,72

Quelle: eigene Darstellung nach KTBL (2015)

Anhang 4.21: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Zwischenlagerung Ganzbäume

Zeile	Bezeichnung	Einheit	Rechengang	Vierjährig	Achtjährig
(0)	<i>Spalte 2</i>	<i>Spalte 3</i>	<i>Spalte 4</i>	<i>Spalte 5</i>	<i>Spalte 6</i>
(1)	Gewinn Ackerbau	€/ha		200,00	200,00
(2)	Flächenprämie	€/ha		250,00	250,00
(3)	Kosten Unterbau	€/ha		0,00	450,00
(4)	Kosten Räumung	€/ha		100,00	100,00
(5)	Faktor Flächenbedarf			0,20	0,15
(6)	Gesamtkosten¹⁾	€/ha	$((1)+(2)+(3)+(4))*(5)$	110,00	150,00

¹⁾ für eine Stückzahl von 10.000 Bäumen je Hektar

Quelle: eigene Darstellung nach HERING et al. (2013: 24)

Anhang 4.22: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Hacken der Ganzbäume

Zeile	Bezeichnung	Einheit	Rechengang	Hacker	Traktor
(0)	<i>Spalte 2</i>	<i>Spalte 3</i>	<i>Spalte 4</i>	<i>Spalte 5</i>	<i>Spalte 6</i>
(1)	Anschaffungspreis	€		230.000,00	258.000,00
(2)	Nutzungsdauer	a		10,00	12,00
(3)	Jahresauslastung	h/a		500,00	833,00
(4)	Kraftstoffverbrauch	l/h		0,00	32,10
(5)	Kraftstoffpreis	€/l		1,00	1,00
(6)	Ölverbrauch	l/h		0,00	0,32
(7)	Ölpreis	€/l		3,00	3,00
(8)	Reparatur	€/h		30,00	10,30
(9)	Zinssatz	%		4,00	4,00
(10)	<i>Fixe Kosten</i>				
(11)	Abschreibung	€/a	(1)/(2)	23.000,00	21.500,00
(12)	Zinskosten	€/a	(1)*(9)/100/2	4.600,00	5.160,00
(13)	Versicherung	€/a		100,00	442,00
(14)	<i>Variable Kosten</i>				
(15)	Kraftstoffkosten	€/a	... / (3)*(4)*(5)	0,00	26.739,30
(16)	Schmiermittelkosten	€/a	... / (3)*(6)*(7)	0,00	802,18
(17)	Reparaturkosten	€/a	(3)*(8)	15.000,00	8.579,90
(18)	Maschinenkosten	€/a	(11)+(12)+(13)+(15)+(16)+(17)	42.700,00	63.223,38
(19)	Lohnkosten	€/h		0,00	15,15
(20)		€/a	... / (3*19)	0,00	12.619,95
(21)	Gesamtkosten	€/a	(18)+(20)	42.700,00	75.843,33
(22)		€/h	(21)/(3)	85,40	91,05

Quelle: eigene Darstellung nach KTBL (2015)

Anhang 4.23: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme solare Hackschnitzeltrocknung (Lagerhalle und Solarkollektoren)

Zeile	Bezeichnung	Einheit	Rechengang	Lagerhalle	Kollektoren
(0)	<i>Spalte 2</i>	<i>Spalte 3</i>	<i>Spalte 4</i>	<i>Spalte 5</i>	<i>Spalte 6</i>
(1)	Anschaffungspreis	€		130.200,00	60.000,00
(2)	Nutzungsdauer	a		30,00	15,00
(3)	Zinssatz	%		4,00	4,00
(4)	Versicherung	%		0,20	0,20
(5)	Reparatur	%		1,00	2,00
(6)	<i>Fixe Kosten</i>				
(7)	Abschreibung	€/a	(1)/(2)	4.340,00	4.000,00
(8)	Zinskosten	€/a	(1)*(3)/100/2	2.604,00	1.200,00
(9)	Versicherung	€/a	(1)*(4)/100	260,40	120,00
(10)	<i>Variable Kosten</i>				
(11)	Reparatur	€/a	(1)*(5)/100	1.302,00	1.200,00
(12)	Gesamtkosten	€/a	(7)+(8)+(9)+(11)	8.506,40	6.520,00

Quelle: eigene Darstellung nach MEYER (2010); CONA (2015)

Anhang 4.24: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme solare Hackschnitzeltrocknung (Gesamtbewertung)

Zeile	Bezeichnung	Einheit	Rechengang	Wert
(0)	<i>Spalte 2</i>	<i>Spalte 3</i>	<i>Spalte 4</i>	<i>Spalte 5</i>
(1)	Gebäudekosten	€/a	<i>siehe 4.23 (12)</i>	15.026,40
(2)	Betriebskosten	€/Srm		1,00
(3)	Lagerkapazität	Srm		240,00
(4)	Trocknungstage gesamt	d/a		240,00
(5)	Trocknungsdauer WG55-WG35	d		10,00
(6)	Trocknungsdauer WG55-WG15	d		20,00
(7)	Durchgänge WG55-WG35	n/a	(4)/(5)	24,00
(8)	Durchgänge WG55-WG15	n/a	(4)/(6)	12,00
(9)	Jahreskapazität WG55-WG35	Srm/a	(3)*(7)	5.760,00
(10)	Jahreskapazität WG55-WG15	Srm/a	(3)*(8)	2.880,00
(11)	Umrechnung t (atro) : Srm			7,145
(12)	Trocknungskosten	€/Srm	(1)/(9)+(2)	3,61
(13)	WG55-WG35	€/t _{atro}	(11)*(12)	25,78
(14)	Trocknungskosten	€/Srm	(1)/(10)+(2)	6,22
(15)	WG55-WG15	€/t _{atro}	(11)*(14)	44,42

Quelle: eigene Darstellung nach CONA (2015)

Anhang 4.25: Nährstoffentzüge von Pappeln bei unterschiedlichen Standzeiten und einem mittleren jährlichen Ertragszuwachs von zehn Tonnen (atro) je Hektar (Werte in Kilogramm je Hektar)

Zeile	Bezeichnung	Rechengang	N	P₂O₅	K₂O	MgO	CaO
(0)	<i>Spalte 2</i>	<i>Spalte 3</i>	<i>Spalte 4</i>	<i>Spalte 5</i>	<i>Spalte 6</i>	<i>Spalte 7</i>	<i>Spalte 8</i>
(1)	Jährlicher Entzug		37	14	31	13	76
(2)	Gesamtentzug vierjährig	(1)*4	148	56	124	52	304
(3)	Kalkulierte Düngergabe	(2)*0,75	111	42	93	39	228
(4)	Gesamtentzug achtjährig	(1)*8	296	112	248	104	608
(5)	Kalkulierte Düngergabe	(4)*0,50	148	56	124	52	304

Quelle: eigene Darstellung nach RÖHRICHT und RUSCHER (2004: 13)

Anhang 4.26: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Düngung

Zeile	Bezeichnung	Einheit	Rechengang	Vierjährig	Achtjährig
(0)	<i>Spalte 2</i>	<i>Spalte 3</i>	<i>Spalte 4</i>	<i>Spalte 5</i>	<i>Spalte 6</i>
(1)	Düngebedarf NPK	kg/ha	<i>siehe 4.25 (3) und (5)¹⁾</i>	467,00	622,00
(2)	Düngebedarf Ca	kg/ha	<i>siehe 4.25 (3) und (5)²⁾</i>	430,00	574,00
(3)	Preis NPK-Dünger	€/kg		0,35	0,35
(4)	Preis Ca-Dünger	€/kg		0,02	0,02
(5)	Gesamtkosten	€/ha	$(1)*(3)+(2)*(4)+(2*10)^3$	192,05	249,18
(6)		€/t _{atro}	$(5)/40 / (5)/80$	4,80	3,11

¹⁾ Bei einem P₂O₅-Anteil von 9 Prozent (bzw. 90 kg je 1.000 kg Dünger) muss eine Menge von 467 bzw. 622 kg NPK-Dünger ausgebracht werden, um den ermittelten Entzug ausgleichen zu können.

²⁾ Bei einem CaO-Anteil von 53 Prozent (bzw. 530 kg je 1.000 kg Dünger) muss eine Menge von 430 bzw. 574 kg CaO-Dünger ausgebracht werden, um den ermittelten Entzug ausgleichen zu können.

³⁾ Die Ausbringung der beiden Düngemittel erfolgt getrennt, es werden jeweils Kosten von 10 Euro je Hektar angesetzt.

Quelle: eigene Darstellung

Anhang 4.27: Ermittlung der Gesamtkosten der Maßnahme Rückwandlung

Zeile	Bezeichnung	Einheit	Rechengang	Rodungsfräse	Traktor
(0)	Spalte 2	Spalte 3	Spalte 4	Spalte 5	Spalte 6
(1)	Anschaffungspreis	€		150.000,00	166.000,00
(2)	Nutzungsdauer	a		15,00	12,00
(3)	Maschineneinsatzzeit	h/ha		10,00	10,00
(4)	Jahresauslastung	ha/a	... / (5)/(3)	50,00	83,30
(5)		h/a	(3)*(4) / ...	500,00	833,00
(6)	Kraftstoffverbrauch	l/h		0,00	55,00
(7)	Kraftstoffpreis	€/l		1,00	1,00
(8)	Ölverbrauch	l/h		0,00	0,50
(9)	Ölpreis	€/l		3,00	3,00
(10)	Reparatur	€/ha / €/h		50,00	8,60
(11)	Zinssatz	%		4,00	4,00
(12)	<i>Fixe Kosten</i>				
(13)	Abschreibung	€/a	(1)/(2)	10.000,00	13.833,33
(14)	Zinskosten	€/a	(1)*(11)/100/2	3.000,00	3.320,00
(15)	Versicherung	€/a		0,00	442,00
(16)	<i>Variable Kosten</i>				
(17)	Kraftstoffkosten	€/a	... / (5)*(6)*(7)	0,00	45.815,00
(18)	Schmiermittelkosten	€/a	... / (5)*(8)*(9)	0,00	1.249,50
(19)	Reparaturkosten	€/a	(4)*(10) / (5)*(10)	2.500,00	7.163,80
(20)	Maschinenkosten	€/a	(13)+(14)+(15)+(17)+(18)+(19)	15.500,00	71.823,63
(21)	Lohnkosten	€/h		0,00	15,15
(22)		€/a	... / (5)*(21)	0,00	12.619,95
(23)	Gesamtkosten	€/a	(20)+(22)	15.500,00	84.443,58
(24)		€/h	(23)/(5)	31,00	101,37
(25)		€/ha	(23)/(4)	310,00	1.013,73
(26)		€/ha	(25)_Spalte5+(25)_Spalte6		1.323,73

Quelle: eigene Darstellung nach KTBL (2015)

Anhang 4.28: Übersicht zur Preisentwicklung von Hackschnitzeln aus Kurzumtriebsplantagen

Jahr	Quartal	Preis C.A.R.M.E.N. €/t _{WG35} (brutto)	Preis €/t _{atro} (netto)
2012	1.	93,66	130,74
	2.	96,92	135,29
	3.	104,66	146,10
	4.	106,50	148,66
2013	1.	88,52	123,57
	2.	116,06	162,01
	3.	103,93	145,08
	4.	86,38	120,58
2014	1.	96,97	135,36
	2.	94,77	132,29
	3.	104,69	146,14
	4.	97,27	135,78
2015	1.	89,41	124,81
	2.	...	...
	3.	...	...
	4.	...	...
Mittelwert		98,44	137,42

Anmerkungen:

Mehrwertsteuer Hackschnitzel 19 Prozent

Heizwert Laubholz Wassergehalt 0 Prozent gleich 5,00 Kilowattstunden je Kilogramm

Heizwert Laubholz Wassergehalt 35 Prozent gleich 3,01 Kilowattstunden je Kilogramm

Berechnung: $(98,44 / 1,19) * (5,00 / 3,01) = 137,42$

Quelle: C.A.R.M.E.N. (2015)

Anhang 4.29: Berechnung der Hackschnitzelpreise bei unterschiedlichen Wassergehalten auf der Basis Tonne (atro)

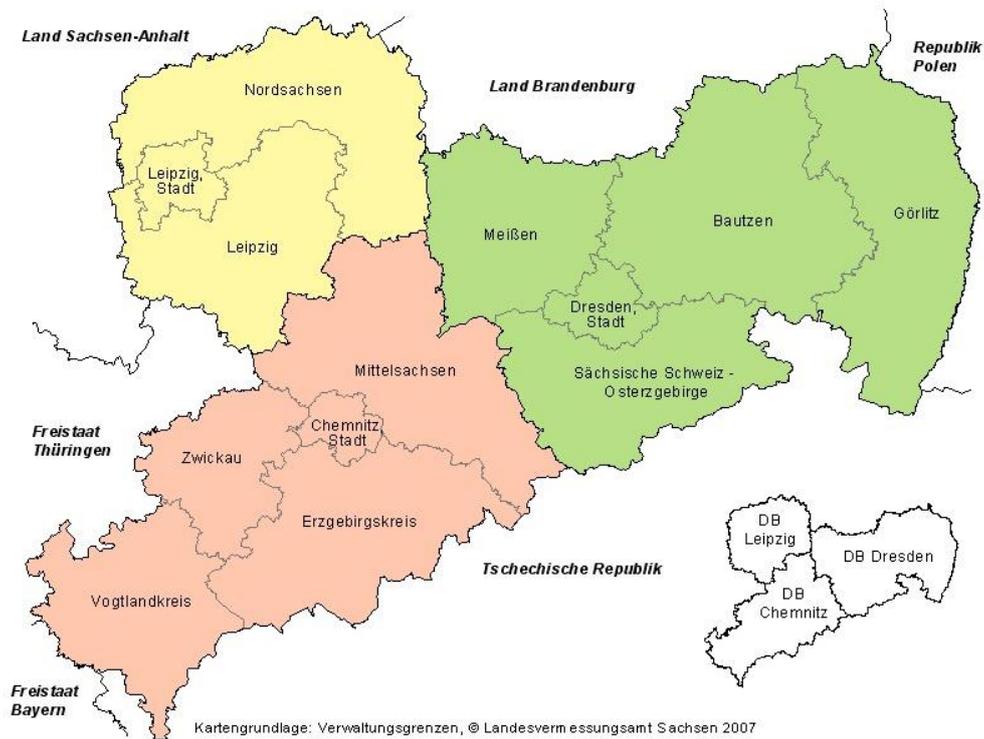
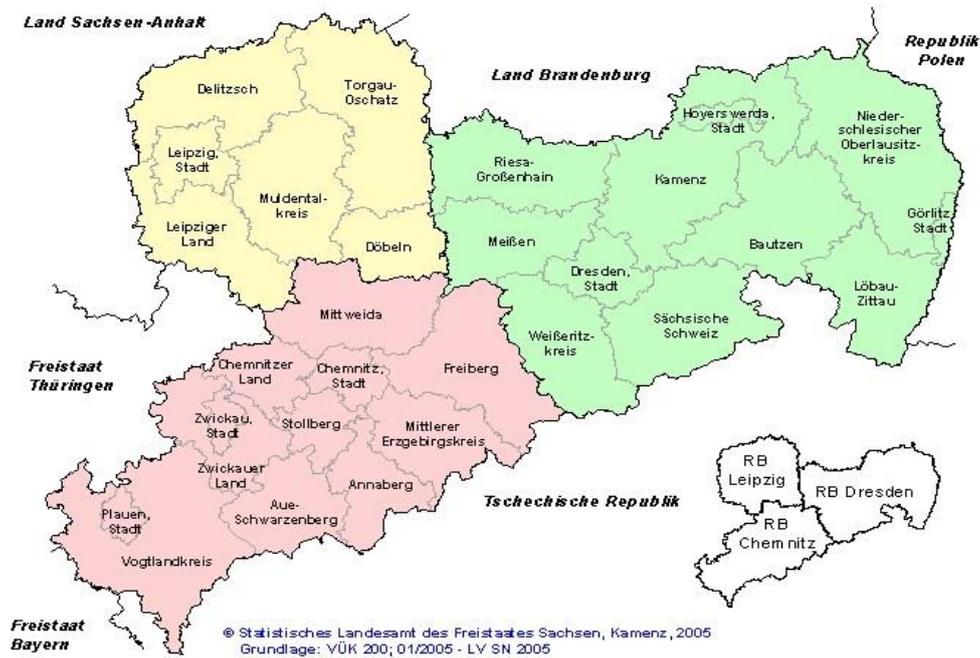
Zeile	Bezeichnung	Einheit	Rechengang	WG 55	WG 35	WG 15
(0)	<i>Spalte 2</i>	<i>Spalte 3</i>	<i>Spalte 4</i>	<i>Spalte 5</i>	<i>Spalte 6</i>	<i>Spalte 7</i>
(1)	Preis Gerold & Schneider brutto	€/t _{atro}		99,00	130,00	160,00
(2)	Preis Gerold & Schneider netto	€/t _{atro}	(1)Sp.5,6,7/1,19 ¹⁾	83,19	109,24	134,45
(3)	Faktor zur Basis WG 35		(2)Sp.5,6,7/(2)Sp.6	0,76	1,00	1,23
(4)	Preismittel C.A.R.M.E.N. brutto	€/t _{WG35}		...	98,44	...
(5)	Preismittel C.A.R.M.E.N. netto	€/t _{WG35}	(4)Sp.6/1,19	...	82,72	...
(6)	Preisableitung Heizwert WG 35	€/t _{atro}	(5)Sp.6*(5,00 ²⁾ /3,01 ³⁾	...	137,42	...
(7)	Preisableitung Heizwert WG 55;15	€/t _{atro}	(3)Sp.5 bzw. 7*(6)Sp.6	104,64	...	169,12

¹⁾ Mehrwertsteuer Hackschnitzel 19 Prozent

²⁾ Heizwert Laubholz Wassergehalt 0 Prozent gleich 5,00 Kilowattstunden je Kilogramm

³⁾ Heizwert Laubholz Wassergehalt 35 Prozent gleich 3,01 Kilowattstunden je Kilogramm

Quelle: GEROLD und SCHNEIDER (2013: 89f)



Anhang 4.30: Landkreise und kreisfreie Städte im Freistaat Sachsen vor (oben) und nach (unten) der Kreisneugliederung im Jahr 2008

Quelle: STATISTISCHES LANDESAMT SACHSEN (2015b) und (2015c)

Anhang 4.31: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Annaberg

Gemeinde	Ackerzahl	Vierjähriger Umtrieb ¹⁾			Achtjähriger Umtrieb ¹⁾		
		Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung	Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung ²⁾
Annaberg-Buchholz	27	2,4738	5,7208	2,3126	6,3039	12,6079	2,0000
Bärenstein ³⁾	22	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Crottendorf	27	2,5149	5,7677	2,2934	6,3515	12,7029	2,0000
Ehrenfriedersdorf	31	2,5137	5,7663	2,2939	6,3500	12,7000	2,0000
Elterlein	25	2,1868	5,3934	2,4664	5,9645	11,9291	2,0000
Gelenau/Erzg.	29	2,5495	5,8071	2,2778	6,3913	12,7381	1,9930
Geyer	25	2,2632	5,4806	2,4216	6,0563	12,1127	2,0000
Jöhstadt	26	2,3455	5,5744	2,3767	6,1540	12,3079	2,0000
Königswalde	26	2,3199	5,5452	2,3903	6,1237	12,2474	2,0000
Mildenau	28	2,3946	5,6305	2,3513	6,2116	12,4232	2,0000
Oberwiesenthal	22	2,3445	5,5733	2,3772	6,1527	12,3054	2,0000
Scheibenberg	23	2,2622	5,4794	2,4222	6,0551	12,1102	2,0000
Schlettau	26	2,2891	5,5101	2,4071	6,0871	12,1742	2,0000
Sehmatal	24	2,3712	5,6038	2,3633	6,1842	12,3684	2,0000
Tannenberg	35	2,7376	6,0217	2,1996	6,6047	12,7118	1,9247
Thum	27	2,5990	5,8636	2,2561	6,4480	12,7288	1,9741
Wiesenbad	31	2,4018	5,6387	2,3477	6,2201	12,4402	2,0000

¹⁾ Angaben der Biomasseerträge (Umtrieb 1 und 2) in Tonne (atro) je Hektar und Jahr

²⁾ Steigerungsfaktor größer 2; für die Berechnung wird entsprechend der Wert 2,0000 angenommen

³⁾ nach Angaben der Statistik kein Ackerland in der Gemeinde vorhanden

Quelle: HORN (2015)

Anhang 4.32: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Aue-Schwarzenberg

Gemeinde	Ackerzahl	Vierjähriger Umtrieb ¹⁾			Achtjähriger Umtrieb ¹⁾		
		Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung	Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung ²⁾
Aue	34	3,1196	6,4574	2,0699	7,0246	12,7229	1,8112
Grünhain-Beierfeld	26	2,1948	5,4026	2,4615	5,9742	11,9484	2,0000
Bernsbach	26	2,5726	5,8335	2,2675	6,4178	12,7336	1,9841
Bockau ³⁾	22	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Breitenbrunn/Erzg. ³⁾	22	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Eibenstock	15	2,8210	6,1168	2,1683	6,6979	12,7077	1,8973
Erlabrunn ³⁾	16	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Johanngeorgenstadt ³⁾	21	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Lauter/Sachsen ³⁾	29	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Lößnitz	30	2,6707	5,9454	2,2261	6,5294	12,7184	1,9479
Markersbach	26	2,3225	5,5482	2,3889	6,1268	12,2536	2,0000
Pöhl ³⁾	24	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Raschau	28	2,4425	5,6851	2,3276	6,2675	12,5351	2,0000
Rittersgrün ³⁾	18	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Schlema	31	2,2631	5,4805	2,4217	6,0562	12,1124	2,0000
Schneeberg	30	2,8961	6,2025	2,1417	6,7810	12,7073	1,8740
Schönheide ³⁾	17	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Schwarzenberg/Erzg.	28	2,3714	5,6040	2,3632	6,1845	12,3689	2,0000
Sosa	15	2,2622	5,4794	2,4222	6,0551	12,1102	2,0000
Stützengrün ³⁾	17	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Zschorlau	23	2,6818	5,9580	2,2217	6,5420	12,7172	1,9439

¹⁾ Angaben der Biomasseerträge (Umtrieb 1 und 2) in Tonne (atro) je Hektar und Jahr

²⁾ Steigerungsfaktor größer 2; für die Berechnung wird entsprechend der Wert 2,0000 angenommen

³⁾ nach Angaben der Statistik kein Ackerland in der Gemeinde vorhanden

Quelle: HORN (2015)

Anhang 4.33: Parameter der Biomassertragsschätzung Landkreis Bautzen

Gemeinde	Ackerzahl	Vierjähriger Umtrieb ¹⁾			Achtjähriger Umtrieb ¹⁾		
		Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung	Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung ²⁾
Bautzen	57	5,4537	9,1196	1,6722	9,3232	13,6414	1,4632
Bischofswerda	44	4,7404	8,3060	1,7522	8,6581	13,2742	1,5332
Burkau	53	5,5489	9,2282	1,6631	9,4101	13,6934	1,4552
Crosta	42	3,0806	6,4129	2,0817	6,9825	12,7185	1,8215
Cunewalde	39	3,4103	6,7889	1,9907	7,3334	12,7739	1,7419
Demitz-Thumitz	48	5,2138	8,8460	1,6967	9,1024	13,5131	1,4846
Doberschau-Gaußig	44	4,8855	8,4715	1,7340	8,7955	13,3451	1,5173
Frankenthal	46	4,8912	8,4780	1,7333	8,8009	13,3480	1,5167
Göda	59	6,0075	9,7513	1,6232	9,8231	13,9516	1,4203
Großdubrau	32	1,8557	5,0158	2,7029	5,5541	11,1081	2,0000
Großharthau	45	4,8751	8,4597	1,7353	8,7857	13,3400	1,5184
Großpostwitz/O.L.	49	4,3411	7,8506	1,8084	8,2733	13,0916	1,5824
Guttau	28	1,9724	5,1489	2,6105	5,7013	11,4027	2,0000
Hochkirch	52	5,0171	8,6216	1,7185	8,9192	13,4113	1,5036
Kirschau	48	3,6343	7,0444	1,9383	7,5660	12,8321	1,6960
Königswartha	33	1,6649	4,7982	2,8820	5,3062	10,6125	2,0000
Kubschütz	49	4,5624	8,1030	1,7760	8,4878	13,1903	1,5540
Malschwitz	47	4,0886	7,5626	1,8497	8,0249	12,9880	1,6185
Neschwitz	35	2,4850	5,7336	2,3073	6,3169	12,6338	2,0000
Neukirch/Lausitz	37	3,6116	7,0185	1,9433	7,5426	12,8257	1,7004
Obergurig	48	4,6773	8,2341	1,7604	8,5979	13,2441	1,5404
Puschwitz	51	4,3554	7,8669	1,8062	8,2874	13,0979	1,5805
Radibor	36	2,3651	5,5968	2,3664	6,1770	12,3539	2,0000
Rammenau	46	4,6241	8,1734	1,7676	8,5470	13,2190	1,5466
Schirgiswalde	42	3,5994	7,0046	1,9461	7,5300	12,8220	1,7028
Schmölln-Putzkau	43	4,7731	8,3433	1,7480	8,6892	13,2900	1,5295
Sohland a. d. Spree	41	4,0979	7,5732	1,8481	8,0341	12,9916	1,6171
Steinigwolmsdorf	40	4,3249	7,8321	1,8109	8,2575	13,0847	1,5846
Weißenberg	51	4,8789	8,4640	1,7348	8,7892	13,3418	1,5180
Wilthen	39	3,8326	7,2706	1,8970	7,7682	12,8946	1,6599

¹⁾ Angaben der Biomasserträge (Umtrieb 1 und 2) in Tonne (atro) je Hektar und Jahr

²⁾ Steigerungsfaktor größer 2; für die Berechnung wird entsprechend der Wert 2,0000 angenommen

Quelle: HORN (2015)

Anhang 4.34: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Chemnitzer Land

Gemeinde	Ackerzahl	Vierjähriger Umtrieb ¹⁾			Achtjähriger Umtrieb ¹⁾		
		Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung	Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung
Bernsdorf	44	4,9074	8,4965	1,7314	8,8162	13,3560	1,5149
Callenberg	47	5,3813	9,0371	1,6793	9,2569	13,6023	1,4694
Gersdorf	44	5,0184	8,6231	1,7183	8,9204	13,4119	1,5035
Glauchau	49	5,4094	9,0691	1,6765	9,2827	13,6175	1,4670
Hohenstein-Ernstthal	40	4,2147	7,7064	1,8285	8,1495	13,0384	1,5999
Lichtenstein/Sachsen	35	4,0471	7,5153	1,8570	7,9836	12,9720	1,6248
Limbach-Oberfrohna	48	5,7742	9,4852	1,6427	9,6141	13,8188	1,4373
Meerane	56	6,2218	9,9957	1,6066	10,0131	14,0759	1,4057
Niederfrohna	51	5,8732	9,5981	1,6342	9,7031	13,8748	1,4299
Oberlungwitz	44	4,8979	8,4857	1,7325	8,8072	13,3513	1,5160
Oberwiera	57	6,2744	10,0557	1,6027	10,0595	14,1066	1,4023
Remse	50	5,3968	9,0547	1,6778	9,2710	13,6105	1,4681
Schönberg	54	6,0238	9,7699	1,6219	9,8376	13,9609	1,4191
St. Egidien	42	4,6764	8,2330	1,7606	8,5971	13,2437	1,5405
Waldenburg	52	5,8541	9,5763	1,6358	9,6859	13,8640	1,4314

¹⁾ Angaben der Biomasseerträge (Umtrieb 1 und 2) in Tonne (atro) je Hektar und Jahr

Quelle: HORN (2015)

Anhang 4.35: Parameter der Biomassertragsschätzung Landkreis Delitzsch

Gemeinde	Ackerzahl	Vierjähriger Umtrieb ¹⁾			Achtjähriger Umtrieb ¹⁾		
		Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung	Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung ²⁾
Bad Dübén	39	1,6349	4,7639	2,9139	5,2665	10,5330	2,0000
Delitzsch	47	3,0936	6,4277	2,0777	6,9965	12,7199	1,8180
Doberschütz	30	1,3644	4,4554	3,2655	4,8947	9,7894	2,0000
Eilenburg	41	2,5679	5,8281	2,2696	6,4124	12,7344	1,9859
Jesewitz	48	3,6070	7,0133	1,9444	7,5379	12,8243	1,7013
Kossa	38	1,6852	4,8213	2,8610	5,3331	10,6662	2,0000
Krostitz	54	3,8191	7,2552	1,8997	7,7546	12,8902	1,6623
Laußig	36	1,5254	4,6391	3,0412	5,1188	10,2377	2,0000
Löbnitz	34	1,6995	4,8376	2,8465	5,3519	10,7038	2,0000
Neukyhna	77	4,8872	8,4735	1,7338	8,7972	13,3460	1,5171
Rackwitz	63	4,2493	7,7459	1,8229	8,1835	13,0528	1,5950
Schkeuditz	59	4,1545	7,6378	1,8384	8,0902	13,0141	1,6086
Schönwölkau	45	2,9286	6,2395	2,1305	6,8168	12,7080	1,8642
Taucha	54	4,2136	7,7052	1,8286	8,1484	13,0380	1,6001
Wiedemar	69	4,8358	8,4149	1,7401	8,7485	13,3205	1,5226
Zschepplin	39	2,3485	5,5779	2,3751	6,1575	12,3150	2,0000
Zwochau	72	4,8054	8,3802	1,7439	8,7198	13,3057	1,5259

¹⁾ Angaben der Biomasserträge (Umtrieb 1 und 2) in Tonne (atro) je Hektar und Jahr

²⁾ Steigerungsfaktor größer 2; für die Berechnung wird entsprechend der Wert 2,0000 angenommen

Quelle: HORN (2015)

Anhang 4.36: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Döbeln

Gemeinde	Ackerzahl	Vierjähriger Umtrieb ¹⁾			Achtjähriger Umtrieb ¹⁾		
		Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung	Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung
Bockelwitz	71	6,7795	10,6318	1,5682	10,4997	14,4077	1,3722
Döbeln	70	6,7795	10,6318	1,5682	10,4997	14,4077	1,3722
Ebersbach	61	6,3025	10,0878	1,6006	10,0842	14,1232	1,4005
Großweitzschen	71	6,6960	10,5366	1,5736	10,4275	14,3573	1,3769
Hartha	57	5,9188	9,6501	1,6304	9,7439	13,9008	1,4266
Leisnig	68	6,5796	10,4038	1,5812	10,3266	14,2875	1,3836
Mochau	68	6,9793	10,8597	1,5560	10,6714	14,5290	1,3615
Niederstrießis	53	5,6488	9,3422	1,6538	9,5008	13,7486	1,4471
Ostrau	76	6,2642	10,0441	1,6034	10,0505	14,1006	1,4030
Roßwein	57	6,0593	9,8104	1,6191	9,8692	13,9814	1,4167
Waldheim	55	5,9192	9,6506	1,6304	9,7442	13,9010	1,4266
Ziegra-Knobelsdorf	60	6,1412	9,9038	1,6127	9,9419	14,0289	1,4111
Zschaitz-Ottewig	73	6,6224	10,4526	1,5784	10,3637	14,3131	1,3811

¹⁾ Angaben der Biomasseerträge (Umtrieb 1 und 2) in Tonne (atro) je Hektar und Jahr

Quelle: HORN (2015)

Anhang 4.37: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Freiberg

Gemeinde	Ackerzahl	Vierjähriger Umtrieb ¹⁾			Achtjähriger Umtrieb ¹⁾		
		Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung	Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung ²⁾
Augustusburg	38	2,5799	5,8418	2,2644	6,4262	12,7322	1,9813
Bobritzsch	39	3,8602	7,3021	1,8916	7,7961	12,9040	1,6552
Brand-Erbisdorf	35	3,5301	6,9256	1,9619	7,4584	12,8033	1,7166
Dorfchemnitz	29	2,4303	5,6712	2,3335	6,2534	12,5068	2,0000
Eppendorf	34	3,6504	7,0628	1,9348	7,5825	12,8369	1,6930
Falkenau	43	3,5360	6,9323	1,9605	7,4645	12,8049	1,7154
Flöha	41	3,4078	6,7861	1,9913	7,3308	12,7734	1,7424
Frankenstein	40	4,2985	7,8020	1,8151	8,2317	13,0734	1,5882
Frauenstein	32	2,7031	5,9823	2,2131	6,5660	12,7149	1,9365
Freiberg	43	4,3537	7,8650	1,8065	8,2856	13,0970	1,5807
Gahlenz	37	3,9969	7,4580	1,8660	7,9335	12,9530	1,6327
Großhartmannsdorf	33	2,7387	6,0229	2,1992	6,6060	12,7119	1,9243
Großschirma	49	5,1143	8,7325	1,7075	9,0099	13,4611	1,4940
Halsbrücke	47	4,7401	8,3057	1,7522	8,6577	13,2740	1,5332
Hilbersdorf	46	4,2927	7,7954	1,8160	8,2261	13,0710	1,5890
Leubsdorf	40	3,7765	7,2066	1,9083	7,7114	12,8761	1,6697
Lichtenberg/Erzg.	34	3,0812	6,4136	2,0815	6,9831	12,7186	1,8213
Mulda/Sachsen	32	2,4771	5,7246	2,3110	6,3078	12,6156	2,0000
Neuhausen/Erzg.	25	2,2622	5,4794	2,4222	6,0551	12,1102	2,0000
Niederschöna	47	4,8019	8,3762	1,7443	8,7165	13,3040	1,5263
Niederwiesa	48	4,6629	8,2177	1,7623	8,5841	13,2372	1,5421
Oberschöna	43	4,4407	7,9642	1,7935	8,3702	13,1352	1,5693
Oederan	41	3,8497	7,2901	1,8937	7,7856	12,9005	1,6570
Rechenberg-Bienen.	21	2,2622	5,4794	2,4222	6,0551	12,1102	2,0000
Reinsberg	51	5,2717	8,9120	1,6905	9,1559	13,5437	1,4792
Sayda	28	2,4178	5,6569	2,3397	6,2388	12,4777	2,0000
Weißborn/Erzg.	38	3,6464	7,0582	1,9357	7,5784	12,8357	1,6937

¹⁾ Angaben der Biomasseerträge (Umtrieb 1 und 2) in Tonne (atro) je Hektar und Jahr

²⁾ Steigerungsfaktor größer 2; für die Berechnung wird entsprechend der Wert 2,0000 angenommen

Quelle: HORN (2015)

Anhang 4.38: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Kamenz

Gemeinde	Ackerzahl	Vierjähriger Umtrieb ¹⁾			Achtjähriger Umtrieb ¹⁾		
		Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung	Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung ²⁾
Arnsdorf	45	4,0476	7,5158	1,8569	7,9841	12,9722	1,6248
Bernsdorf	26	1,4228	4,5220	3,1783	4,9771	9,9542	2,0000
Bretinig-Hauswalde	52	5,6832	9,3814	1,6507	9,5319	13,7677	1,4444
Crostwitz	58	5,8592	9,5821	1,6354	9,6905	13,8668	1,4310
Elsterheide	22	1,3202	4,4050	3,3366	4,8316	9,6632	2,0000
Elstra	59	5,9434	9,6782	1,6284	9,7658	13,9148	1,4248
Großnaundorf	30	2,2658	5,4835	2,4201	6,0593	12,1187	2,0000
Großröhrsdorf	50	5,6405	9,3327	1,6546	9,4933	13,7440	1,4478
Haselbachtal	46	3,9755	7,4336	1,8699	7,9121	12,9451	1,6361
Kamenz	39	2,7923	6,0841	2,1789	6,6660	12,7087	1,9065
Königsbrück	27	1,5875	4,7099	2,9669	5,2029	10,4058	2,0000
Laußnitz	30	1,6434	4,7736	2,9047	5,2777	10,5553	2,0000
Lauta	24	1,3244	4,4098	3,3297	4,8376	9,6752	2,0000
Leippe-Torno	23	1,3867	4,4809	3,2313	4,9263	9,8525	2,0000
Lichtenberg	41	4,0863	7,5600	1,8501	8,0226	12,9872	1,6188
Lohsa	25	1,3532	4,4426	3,2831	4,8788	9,7576	2,0000
Nebelschütz	48	3,9696	7,4269	1,8709	7,9062	12,9431	1,6371
Neukirch	34	1,7527	4,8983	2,7947	5,4215	10,8429	2,0000
Oberlichtenau	39	3,5896	6,9935	1,9483	7,5199	12,8194	1,7047
Ohorn	49	5,0556	8,6656	1,7141	8,9552	13,4310	1,4998
Oßling	24	1,3502	4,4392	3,2878	4,8745	9,7490	2,0000
Ottendorf-Okrilla	32	1,9245	5,0943	2,6471	5,6413	11,2827	2,0000
Panschwitz-Kuckau	61	6,1455	9,9087	1,6123	9,9457	14,0314	1,4108
Pulsnitz	41	3,9549	7,4101	1,8737	7,8914	12,9376	1,6394
Räckelwitz	55	4,7521	8,3194	1,7507	8,6691	13,2797	1,5318
Radeberg	44	3,5722	6,9736	1,9522	7,5020	12,8146	1,7082
Ralbitz-Rosenthal	31	1,5941	4,7174	2,9593	5,2118	10,4236	2,0000
Schöntheichen	31	1,6805	4,8160	2,8658	5,3268	10,6536	2,0000
Schwepnitz	25	1,3574	4,4474	3,2764	4,8848	9,7697	2,0000
Spreetal	21	1,4617	4,5664	3,1240	5,0312	10,0625	2,0000
Steina	46	4,7812	8,3526	1,7470	8,6968	13,2939	1,5286
Straßgräbchen	23	1,3793	4,4724	3,2425	4,9159	9,8318	2,0000
Wachau	43	3,9802	7,4390	1,8690	7,9168	12,9469	1,6354
Wiednitz	25	1,3605	4,4510	3,2716	4,8892	9,7784	2,0000
Wittichenau	33	1,6200	4,7470	2,9302	5,2466	10,4931	2,0000

¹⁾ Angaben der Biomasseerträge (Umtrieb 1 und 2) in Tonne (atro) je Hektar und Jahr

²⁾ Steigerungsfaktor größer 2; für die Berechnung wird entsprechend der Wert 2,0000 angenommen

Quelle: HORN (2015)

Anhang 4.39: Parameter der Biomassertragsschätzung Landkreis Leipziger Land

Gemeinde	Ackerzahl	Vierjähriger Umtrieb ¹⁾			Achtjähriger Umtrieb ¹⁾		
		Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung	Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung
Böhlen	67	4,7257	8,2893	1,7541	8,6441	13,2672	1,5348
Borna	52	3,9334	7,3856	1,8777	7,8698	12,9298	1,6430
Deutzen	49	3,7871	7,2187	1,9061	7,7222	12,8796	1,6679
Elstertrebnitz	94	5,0899	8,7047	1,7102	8,9872	13,4485	1,4964
Espenhain	55	4,2715	7,7712	1,8193	8,2054	13,0621	1,5919
Eulatal	52	4,5920	8,1368	1,7719	8,5162	13,2039	1,5505
Frohburg	58	5,5390	9,2169	1,6640	9,4010	13,6880	1,4560
Geithain	59	6,0738	9,8269	1,6179	9,8820	13,9898	1,4157
Groitzsch	70	5,4226	9,0842	1,6752	9,2947	13,6245	1,4658
Großlehna	68	4,6934	8,2524	1,7583	8,6133	13,2517	1,5385
Großpösna	55	4,1929	7,6816	1,8320	8,1280	13,0295	1,6030
Kitzen	79	5,4880	9,1588	1,6689	9,3546	13,6601	1,4603
Kitzscher	50	3,9789	7,4375	1,8692	7,9155	12,9465	1,6356
Kohren-Sahlis	63	6,4770	10,2868	1,5882	10,2371	14,2263	1,3897
Lobstädt	59	4,1059	7,5823	1,8467	8,0420	12,9947	1,6159
Markkleeberg	61	4,4521	7,9772	1,7918	8,3813	13,1403	1,5678
Markranstädt	72	5,0457	8,6543	1,7152	8,9460	13,4259	1,5008
Narsdorf	65	6,7358	10,5820	1,5710	10,4619	14,3813	1,3746
Neukieritzsch	67	5,2060	8,8371	1,6975	9,0951	13,5090	1,4853
Pegau	90	5,4454	9,1102	1,6730	9,3156	13,6368	1,4639
Regis-Breitingen	58	4,3743	7,8885	1,8034	8,3057	13,1060	1,5779
Rötha	73	5,4454	9,1102	1,6730	9,3156	13,6368	1,4639
Zwenkau	71	5,3408	8,9909	1,6834	9,2196	13,5804	1,4730

¹⁾ Angaben der Biomasserträge (Umtrieb 1 und 2) in Tonne (atro) je Hektar und Jahr

Quelle: HORN (2015)

Anhang 4.40: Parameter der Biomassertragsschätzung Landkreis Löbau-Zittau

Gemeinde	Ackerzahl	Vierjähriger Umtrieb ¹⁾			Achtjähriger Umtrieb ¹⁾		
		Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung	Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung
Beiersdorf	40	3,4880	6,8776	1,9718	7,4146	12,7925	1,7253
Bernstadt a. d. Eigen	48	5,0234	8,6288	1,7177	8,9251	13,4145	1,5030
Berthelsdorf	46	4,9445	8,5388	1,7269	8,8511	13,3747	1,5111
Bertsdorf-Hörnitz	43	4,2901	7,7924	1,8164	8,2236	13,0700	1,5893
Dürrhennersdorf	38	4,1717	7,6574	1,8356	8,1072	13,0210	1,6061
Ebersbach/Sachsen	37	4,1833	7,6706	1,8336	8,1186	13,0256	1,6044
Eibau	43	4,6959	8,2553	1,7580	8,6156	13,2528	1,5382
Friedersdorf	39	4,1417	7,6232	1,8406	8,0775	13,0089	1,6105
Großhennersdorf	42	4,4465	7,9708	1,7926	8,3758	13,1378	1,5685
Großschönau	41	4,2961	7,7993	1,8154	8,2294	13,0724	1,5885
Großschweidnitz	46	4,8153	8,3915	1,7427	8,7292	13,3106	1,5248
Hainewalde	49	4,6903	8,2489	1,7587	8,6103	13,2502	1,5389
Herrnhut	46	4,8460	8,4265	1,7389	8,7582	13,3256	1,5215
Hirschfelde	50	5,3129	8,9590	1,6863	9,1939	13,5656	1,4755
Jonsdorf	28	2,9314	6,2427	2,1296	6,8199	12,7082	1,8634
Lawalde	43	3,7951	7,2278	1,9045	7,7302	12,8821	1,6665
Leutersdorf	43	4,6340	8,1847	1,7662	8,5565	13,2236	1,5454
Löbau	51	5,2370	8,8725	1,6942	9,1239	13,5254	1,4824
Mittelherwigsdorf	54	5,5246	9,2005	1,6654	9,3879	13,6800	1,4572
Neugersdorf	40	4,6705	8,2263	1,7613	8,5914	13,2408	1,5412
Neusalza-Spremberg	43	4,0538	7,5229	1,8558	7,9903	12,9746	1,6238
Niedercunnersdorf	40	4,1774	7,6639	1,8346	8,1127	13,0232	1,6053
Obercunnersdorf	36	3,9968	7,4579	1,8660	7,9335	12,9531	1,6327
Oderwitz	48	5,0886	8,7032	1,7103	8,9860	13,4480	1,4965
Olbersdorf	53	5,2540	8,8919	1,6924	9,1396	13,5343	1,4808
Oppach	45	3,6468	7,0587	1,9356	7,5789	12,8359	1,6936
Ostritz	52	5,2985	8,9426	1,6878	9,1806	13,5579	1,4768
Oybin	30	2,7863	6,0772	2,1811	6,6592	12,7090	1,9085
Rosenbach	46	4,7271	8,2909	1,7539	8,6454	13,2678	1,5347
Schönau-Berzdorf	55	5,4769	9,1461	1,6699	9,3444	13,6541	1,4612
Schönbach	36	3,8453	7,2851	1,8945	7,7811	12,8989	1,6577
Seiffhennersdorf	42	4,5461	8,0844	1,7783	8,4721	13,1829	1,5560
Strahwalde	44	4,6005	8,1465	1,7708	8,5244	13,2080	1,5494
Zittau	62	5,8883	9,6153	1,6330	9,7166	13,8834	1,4288

¹⁾ Angaben der Biomasserträge (Umtrieb 1 und 2) in Tonne (atro) je Hektar und Jahr

Quelle: HORN (2015)

Anhang 4.41: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Meißen

Gemeinde	Ackerzahl	Vierjähriger Umtrieb ¹⁾			Achtjähriger Umtrieb ¹⁾		
		Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung	Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung ²⁾
Coswig	49	2,2629	5,4802	2,4218	6,0559	12,1118	2,0000
Diera-Zehren	56	5,0242	8,6297	1,7176	8,9258	13,4149	1,5029
Käbschütztal	73	6,9169	10,7885	1,5597	10,6179	14,4910	1,3648
Ketzerbachtal	67	6,9452	10,8208	1,5580	10,6422	14,5082	1,3633
Klipphausen	65	6,5649	10,3871	1,5822	10,3137	14,2787	1,3844
Leuben-Schleinitz	73	6,9704	10,8496	1,5565	10,6638	14,5236	1,3620
Lommatzsch	76	6,5461	10,3656	1,5835	10,2974	14,2674	1,3855
Meißen	63	5,3169	8,9636	1,6859	9,1976	13,5677	1,4751
Moritzburg	37	2,1381	5,3379	2,4966	5,9055	11,8110	2,0000
Niederau	50	3,0298	6,3550	2,0975	6,9274	12,7139	1,8353
Nossen	57	6,1635	9,9292	1,6110	9,9615	14,0418	1,4096
Radebeul	49	3,4698	6,8568	1,9761	7,3956	12,7880	1,7291
Radeburg	38	2,0089	5,1905	2,5838	5,7469	11,4937	2,0000
Triebischtal	60	6,2384	10,0146	1,6053	10,0277	14,0855	1,4047
Weinböhla	30	1,5130	4,6249	3,0568	5,1018	10,2036	2,0000

¹⁾ Angaben der Biomasseerträge (Umtrieb 1 und 2) in Tonne (atro) je Hektar und Jahr

²⁾ Steigerungsfaktor größer 2; für die Berechnung wird entsprechend der Wert 2,0000 angenommen

Quelle: HORN (2015)

Anhang 4.42: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Mittlerer Erzgebirgskreis

Gemeinde	Ackerzahl	Vierjähriger Umtrieb ¹⁾			Achtjähriger Umtrieb ¹⁾		
		Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung	Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung ²⁾
Amtsberg	36	2,6974	5,9758	2,2154	6,5595	12,7154	1,9385
Börnichen/Erzg.	38	2,8795	6,1835	2,1474	6,7627	12,7072	1,8790
Borstendorf	35	2,8172	6,1125	2,1697	6,6937	12,7078	1,8985
Deutschneudorf	20	2,2622	5,4794	2,4222	6,0551	12,1102	2,0000
Drebach	33	2,4992	5,7498	2,3006	6,3333	12,6667	2,0000
Gornau/Erzg.	36	2,5731	5,8340	2,2673	6,4183	12,7334	1,9839
Großolbersdorf	32	2,4528	5,6968	2,3226	6,2795	12,5591	2,0000
Großrückerswalde	32	2,5642	5,8239	2,2712	6,4082	12,7351	1,9873
Grünhainichen	35	2,6661	5,9401	2,2280	6,5242	12,7189	1,9495
Heidersdorf	23	2,1868	5,3934	2,4664	5,9645	11,9291	2,0000
Lengefeld	33	2,4992	5,7498	2,3006	6,3333	12,6666	2,0000
Marienberg	28	2,4727	5,7195	2,3131	6,3027	12,6053	2,0000
Olbernhau	29	2,4680	5,7142	2,3153	6,2972	12,5944	2,0000
Pfaffroda	29	2,3843	5,6187	2,3565	6,1996	12,3992	2,0000
Pobershau ³⁾	23	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Pockau	31	2,3741	5,6071	2,3618	6,1876	12,3753	2,0000
Seiffen/Erzg.	19	2,2622	5,4794	2,4222	6,0551	12,1102	2,0000
Venusberg	36	2,6134	5,8800	2,2499	6,4644	12,7265	1,9687
Waldkirchen/Erzg.	31	2,2227	5,4344	2,4449	6,0078	12,0156	2,0000
Wolkenstein	30	2,3407	5,5690	2,3792	6,1482	12,2965	2,0000
Zöblitz	24	2,2369	5,4506	2,4367	6,0248	12,0496	2,0000
Zschopau	36	2,5635	5,8231	2,2715	6,4073	12,7352	1,9876

¹⁾ Angaben der Biomasseerträge (Umtrieb 1 und 2) in Tonne (atro) je Hektar und Jahr

²⁾ Steigerungsfaktor größer 2; für die Berechnung wird entsprechend der Wert 2,0000 angenommen

³⁾ nach Angaben der Statistik kein Ackerland in der Gemeinde vorhanden

Quelle: HORN (2015)

Anhang 4.43: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Mittweida

Gemeinde	Ackerzahl	Vierjähriger Umtrieb ¹⁾			Achtjähriger Umtrieb ¹⁾		
		Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung	Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung
Altmittweida	51	5,9325	9,6657	1,6293	9,7561	13,9085	1,4256
Lichtenau	54	6,4218	10,2238	1,5921	10,1888	14,1935	1,3930
Burgstädt	51	5,5811	9,2649	1,6601	9,4393	13,7111	1,4525
Claußnitz	53	6,1120	9,8705	1,6149	9,9160	14,0119	1,4131
Erlau	53	5,8460	9,5671	1,6365	9,6787	13,8594	1,4320
Frankenberg/Sachsen	46	5,0370	8,6443	1,7162	8,9378	13,4215	1,5016
Geringswalde	55	5,9022	9,6312	1,6318	9,7291	13,8914	1,4278
Hainichen	47	5,2982	8,9423	1,6878	9,1804	13,5578	1,4768
Hartmannsdorf	52	6,2600	10,0393	1,6037	10,0468	14,0982	1,4033
Königsfeld	58	5,6135	9,3019	1,6571	9,4688	13,7290	1,4499
Königshain-Wiederau	52	5,8494	9,5710	1,6362	9,6817	13,8613	1,4317
Kriebstein	52	5,9119	9,6422	1,6310	9,7377	13,8968	1,4271
Lunzenau	53	5,7174	9,4204	1,6477	9,5628	13,7868	1,4417
Mittweida	53	5,8667	9,5907	1,6348	9,6972	13,8711	1,4304
Mühlau	52	5,9643	9,7020	1,6267	9,7845	13,9267	1,4233
Penig	56	6,0242	9,7703	1,6218	9,8379	13,9612	1,4191
Rochlitz	62	6,4042	10,2038	1,5933	10,1734	14,1831	1,3941
Rossau	52	5,9734	9,7124	1,6259	9,7927	13,9321	1,4227
Seelitz	60	6,3702	10,1650	1,5957	10,1437	14,1631	1,3962
Striegistal	49	5,3642	9,0175	1,6811	9,2412	13,5931	1,4709
Taura	51	5,7067	9,4082	1,6486	9,5532	13,7809	1,4425
Tiefenbach	50	5,6229	9,3126	1,6562	9,4773	13,7342	1,4492
Wechselburg	58	6,0252	9,7715	1,6218	9,8388	13,9617	1,4190
Zettlitz	64	6,6065	10,4345	1,5794	10,3499	14,3036	1,3820

¹⁾ Angaben der Biomasseerträge (Umtrieb 1 und 2) in Tonne (atro) je Hektar und Jahr

Quelle: HORN (2015)

Anhang 4.44: Parameter der Biomassertragsschätzung Landkreis Muldentalkreis

Gemeinde	Ackerzahl	Vierjähriger Umtrieb ¹⁾			Achtjähriger Umtrieb ¹⁾		
		Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung	Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung
Bad Lausick	47	4,1438	7,6256	1,8402	8,0796	13,0098	1,6102
Belgershain	51	3,8937	7,3403	1,8852	7,8300	12,9158	1,6495
Bennewitz	54	4,0411	7,5084	1,8580	7,9776	12,9697	1,6258
Borsdorf	52	4,0215	7,4861	1,8615	7,9581	12,9623	1,6288
Brandis	51	4,1077	7,5844	1,8464	8,0438	12,9954	1,6156
Colditz	53	4,6311	8,1814	1,7666	8,5537	13,2222	1,5458
Falkenhain	51	3,8380	7,2768	1,8960	7,7737	12,8965	1,6590
Grimma	55	5,0473	8,6561	1,7150	8,9475	13,4267	1,5006
Großbardau	48	3,6294	7,0389	1,9394	7,5610	12,8308	1,6970
Großbothen	49	3,8948	7,3416	1,8850	7,8310	12,9160	1,6493
Hohburg	54	4,0747	7,5468	1,8521	8,0111	12,9826	1,6206
Kühren-Burkartshain	51	4,0981	7,5734	1,8480	8,0343	12,9917	1,6170
Machern	53	4,0977	7,5730	1,8481	8,0339	12,9916	1,6171
Mutzschen	70	6,5019	10,3152	1,5865	10,2589	14,2411	1,3882
Naunhof	54	3,9804	7,4392	1,8690	7,9170	12,9469	1,6353
Nerchau	59	5,2984	8,9425	1,6878	9,1805	13,5578	1,4768
Otterwisch	47	3,5900	6,9939	1,9482	7,5203	12,8195	1,7046
Parthenstein	48	3,5424	6,9396	1,9590	7,4711	12,8064	1,7141
Thallwitz	49	3,1402	6,4809	2,0638	7,0467	12,7254	1,8059
Thümmnitzwalde	69	6,6292	10,4604	1,5779	10,3696	14,3172	1,3807
Trebsen/Mulde	49	3,7373	7,1619	1,9163	7,6714	12,8634	1,6768
Wurzen	52	3,8430	7,2825	1,8950	7,7787	12,8981	1,6581
Zschadraß	66	6,5075	10,3216	1,5861	10,2638	14,2445	1,3878

¹⁾ Angaben der Biomasserträge (Umtrieb 1 und 2) in Tonne (atro) je Hektar und Jahr

Quelle: HORN (2015)

Anhang 4.45: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Niederschlesischer Oberlausitzkreis

Gemeinde	Ackerzahl	Vierjähriger Umtrieb ¹⁾			Achtjähriger Umtrieb ¹⁾		
		Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung	Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung ²⁾
Bad Muskau	31	1,6501	4,7813	2,8976	5,2867	10,5734	2,0000
Boxberg/O.L.	21	1,3605	4,4510	3,2716	4,8891	9,7783	2,0000
Gablenz	31	1,6190	4,7458	2,9313	5,2452	10,4904	2,0000
Groß Düben	29	1,4921	4,6011	3,0836	5,0732	10,1464	2,0000
Hähnichen	32	1,7115	4,8513	2,8345	5,3677	10,7353	2,0000
Hohendubrau	37	2,9242	6,2345	2,1320	6,8120	12,7080	1,8655
Horka	38	1,9540	5,1279	2,6243	5,6784	11,3567	2,0000
Klitten	25	1,3698	4,4616	3,2571	4,9024	9,8048	2,0000
Kodersdorf	39	2,7155	5,9965	2,2082	6,5800	12,7139	1,9322
Königshain	48	4,3977	7,9152	1,7998	8,3285	13,1162	1,5749
Krauschwitz	29	1,8096	4,9632	2,7427	5,4951	10,9902	2,0000
Kreba-Neudorf	26	1,4312	4,5316	3,1663	4,9887	9,9774	2,0000
Markersdorf	53	5,2443	8,8808	1,6934	9,1306	13,5292	1,4817
Mücka	27	1,4672	4,5727	3,1166	5,0388	10,0776	2,0000
Neißeau	28	1,7623	4,9093	2,7857	5,4339	10,8677	2,0000
Niesky	29	1,5874	4,7098	2,9670	5,2028	10,4056	2,0000
Quitzdorf am See	30	1,6557	4,7877	2,8916	5,2941	10,5883	2,0000
Reichenbach/O.L.	53	5,3183	8,9652	1,6857	9,1989	13,5685	1,4750
Rietschen	26	1,4426	4,5446	3,1503	5,0047	10,0094	2,0000
Rothenburg/O.L.	30	1,5937	4,7170	2,9597	5,2113	10,4227	2,0000
Schleife	27	1,3955	4,4909	3,2181	4,9387	9,8773	2,0000
Schöpstal	53	4,7817	8,3532	1,7469	8,6973	13,2941	1,5285
Sohland a. Rotstein	46	4,7224	8,2855	1,7545	8,6409	13,2656	1,5352
Trebendorf	25	1,3677	4,4592	3,2603	4,8995	9,7989	2,0000
Uhyst	27	1,4277	4,5276	3,1713	4,9839	9,9678	2,0000
Vierkirchen	53	4,8303	8,4086	1,7408	8,7434	13,3179	1,5232
Waldhufen	37	2,7355	6,0193	2,2004	6,6024	12,7122	1,9254
Weißkeiße	22	1,3677	4,4592	3,2603	4,8995	9,7989	2,0000
Weißwasser/O.L.	21	1,3677	4,4592	3,2603	4,8995	9,7989	2,0000

¹⁾ Angaben der Biomasseerträge (Umtrieb 1 und 2) in Tonne (atro) je Hektar und Jahr

²⁾ Steigerungsfaktor größer 2; für die Berechnung wird entsprechend der Wert 2,0000 angenommen

Quelle: HORN (2015)

Anhang 4.46: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Riesa-Großenhain

Gemeinde	Ackerzahl	Vierjähriger Umtrieb ¹⁾			Achtjähriger Umtrieb ¹⁾		
		Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung	Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung ²⁾
Ebersbach	44	2,5388	5,7949	2,2825	6,3790	12,7402	1,9972
Glaubitz	38	3,1432	6,4843	2,0630	7,0499	12,7258	1,8051
Gröditz	29	1,3584	4,4486	3,2749	4,8862	9,7725	2,0000
Großenhain	38	2,8342	6,1319	2,1635	6,7126	12,7074	1,8931
Lampertswalde	39	2,9095	6,2177	2,1370	6,7958	12,7075	1,8699
Hirschstein	43	3,3330	6,7008	2,0104	7,2521	12,7574	1,7591
Nauwalde	32	1,4580	4,5622	3,1291	5,0261	10,0521	2,0000
Nünchritz	38	3,3852	6,7603	1,9970	7,3071	12,7683	1,7474
Priestewitz	51	3,6770	7,0931	1,9291	7,6098	12,8448	1,6879
Riesa	54	4,0721	7,5438	1,8526	8,0085	12,9816	1,6210
Röderaue	31	1,6027	4,7272	2,9495	5,2234	10,4469	2,0000
Schönfeld	35	2,5492	5,8068	2,2779	6,3909	12,7380	1,9932
Stauchitz	66	5,4294	9,0919	1,6746	9,3010	13,6282	1,4652
Strehla	52	3,9907	7,4509	1,8671	7,9274	12,9509	1,6337
Tauscha	34	2,1502	5,3517	2,4889	5,9203	11,8406	2,0000
Thiendorf	34	2,5580	5,8168	2,2740	6,4011	12,7364	1,9897
Weißig a. Raschütz	35	2,6623	5,9358	2,2296	6,5199	12,7195	1,9509
Wildenhain	38	3,0967	6,4313	2,0768	6,9999	12,7202	1,8172
Wülknitz	36	2,4325	5,6737	2,3324	6,2559	12,5119	2,0000
Zabeltitz	34	2,5345	5,7900	2,2845	6,3740	12,7411	1,9989
Zeithain	44	2,8586	6,1597	2,1548	6,7397	12,7072	1,8854

¹⁾ Angaben der Biomasseerträge (Umtrieb 1 und 2) in Tonne (atro) je Hektar und Jahr

²⁾ Steigerungsfaktor größer 2; für die Berechnung wird entsprechend der Wert 2,0000 angenommen

Quelle: HORN (2015)

Anhang 4.47: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Sächsische Schweiz

Gemeinde	Ackerzahl	Vierjähriger Umtrieb ¹⁾			Achtjähriger Umtrieb ¹⁾		
		Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung	Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung
Bad Gottleuba-Bergg.	37	2,7349	6,0186	2,2007	6,6018	12,7122	1,9256
Bad Schandau	54	3,8168	7,2526	1,9002	7,7522	12,8893	1,6627
Bahretal	39	3,1017	6,4370	2,0753	7,0053	12,7209	1,8159
Dohma	46	3,8626	7,3048	1,8912	7,7986	12,9050	1,6548
Dohna	56	5,1984	8,8284	1,6983	9,0881	13,5050	1,4860
Dürrröhrsdorf-Ditter.	49	5,2954	8,9391	1,6881	9,1778	13,5562	1,4771
Gohrisch	45	3,0566	6,3855	2,0891	6,9565	12,7162	1,8280
Heidenau	56	5,2876	8,9302	1,6889	9,1706	13,5521	1,4778
Hohnstein	42	4,5385	8,0758	1,7794	8,4647	13,1793	1,5570
Hohwald	37	4,1102	7,5872	1,8460	8,0463	12,9965	1,6152
Kirnitzschtal	39	3,3172	6,6828	2,0146	7,2354	12,7543	1,7628
Königstein/Sächs. S.	42	3,0734	6,4047	2,0839	6,9747	12,7178	1,8234
Liebstadt	35	2,7107	5,9910	2,2101	6,5746	12,7143	1,9339
Lohmen	61	6,8714	10,7366	1,5625	10,5788	14,4634	1,3672
Müglitztal	41	3,6055	7,0116	1,9447	7,5364	12,8239	1,7016
Neustadt i. Sachsen	38	4,5111	8,0445	1,7833	8,4383	13,1669	1,5604
Pirna	52	4,9047	8,4934	1,7317	8,8136	13,3547	1,5152
Porschdorf	50	4,3729	7,8869	1,8036	8,3044	13,1054	1,5781
Rathen	49	3,2771	6,6370	2,0253	7,1929	12,7467	1,7721
Rathmannsdorf	54	5,3475	8,9985	1,6827	9,2257	13,5840	1,4724
Reinhardtsdorf-Schö.	47	3,1348	6,4747	2,0654	7,0410	12,7249	1,8073
Rosenthal-Bielatal	41	2,9024	6,2096	2,1395	6,7880	12,7075	1,8720
Sebnitz	34	3,0528	6,3812	2,0903	6,9524	12,7159	1,8290
Stadt Wehlen	58	6,4166	10,2179	1,5924	10,1844	14,1905	1,3934
Stolpen	46	5,0074	8,6106	1,7196	8,9101	13,4064	1,5046
Struppen	55	5,5259	9,2020	1,6652	9,3891	13,6808	1,4571

¹⁾ Angaben der Biomasseerträge (Umtrieb 1 und 2) in Tonne (atro) je Hektar und Jahr

Quelle: HORN (2015)

Anhang 4.48: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Stollberg

Gemeinde	Ackerzahl	Vierjähriger Umtrieb ¹⁾			Achtjähriger Umtrieb ¹⁾		
		Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung	Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung ²⁾
Auerbach	26	2,1957	5,4036	2,4610	5,9753	11,9506	2,0000
Burkhardtsdorf	28	2,3927	5,6283	2,3523	6,2095	12,4189	2,0000
Erlbach-Kirchberg	40	4,4988	8,0305	1,7850	8,4264	13,1613	1,5619
Gornsdorf	27	2,1283	5,3267	2,5028	5,8936	11,7873	2,0000
Hohndorf	40	2,7990	6,0917	2,1764	6,6734	12,7084	1,9043
Hormersdorf	29	2,4250	5,6651	2,3361	6,2471	12,4943	2,0000
Jahnsdorf/Erzg.	38	3,9441	7,3978	1,8757	7,8807	12,9338	1,6412
Lugau/Erzg.	38	3,1492	6,4911	2,0612	7,0564	12,7266	1,8036
Neukirchen/Erzg.	36	3,6541	7,0670	1,9340	7,5863	12,8379	1,6922
Niederdorf	36	2,5511	5,8090	2,2770	6,3931	12,7377	1,9924
Niederwürschnitz	37	3,8906	7,3368	1,8858	7,8268	12,9146	1,6500
Oelsnitz/Erzg.	36	3,5233	6,9178	1,9635	7,4513	12,8016	1,7180
Stollberg/Erzg.	31	2,3491	5,5786	2,3748	6,1582	12,3164	2,0000
Thalheim/Erzg.	26	2,0814	5,2732	2,5335	5,8363	11,6726	2,0000
Zwönitz	30	2,4343	5,6757	2,3316	6,2581	12,5162	2,0000

¹⁾ Angaben der Biomasseerträge (Umtrieb 1 und 2) in Tonne (atro) je Hektar und Jahr

²⁾ Steigerungsfaktor größer 2; für die Berechnung wird entsprechend der Wert 2,0000 angenommen

Quelle: HORN (2015)

Anhang 4.49: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Torgau-Oschatz

Gemeinde	Ackerzahl	Vierjähriger Umtrieb ¹⁾			Achtjähriger Umtrieb ¹⁾		
		Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung	Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung ²⁾
Arzberg	58	3,4064	6,7845	1,9917	7,3294	12,7731	1,7427
Beilrode	43	2,4052	5,6425	2,3460	6,2240	12,4480	2,0000
Belgern	42	2,3126	5,5369	2,3942	6,1150	12,2300	2,0000
Cavertitz	43	3,0738	6,4051	2,0838	6,9751	12,7178	1,8233
Dahlen	44	3,1889	6,5364	2,0497	7,0990	12,7322	1,7935
Dommitzsch	33	1,8791	5,0425	2,6835	5,5839	11,1677	2,0000
Dreiheide	32	1,4399	4,5415	3,1541	5,0009	10,0018	2,0000
Elsnig	55	2,6776	5,9532	2,2233	6,5372	12,7176	1,9454
Großtreben-Zwethau	57	3,4406	6,8235	1,9832	7,3651	12,7809	1,7353
Liebschützberg	56	4,1307	7,6106	1,8425	8,0666	13,0046	1,6121
Mockrehna	38	1,6391	4,7687	2,9094	5,2720	10,5441	2,0000
Mügeln	77	6,1935	9,9634	1,6087	9,9881	14,0593	1,4076
Naundorf	71	6,0042	9,7475	1,6235	9,8201	13,9497	1,4205
Oschatz	57	4,4804	8,0095	1,7877	8,4087	13,1530	1,5642
Pflückuff	33	1,7220	4,8633	2,8242	5,3814	10,7629	2,0000
Schildau	34	1,8907	5,0557	2,6740	5,5985	11,1971	2,0000
Sornzig-Ablaß	71	6,5705	10,3934	1,5818	10,3186	14,2820	1,3841
Torgau	53	2,6759	5,9513	2,2240	6,5352	12,7178	1,9460
Trossin	41	1,8884	5,0531	2,6759	5,5956	11,1913	2,0000
Wermsdorf	50	4,6537	8,2072	1,7636	8,5753	13,2328	1,5431
Zinna	62	3,3466	6,7163	2,0069	7,2664	12,7601	1,7560

¹⁾ Angaben der Biomasseerträge (Umtrieb 1 und 2) in Tonne (atro) je Hektar und Jahr

²⁾ Steigerungsfaktor größer 2; für die Berechnung wird entsprechend der Wert 2,0000 angenommen

Quelle: HORN (2015)

Anhang 4.50: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Vogtlandkreis (Teil A)

Gemeinde	Ackerzahl	Vierjähriger Umtrieb ¹⁾			Achtjähriger Umtrieb ¹⁾		
		Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung	Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung ²⁾
Adorf	23	2,0036	5,1845	2,5876	5,7403	11,4805	2,0000
Auerbach/Vogtl.	26	2,2273	5,4396	2,4423	6,0133	12,0266	2,0000
Bad Brambach	23	2,6732	5,9482	2,2251	6,5322	12,7181	1,9470
Bad Elster	23	2,6064	5,8720	2,2529	6,4563	12,7275	1,9713
Bergen	26	2,1248	5,3227	2,5050	5,8894	11,7789	2,0000
Bösenbrunn	28	2,1836	5,3898	2,4683	5,9607	11,9213	2,0000
Burgstein	32	2,4396	5,6818	2,3290	6,2642	12,5283	2,0000
Eichigt	25	2,0885	5,2813	2,5288	5,8450	11,6901	2,0000
Ellefeld	27	2,1787	5,3842	2,4713	5,9548	11,9096	2,0000
Elsterberg	36	2,6023	5,8674	2,2547	6,4517	12,7283	1,9728
Erlbach	20	2,1619	5,3650	2,4816	5,9345	11,8691	2,0000
Falkenstein/Vogtl.	31	2,4203	5,6598	2,3385	6,2417	12,4834	2,0000
Grünbach	22	2,2622	5,4794	2,4222	6,0551	12,1102	2,0000
Hammerbrücke ³⁾	21	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Heinsdorfergrund	36	3,0000	6,3210	2,1070	6,8949	12,7116	1,8436
Klingenthal/Sachsen	18	2,2622	5,4794	2,4222	6,0551	12,1102	2,0000
Lengenfeld	32	2,3368	5,5645	2,3813	6,1437	12,2874	2,0000
Leubnitz	35	3,0885	6,4219	2,0793	6,9910	12,7193	1,8194
Limbach	37	3,1339	6,4737	2,0657	7,0399	12,7246	1,8075
Markneukirchen	25	2,1962	5,4042	2,4607	5,9759	11,9518	2,0000
Mehltheuer	36	3,1608	6,5044	2,0578	7,0688	12,7281	1,8006
Morgenröthe-Rauten.	25	2,3174	5,5424	2,3916	6,1207	12,2414	2,0000
Mühlental	27	2,1388	5,3387	2,4961	5,9065	11,8130	2,0000
Mühltroff	35	3,2405	6,5953	2,0353	7,1541	12,7404	1,7809
Mylau	38	3,2594	6,6168	2,0301	7,1742	12,7437	1,7763
Netzschkau	38	3,4750	6,8627	1,9749	7,4011	12,7893	1,7280
Neuensalz	38	3,2101	6,5606	2,0437	7,1217	12,7355	1,7883
Neumark	40	4,4068	7,9255	1,7985	8,3373	13,1202	1,5737
Neustadt/Vogtl.	26	2,2713	5,4898	2,4170	6,0660	12,1320	2,0000
Oelsnitz	33	2,6665	5,9406	2,2279	6,5246	12,7189	1,9494
Pausa/Vogtl.	35	3,2736	6,6330	2,0262	7,1893	12,7462	1,7729
Pöhl	36	2,5728	5,8337	2,2675	6,4180	12,7334	1,9840
Reichenbach i. Vogtl.	38	2,6136	5,8802	2,2499	6,4645	12,7263	1,9686
Reuth	33	3,1936	6,5418	2,0484	7,1040	12,7329	1,7924
Rodewisch	28	2,1874	5,3941	2,4660	5,9653	11,9307	2,0000

¹⁾ Angaben der Biomasseerträge (Umtrieb 1 und 2) in Tonne (atro) je Hektar und Jahr

²⁾ Steigerungsfaktor größer 2; für die Berechnung wird entsprechend der Wert 2,0000 angenommen

³⁾ nach Angaben der Statistik kein Ackerland in der Gemeinde vorhanden

Quelle: HORN (2015)

Anhang 4.51: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Vogtlandkreis (Teil B)

Gemeinde	Ackerzahl	Vierjähriger Umtrieb ¹⁾			Achtjähriger Umtrieb ¹⁾		
		Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung	Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung ²⁾
Schöneck/Vogtl.	22	2,2622	5,4794	2,4222	6,0551	12,1102	2,0000
Steinberg	25	2,1619	5,3650	2,4816	5,9345	11,8691	2,0000
Syrau	37	3,0758	6,4074	2,0832	6,9773	12,7180	1,8228
Tannenbergsthal ³⁾	21	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Theuma	34	3,1985	6,5474	2,0470	7,1092	12,7336	1,7911
Tirpersdorf	33	3,1606	6,5041	2,0579	7,0687	12,7282	1,8006
Treuen	35	2,5526	5,8107	2,2764	6,3948	12,7374	1,9918
Triebel/Vogtl.	28	2,2284	5,4409	2,4416	6,0147	12,0293	2,0000
Weischlitz	35	2,7487	6,0343	2,1953	6,6172	12,7110	1,9209
Werda	25	2,1868	5,3934	2,4664	5,9645	11,9291	2,0000
Zwota ³⁾	16	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

¹⁾ Angaben der Biomasseerträge (Umtrieb 1 und 2) in Tonne (atro) je Hektar und Jahr

²⁾ Steigerungsfaktor größer 2; für die Berechnung wird entsprechend der Wert 2,0000 angenommen

³⁾ nach Angaben der Statistik kein Ackerland in der Gemeinde vorhanden

Quelle: HORN (2015)

Anhang 4.52: Parameter der Biomassertragsschätzung Landkreis Weißeritzkreis

Gemeinde	Ackerzahl	Vierjähriger Umtrieb ¹⁾			Achtjähriger Umtrieb ¹⁾		
		Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung	Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung ²⁾
Altenberg	22	2,2622	5,4794	2,4222	6,0551	12,1102	2,0000
Bannewitz	60	5,7608	9,4699	1,6439	9,6020	13,8113	1,4384
Dippoldiswalde	37	2,8581	6,1591	2,1550	6,7391	12,7072	1,8856
Dorfhain	41	3,0196	6,3433	2,1007	6,9164	12,7131	1,8381
Freital	48	4,3935	7,9104	1,8005	8,3244	13,1144	1,5754
Geising	28	2,4322	5,6733	2,3326	6,2556	12,5112	2,0000
Glashütte	33	2,5145	5,7672	2,2936	6,3510	12,7020	2,0000
Hartmannsdorf-Rei.	29	2,4736	5,7206	2,3126	6,3037	12,6074	2,0000
Hermsdorf/Erzg.	21	2,2622	5,4794	2,4222	6,0551	12,1102	2,0000
Höckendorf	40	2,9915	6,3113	2,1097	6,8857	12,7112	1,8460
Kreischa	48	4,2170	7,7091	1,8281	8,1518	13,0395	1,5996
Pretzschendorf	38	3,2736	6,6330	2,0262	7,1892	12,7461	1,7729
Rabenau	40	3,1511	6,4933	2,0606	7,0585	12,7269	1,8031
Reinhardtsgrimma	35	2,7027	5,9819	2,2133	6,5655	12,7150	1,9366
Schmiedeberg	31	2,5492	5,8068	2,2779	6,3910	12,7381	1,9932
Tharandt	50	4,4720	7,9999	1,7889	8,4006	13,1492	1,5653
Wilsdruff	53	5,4832	9,1533	1,6693	9,3502	13,6575	1,4607

¹⁾ Angaben der Biomasserträge (Umtrieb 1 und 2) in Tonne (atro) je Hektar und Jahr

²⁾ Steigerungsfaktor größer 2; für die Berechnung wird entsprechend der Wert 2,0000 angenommen

Quelle: HORN (2015)

Anhang 4.53: Parameter der Biomasseertragsschätzung Landkreis Zwickauer Land

Gemeinde	Ackerzahl	Vierjähriger Umtrieb ¹⁾			Achtjähriger Umtrieb ¹⁾		
		Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung	Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung ²⁾
Crimmitschau	47	5,1272	8,7472	1,7060	9,0220	13,4679	1,4928
Crinitzberg	28	2,2256	5,4377	2,4432	6,0113	12,0226	2,0000
Dennheritz	51	5,4491	9,1144	1,6726	9,3189	13,6388	1,4636
Fraureuth	46	5,0087	8,6121	1,7194	8,9113	13,4070	1,5045
Hartenstein	37	3,7551	7,1822	1,9127	7,6896	12,8691	1,6736
Hartmannsdorf b. Ki.	31	2,4458	5,6888	2,3260	6,2715	12,5429	2,0000
Hirschfeld	34	2,3584	5,5892	2,3699	6,1692	12,3383	2,0000
Kirchberg	30	2,1609	5,3639	2,4823	5,9333	11,8666	2,0000
Langenbernsdorf	43	4,7293	8,2934	1,7536	8,6475	13,2688	1,5344
Langenweißbach	34	2,4195	5,6589	2,3389	6,2407	12,4815	2,0000
Lichtentanne	41	4,7734	8,3437	1,7480	8,6894	13,2901	1,5295
Mülsen	40	4,8415	8,4214	1,7394	8,7539	13,3233	1,5220
Neukirchen/Pleiße	49	5,1788	8,8061	1,7004	9,0700	13,4948	1,4879
Reinsdorf	41	5,0518	8,6612	1,7145	8,9517	13,4290	1,5002
Werdau	42	4,7417	8,3075	1,7520	8,6593	13,2749	1,5330
Wildenfels	38	4,5333	8,0698	1,7801	8,4597	13,1769	1,5576
Wilkau-Haßlau	37	3,7339	7,1580	1,9170	7,6680	12,8624	1,6774

¹⁾ Angaben der Biomasseerträge (Umtrieb 1 und 2) in Tonne (atro) je Hektar und Jahr

²⁾ Steigerungsfaktor größer 2; für die Berechnung wird entsprechend der Wert 2,0000 angenommen

Quelle: HORN (2015)

Anhang 4.54: Parameter der Biomasseertragsschätzung kreisfreie Städte

Kreisfreie Stadt	Ackerzahl	Vierjähriger Umtrieb ¹⁾			Achtjähriger Umtrieb ¹⁾		
		Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung	Umtrieb 1	Umtrieb 2	Steigerung ²⁾
Chemnitz	47	4,7157	8,2779	1,7554	8,6346	13,2624	1,5360
Dresden	55	4,5259	8,0614	1,7812	8,4526	13,1736	1,5585
Görlitz	51	4,3658	7,8788	1,8047	8,2975	13,1024	1,5791
Hoyerswerda	24	1,3605	4,4510	3,2716	4,8891	9,7783	2,0000
Leipzig	58	4,2578	7,7556	1,8215	8,1919	13,0564	1,5938
Plauen	35	2,7613	6,0487	2,1905	6,6313	12,7103	1,9167
Zwickau	44	5,2370	8,8725	1,6942	9,1238	13,5253	1,4824

¹⁾ Angaben der Biomasseerträge (Umtrieb 1 und 2) in Tonne (atro) je Hektar und Jahr

²⁾ Steigerungsfaktor größer 2; für die Berechnung wird entsprechend der Wert 2,0000 angenommen

Quelle: HORN (2015)

Anhang 5.1: Darstellung der Zahlungsströme und Ermittlung der Annuität der Verfahrenskette Feldhäcksler (Beispielkalkulation Gemeinde Zettlitz)

Stand-jahr	Kosten Etablierung	Flächen- und Gemeinkosten	Kosten im Erntejahr	Rückwand-lungskosten	Summe Kosten	Erlöse	Saldo	Abzinsung 3,5 Prozent	Ertrags-faktor	Ertrags-verlauf
0	-2.488,82	-256,00			-2.744,82		-2.744,82	-2.744,82		
1		-406,00			-406,00		-406,00	-392,27		
2		-406,00			-406,00		-406,00	-379,01		
3		-406,00			-406,00		-406,00	-366,19		
4		-406,00	-1.059,58		-1.465,58	2.635,99	1.170,41	1.019,95	0,60	6,61
5		-406,00			-406,00		-406,00	-341,84		
6		-406,00			-406,00		-406,00	-330,28		
7		-406,00			-406,00		-406,00	-319,11		
8		-406,00	-1.265,53		-1.671,53	4.163,37	2.491,83	1.892,33	0,95	10,43
9		-406,00			-406,00		-406,00	-297,89		
10		-406,00			-406,00		-406,00	-287,82		
11		-406,00			-406,00		-406,00	-278,09		
12		-406,00	-1.366,07		-1.772,07	4.771,02	2.998,95	1.984,66	1,08	11,96
13		-406,00			-406,00		-406,00	-259,60		
14		-406,00			-406,00		-406,00	-250,82		
15		-406,00			-406,00		-406,00	-242,34		
16		-406,00	-1.698,49		-2.104,49	4.953,92	2.849,43	1.643,28	1,13	12,42
17		-406,00			-406,00		-406,00	-226,22		
18		-406,00			-406,00		-406,00	-218,57		
19		-406,00			-406,00		-406,00	-211,18		
20		-406,00	-1.698,87		-2.104,87	4.959,78	2.854,92	1.434,78	1,13	12,43
21		-406,00			-406,00		-406,00	-197,14		
22		-406,00			-406,00		-406,00	-190,48		
23		-406,00			-406,00		-406,00	-184,03		
24		-150,00	-1.695,20	-1.323,73	-3.168,93	4.902,33	1.733,40	759,16	1,11	12,29
							Kapitalwert	1.016,44		
							Annuität	63,30		

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.2: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Annaberg

Gemeinde	Acker- zahl	Annuität [€/ha]		
		Mäh Hacker	Harvester	Motorsäge
Annaberg-Buchholz	27	-141	109	144
Bärenstein ¹⁾	22	...	...	...
Crottendorf	27	-136	115	151
Ehrenfriedersdorf	31	-153	98	134
Elterlein	25	-157	72	108
Gelenau/Erzg.	29	-140	110	146
Geyer	25	-149	84	120
Jöhstadt	26	-144	93	129
Königswalde	26	-146	89	125
Mildenaу	28	-146	92	128
Oberwiesenthal	22	-127	109	145
Scheibenberg	23	-141	92	128
Schlettau	26	-150	84	120
Sehmatal	24	-132	105	141
Tannenberg	35	-144	91	127
Thum	27	-127	120	155
Wiesbaden	31	-158	81	117

¹⁾ nach Angaben der Statistik kein Ackerland in der Gemeinde vorhanden

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.3: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Aue-Schwarzenberg

Gemeinde	Ackerzahl	Annuität [€/ha]		
		Mäh Hacker	Harvester	Motorsäge
Aue	34	-116	110	145
Grünhain-Beierfeld	26	-161	69	105
Bernsbach	26	-125	123	159
Bockau ¹⁾	22	...	...	...
Breitenbrunn/Erzg. ¹⁾	22	...	...	...
Eibenstock	15	-52	177	212
Erlabrunn ¹⁾	16	...	...	...
Johanngeorgenstadt ¹⁾	21	...	...	...
Lauter/Sachsen ¹⁾	29	...	...	...
Lößnitz	30	-131	109	145
Markersbach	26	-146	89	125
Pöhl ¹⁾	24	...	...	...
Raschau	28	-141	100	135
Rittersgrün ¹⁾	18	...	...	...
Schlema	31	-174	59	95
Schneeberg	30	-115	117	153
Schönheide ¹⁾	17	...	...	...
Schwarzenberg/Erzg.	28	-149	89	124
Sosa	15	-107	125	161
Stützengrün ¹⁾	17	...	...	...
Zschorlau	23	-101	139	174

¹⁾ nach Angaben der Statistik kein Ackerland in der Gemeinde vorhanden

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.4: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Bautzen

Gemeinde	Acker- zahl	Annuität [€/ha]		
		Mäh Hacker	Harvester	Motorsäge
Bautzen	57	20	133	169
Bischofswerda	44	7	148	184
Burkau	53	48	155	190
Crosta	42	-153	75	111
Cunewalde	39	-103	102	137
Demitz-Thumitz	48	30	157	193
Doberschau-Gaußig	44	23	156	191
Frankenthal	46	8	148	183
Göda	59	75	155	191
Großdubrau	32	-224	-11	24
Großharthau	45	18	151	187
Großpostwitz/O.L.	49	-46	106	142
Guttau	28	-194	25	60
Hochkirch	52	-8	130	165
Kirschau	48	-115	75	111
Königswartha	33	-243	-48	-13
Kubschütz	49	-21	118	153
Malschwitz	47	-66	101	137
Neschwitz	35	-173	77	113
Neukirch/Lausitz	37	-72	119	155
Obergurig	48	-13	128	164
Puschwitz	51	-53	99	134
Radibor	36	-183	55	90
Rammenau	46	-1	133	169
Schirgiswalde	42	-94	98	134
Schmölln-Putzkau	43	15	154	190
Sohland a. d. Spree	41	-40	127	162
Steinigwolmsdorf	40	-11	143	178
Weißenberg	51	-7	126	162
Wilthen	39	-56	122	157

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.5: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Chemnitzer Land

Gemeinde	Acker- zahl	Annuität [€/ha]		
		Mäh Hacker	Harvester	Motorsäge
Bernsdorf	44	18	157	193
Callenberg	47	54	170	206
Gersdorf	44	25	163	199
Glauchau	49	48	164	199
Hohenstein-Ernstthal	40	-23	137	173
Lichtenstein/Sachsen	35	-21	149	185
Limbach-Oberfrohna	48	94	188	224
Meerane	56	105	180	215
Niederfrohna	51	93	181	217
Oberlungwitz	44	17	156	192
Oberwiera	57	107	178	214
Remse	50	43	159	194
Schönberg	54	97	177	213
St. Egidien	42	12	153	188
Waldenburg	52	86	176	211

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.6: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Delitzsch

Gemeinde	Acker- zahl	Annuität [€/ha]		
		Mäh Hacker	Harvester	Motorsäge
Bad Dübén	39	-271	-78	-43
Delitzsch	47	-172	55	91
Doberschütz	30	-265	-90	-54
Eilenburg	41	-188	61	96
Jesewitz	48	-118	74	109
Kossa	38	-261	-65	-30
Krostitz	54	-119	59	95
Laußig	36	-271	-85	-50
Löbnitz	34	-243	-46	-11
Neukyhna	77	-113	19	55
Rackwitz	63	-114	43	79
Schkeuditz	59	-108	55	91
Schönwölkau	45	-177	57	92
Taucha	54	-81	79	115
Wiedemar	69	-86	50	85
Zschepplin	39	-197	40	75
Zwochau	72	-102	35	71

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.7: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Döbeln

Gemeinde	Acker- zahl	Annuität [€/ha]		
		Mäh Hacker	Harvester	Motorsäge
Bockelwitz	71	93	149	184
Döbeln	70	97	153	189
Ebersbach	61	93	163	199
Großweitzschen	71	83	144	180
Hartha	57	73	159	194
Leisnig	68	82	150	186
Mochau	68	122	172	208
Niederstrießis	53	59	160	196
Ostrau	76	27	99	135
Roßwein	57	82	166	202
Waldheim	55	81	167	203
Ziegra-Knobelsdorf	60	79	159	194
Zschaitz-Ottewig	73	67	132	167

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.8: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Freiberg

Gemeinde	Acker- zahl	Annuität [€/ha]		
		Mäh Hacker	Harvester	Motorsäge
Augustusburg	38	-174	73	109
Bobritzsch	39	-52	123	159
Brand-Erbisdorf	35	-73	124	160
Dorfchemnitz	29	-146	94	129
Eppendorf	34	-55	134	169
Falkenau	43	-106	91	127
Flöha	41	-112	93	129
Frankenstein	40	-14	141	177
Frauenstein	32	-135	102	138
Freiberg	43	-20	132	167
Gahlenz	37	-35	138	174
Großhartmannsdorf	33	-136	99	135
Großschirma	49	15	147	183
Halsbrücke	47	-6	135	171
Hilbersdorf	46	-39	116	152
Leubsdorf	40	-66	115	151
Lichtenberg/Erzg.	34	-120	108	144
Mulda/Sachsen	32	-161	89	124
Neuhausen/Erzg.	25	-149	84	120
Niederschöna	47	1	139	175
Niederwiesa	48	-15	127	163
Oberschöna	43	-10	136	172
Oederan	41	-62	114	150
Rechenberg-Bienen.	21	-132	101	136
Reinsberg	51	25	148	183
Sayda	28	-144	96	132
Weißborn/Erzg.	38	-72	117	153

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.9: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Kamenz

Gemeinde	Ackerzahl	Annuität [€/ha]		
		Mäh Hacker	Harvester	Motorsäge
Arnsdorf	45	-63	108	143
Bernsdorf	26	-241	-63	-27
Bretnig-Hauswalde	52	67	166	202
Crostwitz	58	62	151	187
Elsterheide	22	-236	-65	-29
Elstra	59	67	152	187
Großnaundorf	30	-169	64	100
Großröhrsdorf	50	70	172	208
Haselbachtal	46	-75	100	136
Kamenz	39	-154	76	112
Königsbrück	27	-227	-37	-1
Laußnitz	30	-233	-40	-4
Lauta	24	-244	-73	-37
Leippe-Torno	23	-233	-57	-21
Lichtenberg	41	-42	126	162
Lohsa	25	-245	-71	-36
Nebelschütz	48	-84	91	127
Neukirch	34	-244	-37	-1
Oberlichtenau	39	-83	110	146
Ohorn	49	8	144	180
Oßling	24	-241	-68	-32
Ottendorf-Okrilla	32	-216	0	36
Panschwitz-Kuckau	61	75	155	190
Pulsnitz	41	-57	120	155
Räckelwitz	55	-37	103	139
Radeberg	44	-106	89	124
Ralbitz-Rosenthal	31	-243	-52	-17
Schöntheichen	31	-233	-37	-2
Schwepnitz	25	-245	-71	-35
Spreetal	21	-216	-35	1
Steina	46	3	142	178
Straßgräbchen	23	-234	-58	-23
Wachau	43	-62	113	148
Wiednitz	25	-244	-70	-34
Wittichenau	33	-248	-56	-20

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.10: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Leipziger Land

Gemeinde	Acker- zahl	Annuität [€/ha]		
		Mäh Hacker	Harvester	Motorsäge
Böhlen	67	-86	52	88
Borna	52	-105	73	109
Deutzen	49	-102	78	114
Elstertrebnitz	94	-174	-40	-5
Espenhain	55	-79	78	113
Eulatal	52	-30	107	143
Frohburg	58	26	133	169
Geithain	59	76	159	195
Groitzsch	70	-37	77	113
Großlehna	68	-94	46	82
Großpösna	55	-88	74	109
Kitzen	79	-67	44	79
Kitzscher	50	-91	83	119
Kohren-Sahlis	63	95	165	201
Lobstädt	59	-114	53	88
Markkleeberg	61	-83	62	98
Markranstädt	72	-88	48	84
Narsdorf	65	113	171	207
Neukieritzsch	67	-49	78	114
Pegau	90	-117	-4	31
Regis-Breitungen	58	-79	71	106
Rötha	73	-47	66	102
Zwenkau	71	-50	69	104

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.11: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Löbau-Zittau

Gemeinde	Ackerzahl	Annuität [€/ha]		
		Mäh Hacker	Harvester	Motorsäge
Beiersdorf	40	-99	101	137
Bernstadt a. d. Eigen	48	9	147	182
Berthelsdorf	46	8	151	186
Bertsdorf-Hörnitz	43	-27	128	164
Dürrhennersdorf	38	-20	143	179
Ebersbach/Sachsen	37	-14	148	183
Eibau	43	10	150	185
Friedersdorf	39	-27	137	173
Großhennersdorf	42	-5	141	176
Großschönau	41	-18	137	173
Großschweidnitz	46	7	144	179
Hainewalde	49	-16	125	160
Herrnhut	46	10	145	181
Hirschfelde	50	33	154	190
Jonsdorf	28	-106	127	163
Lawalde	43	-76	103	139
Leutersdorf	43	12	146	182
Löbau	51	21	146	182
Mittelherwigsdorf	54	41	149	185
Neugersdorf	40	19	161	196
Neusalza-Spremberg	43	-54	116	152
Niedercunnersdorf	40	-27	135	171
Obercunnersdorf	36	-31	142	178
Oderwitz	48	16	150	186
Olbersdorf	53	14	138	174
Oppach	45	-101	88	124
Ostritz	52	23	145	181
Oybin	30	-118	113	149
Rosenbach	46	1	139	175
Schönau-Berzdorf	55	31	142	178
Schönbach	36	-42	135	170
Seiffhennersdorf	42	6	146	182
Strahwalde	44	4	140	176
Zittau	62	49	136	172

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.12: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Meißen

Gemeinde	Acker- zahl	Annuität [€/ha]		
		Mäh Hacker	Harvester	Motorsäge
Coswig	49	-248	-15	20
Diera-Zehren	56	-24	114	149
Käbschütztal	73	94	148	184
Ketzerbachtal	67	122	175	210
Klipphausen	65	93	162	197
Leuben-Schleinitz	73	100	151	187
Lommatzsch	76	49	115	151
Meißen	63	-20	101	136
Moritzburg	37	-213	14	50
Niederau	50	-186	40	76
Nossen	57	94	172	208
Radebeul	49	-138	63	99
Radeburg	38	-231	-11	25
Triebischtal	60	90	164	200
Weinböhla	30	-248	-63	-27

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.13: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Mittlerer Erzgebirgskreis

Gemeinde	Ackerzahl	Annuität [€/ha]		
		Mäh Hacker	Harvester	Motorsäge
Amtsberg	36	-153	85	121
Börnichen/Erzg.	38	-150	84	119
Borstendorf	35	-135	94	130
Deutschnendorf	20	-128	105	140
Drebach	33	-163	88	123
Gornau/Erzg.	36	-167	82	117
Großolbersdorf	32	-164	85	120
Großrückerswalde	32	-151	98	134
Grünhainichen	35	-152	89	124
Heidersdorf	23	-149	80	116
Lengefeld	33	-163	88	123
Marienberg	28	-145	104	140
Olbernhau	29	-150	100	135
Pfaffroda	29	-152	87	122
Pobershau ¹⁾	23	...	...	...
Pockau	31	-161	77	112
Seiffen/Erzg.	19	-124	109	145
Venusberg	36	-162	83	118
Waldkirchen/Erzg.	31	-178	53	89
Wolkenstein	30	-161	76	111
Zöblitz	24	-148	84	120
Zschopau	36	-168	81	117

¹⁾ nach Angaben der Statistik kein Ackerland in der Gemeinde vorhanden

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.14: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Mittweida

Gemeinde	Acker- zahl	Annuität [€/ha]		
		Mäh Hacker	Harvester	Motorsäge
Altmittweida	51	99	184	220
Lichtenau	54	136	199	235
Burgstädt	51	60	165	200
Claußnitz	53	105	186	222
Erlau	53	81	171	207
Frankenberg/Sachsen	46	19	156	191
Geringswalde	55	79	166	202
Hainichen	47	44	166	202
Hartmannsdorf	52	126	198	234
Königsfeld	58	34	138	173
Königshain-Wieder.	52	86	175	211
Kriebstein	52	93	179	215
Lunzenau	53	67	164	200
Mittweida	53	84	172	208
Mühlau	52	99	182	218
Penig	56	89	169	204
Rochlitz	62	101	165	201
Rossau	52	100	182	218
Seelitz	60	105	171	207
Striegistal	49	43	161	197
Taura	51	74	172	207
Tiefenbach	50	68	171	207
Wechselburg	58	81	160	196
Zettlitz	64	102	168	204

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.15: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Muldentalkreis

Gemeinde	Acker- zahl	Annuität [€/ha]		
		Mäh Hacker	Harvester	Motorsäge
Bad Lausick	47	-60	104	140
Belgershain	51	-105	75	111
Bennewitz	54	-101	70	106
Borsdorf	52	-95	77	113
Brandis	51	-81	86	122
Colditz	53	-30	105	141
Falkenhain	51	-105	72	108
Grimma	55	-17	119	155
Großbardau	48	-116	75	110
Großbothen	49	-96	83	119
Hohburg	54	-97	72	107
Kühren-Burkartshain	51	-82	85	121
Machern	53	-90	77	113
Mutzschen	70	69	137	173
Naunhof	54	-108	67	103
Nerchau	59	-6	116	152
Otterwisch	47	-116	77	113
Parthenstein	48	-126	71	106
Thallwitz	49	-175	49	84
Thümmnitzwalde	69	84	149	184
Trebsen/Mulde	49	-108	76	111
Wurzen	52	-108	68	104
Zschadraß	66	86	154	190

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.16: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Niederschlesischer
Oberlausitzkreis

Gemeinde	Acker- zahl	Annuität [€/ha]		
		Mäh Hacker	Harvester	Motorsäge
Bad Muskau	31	-236	-43	-7
Boxberg/O.L. ¹⁾	21	-228	-53	-18
Gablenz	31	-240	-48	-12
Groß Düben	29	-246	-62	-27
Hähnichen	32	-234	-36	0
Hohendubrau	37	-144	90	125
Horka	38	-238	-20	16
Klitten	25	-243	-68	-33
Kodersdorf	39	-163	74	110
Königshain	48	-35	113	149
Krauschwitz	29	-217	-7	29
Kreba-Neudorf	26	-240	-61	-25
Markersdorf	53	13	138	174
Mücka	27	-240	-59	-23
Neißeau	28	-218	-11	25
Niesky	29	-235	-45	-10
Quitzdorf am See	30	-232	-37	-2
Reichenbach/O.L.	53	22	142	178
Rietschen	26	-239	-59	-23
Rothenburg/O.L.	30	-239	-48	-13
Schleife	27	-249	-72	-36
Schöpstal	53	-26	113	149
Sohland a. Rotstein	46	0	139	174
Trebendorf	25	-243	-69	-33
Uhyst	27	-245	-66	-30
Vierkirchen	53	-20	115	151
Waldhufen	37	-152	83	118
Weißkeiße	22	-231	-56	-21
Weißwasser/O.L.	21	-227	-52	-16

¹⁾ Oberlausitz

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.17: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Riesa-Großenhain

Gemeinde	Acker- zahl	Annuität [€/ha]		
		Mäh Hacker	Harvester	Motorsäge
Ebersbach	44	-204	47	83
Glaubitz	38	-129	94	130
Gröditz	29	-261	-87	-51
Großenhain	38	-145	82	118
Lampertswalde	39	-150	81	116
Hirschstein	43	-129	82	117
Nauwalde	32	-262	-81	-45
Nünchritz	38	-102	105	140
Priestewitz	51	-123	65	100
Riesa	54	-97	72	107
Röderaue	31	-242	-51	-15
Schönfeld	35	-165	85	121
Stauchitz	66	-20	94	130
Strehla	52	-98	76	111
Tauscha	34	-199	29	65
Thiendorf	34	-160	89	125
Weißig a. Raschütz	35	-152	88	124
Wildenhain	38	-135	92	128
Wülknitz	36	-175	65	101
Zabeltitz	34	-163	89	124
Zeithain	44	-172	58	94

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.18: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Sächsische Schweiz

Gemeinde	Acker- zahl	Annuität [€/ha]		
		Mäh Hacker	Harvester	Motorsäge
Bad Gottleuba-Berg.	37	-153	83	118
Bad Schandau	54	-119	59	95
Bahretal	39	-138	88	124
Dohma	46	-81	94	130
Dohna	56	-4	123	159
Dürrröhrsdorf-Ditter.	49	36	157	193
Gohrisch	45	-162	62	97
Heidenau	56	6	128	164
Hohnstein	42	5	145	181
Hohwald	37	-22	144	180
Kirnitzschtal	39	-114	98	133
Königstein/Sächs. S.	42	-154	75	110
Liebstadt	35	-147	90	126
Lohmen	61	139	195	231
Müglitztal	41	-90	103	138
Neustadt i. Sachsen	38	19	161	196
Pirna	52	-15	124	159
Porschdorf	50	-46	104	139
Rathen	49	-160	54	90
Rathmannsdorf	54	21	139	175
Reinhardtsdorf-Schö.	47	-168	57	92
Rosenthal-Bielatal	41	-160	72	108
Sebnitz	34	-117	107	143
Stadt Wehlen	58	119	182	218
Stolpen	46	15	154	190
Struppen	55	37	145	181

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.19: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Stollberg

Gemeinde	Acker- zahl	Annuität [€/ha]		
		Mäh Hacker	Harvester	Motorsäge
Auerbach	26	-160	69	105
Burkhardtsdorf	28	-146	92	128
Erlbach-Kirchberg	40	9	152	187
Gornsdorf	27	-172	54	90
Hohndorf	40	-158	72	108
Hormersdorf	29	-147	93	129
Jahnsdorf/Erzg.	38	-45	131	167
Lugau/Erzg.	38	-129	94	130
Neukirchen/Erzg.	36	-63	126	161
Niederdorf	36	-169	81	117
Niederwürschnitz	37	-47	133	169
Oelsnitz/Erzg.	36	-78	119	155
Stollberg/Erzg.	31	-164	73	109
Thalheim/Erzg.	26	-173	51	87
Zwönitz	30	-150	90	126

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.20: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Torgau-Oschatz

Gemeinde	Acker- zahl	Annuität [€/ha]		
		Mäh Hacker	Harvester	Motorsäge
Arzberg	58	-182	23	59
Beilrode	43	-207	32	68
Belgern	42	-213	22	57
Cavertitz	43	-158	71	106
Dahlen	44	-149	71	107
Dommitzsch	33	-225	-12	24
Dreiheide	32	-264	-84	-49
Elsnig	55	-234	6	42
Großtreben-Zwethau	57	-174	29	64
Liebschützberg	56	-99	66	102
Mockrehna	38	-267	-73	-38
Mügeln	77	15	91	127
Naundorf	71	25	105	141
Oschatz	57	-63	80	116
Pflückuff	33	-236	-38	-3
Schildau	34	-228	-14	22
Sornzig-Ablaß	71	69	137	173
Torgau	53	-225	14	50
Trossin	41	-257	-43	-7
Wermsdorf	50	-19	118	154
Zinna	62	-206	4	39

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.21: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Vogtlandkreis (Teil A)

Gemeinde	Ackerzahl	Annuität [€/ha]		
		Mäh Hacker	Harvester	Motorsäge
Adorf	23	-170	51	86
Auerbach/Vogtl.	26	-157	74	110
Bad Brambach	23	-102	139	174
Bad Elster	23	-109	136	172
Bergen	26	-168	58	94
Bösenbrunn	28	-170	59	95
Burgstein	32	-158	83	118
Eichigt	25	-168	56	92
Ellefeld	27	-167	62	98
Elsterberg	36	-163	82	118
Erlbach	20	-139	89	124
Falkenstein/Vogtl.	31	-156	84	120
Grünbach	22	-136	96	132
Hammerbrücke ¹⁾	21	...	...	...
Heinsdorfergrund	36	-132	97	132
Klingenthal/Sachsen	18	-120	113	149
Lengenfeld	32	-169	67	102
Leubnitz	35	-123	104	140
Limbach	37	-126	98	134
Markneukirchen	25	-156	73	109
Mehltheuer	36	-119	103	139
Morgenröthe-Rauten.	25	-143	93	128
Mühlental	27	-171	56	92
Mühltruff	35	-106	111	146
Mylau	38	-116	99	135
Netzschkau	38	-92	109	145
Neuensalz	38	-122	97	133
Neumark	40	-1	147	183
Neustadt/Vogtl.	26	-152	81	117
Oelsnitz	33	-144	97	133
Pausa/Vogtl.	35	-102	112	148
Pöhl	36	-167	82	117
Reichenbach i. Vogtl.	38	-170	74	110
Reuth	33	-103	117	153
Rodewisch	28	-170	60	95

¹⁾ nach Angaben der Statistik kein Ackerland in der Gemeinde vorhanden

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.22: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Vogtlandkreis (Teil B)

Gemeinde	Acker- zahl	Annuität [€/ha]		
		Mäh Hacker	Harvester	Motorsäge
Schöneck/Vogtl.	22	-136	96	132
Steinberg	25	-160	68	104
Syrau	37	-133	96	131
Tannenbergsthal ¹⁾	21	...	...	...
Theuma	34	-107	113	149
Tirpersdorf	33	-107	116	151
Treuen	35	-165	85	121
Triebel/Vogtl.	28	-165	66	102
Weischlitz	35	-143	91	127
Werda	25	-157	72	108
Zwota ¹⁾	16	...	...	...

¹⁾ nach Angaben der Statistik kein Ackerland in der Gemeinde vorhanden

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.23: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Weißeritzkreis

Gemeinde	Acker- zahl	Annuität [€/ha]		
		Mäh Hacker	Harvester	Motorsäge
Altenberg	22	-136	96	132
Bannewitz	60	43	137	173
Dippoldiswalde	37	-143	87	123
Dorfhain	41	-150	77	112
Freital	48	-36	113	149
Geising	28	-142	98	134
Glashütte	33	-161	90	126
Hartmannsdorf-Rei.	29	-149	100	136
Hermsdorf/Erzg.	21	-132	101	136
Höckendorf	40	-149	80	115
Kreischau	48	-56	104	140
Pretzschendorf	38	-115	100	135
Rabenau	40	-137	86	122
Reinhardtsgrimma	35	-148	90	126
Schmiedeberg	31	-149	102	137
Tharandt	50	-35	109	145
Wilsdruff	53	40	151	187

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.24: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten Landkreis Zwickauer Land

Gemeinde	Acker- zahl	Annuität [€/ha]		
		Mäh Hacker	Harvester	Motorsäge
Crimmitschau	47	25	156	192
Crinitzberg	28	-165	66	101
Dennheritz	51	45	157	193
Fraureuth	46	15	154	190
Hartenstein	37	-56	126	162
Hartmannsdorf b. Ki.	31	-160	88	124
Hirschfeld	34	-175	62	98
Kirchberg	30	-181	47	83
Langenbernsdorf	43	13	151	187
Langenweißbach	34	-168	71	107
Lichtentanne	41	23	162	198
Mülsen	40	35	170	206
Neukirchen/Pleiße	49	22	151	187
Reinsdorf	41	41	177	213
Werdau	42	15	156	192
Wildenfels	38	21	162	197
Wilkau-Haßlau	37	-58	125	161

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.25: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten kreisfreie Städte

Gemeinde	Acker- zahl	Annuität [€/ha]		
		Mäh Hacker	Harvester	Motorsäge
Chemnitz	47	-5	134	170
Dresden	55	-50	91	127
Görlitz	51	-51	99	135
Hoyerswerda	24	-240	-66	-30
Leipzig	58	-93	65	100
Plauen	35	-141	92	128
Zwickau	44	50	175	211

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.26: Berechnung von Annuitäten sowie notwendigen Jahreszahlungen beim Vertragsanbau ("Modell Finanzierung")

Gemeinde	Durchschnittlicher Ertragszuwachs [t _{atro} /ha/a]	Annuität Marktpreis [€/ha]	Annuität [€/ha] bei Jahreszahlung (JZ) von			JZ Annuität = 0 [€/ha]	JZ Annuität = Annuität Marktpreis [€/ha]
			300 [€/ha]	400 [€/ha]	500 [€/ha]		
Bad Lausick	7,94	-60	-72	41	154	363	310
Belgershain	7,63	-105	-90	23	136	380	287
Bennewitz	7,81	-101	-104	9	122	392	303
Brandis	7,90	-81	-90	23	136	380	308
Colditz	8,55	-30	-100	13	126	388	362
Grimma	9,07	-17	-109	4	117	397	382
Großbardau	7,30	-116	-76	37	150	368	265
Großbothen	7,63	-96	-81	32	145	372	287
Großpösna	8,00	-88	-109	4	117	397	319
Kitzscher	7,73	-91	-86	27	140	376	295
Kühren-Burkhar.	7,88	-82	-90	23	136	380	307
Mutzschen	10,89	69	-179	-66	47	459	520
Naunhof	7,74	-108	-104	9	122	392	297
Nerchau	9,39	-6	-128	-15	98	413	408
Otterwisch	7,25	-116	-72	41	154	363	261
Parthenstein	7,19	-126	-76	37	150	368	256
Thümmlitzwalde	11,05	84	-175	-62	51	455	529
Trebsen	7,43	-108	-81	32	145	372	276
Wurzen	7,56	-108	-95	18	131	384	289
Zschadraß	10,90	86	-161	-48	65	442	518

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.27: Berechnung von notwendigen Jahreszahlungen beim Vertragsanbau ("Modell Beteiligung")

Gemeinde	Durchschnittlicher Ertragszuwachs [t_{atro}/ha/a]	Annuität Marktpreis [€/ha]	JZ¹⁾ Annuität = 0 [€/ha]	Differenz zum „Modell Finanzierung“ [€/ha]	JZ Annuität = Annuität Marktpreis [€/ha]	Differenz zum „Modell Finanzierung“ [€/ha]
Bad Lausick	7,94	-60	351	-12	291	-19
Belgershain	7,63	-105	371	-9	266	-21
Bennewitz	7,81	-101	381	-11	280	-23
Brandis	7,90	-81	368	-12	287	-21
Colditz	8,55	-30	369	-19	339	-23
Grimma	9,07	-17	371	-26	354	-28
Großbardau	7,30	-116	362	-6	246	-19
Großbothen	7,63	-96	363	-9	267	-20
Großpösna	8,00	-88	383	-14	295	-24
Kitzscher	7,73	-91	365	-11	274	-21
Kühren-Burkhar.	7,88	-82	368	-12	286	-21
Mutzschen	10,89	69	413	-46	482	-38
Naunhof	7,74	-108	382	-10	274	-23
Nerchau	9,39	-6	384	-29	378	-30
Otterwisch	7,25	-116	359	-4	243	-18
Parthenstein	7,19	-126	363	-5	237	-19
Thümmlitzwalde	11,05	84	407	-48	491	-38
Trebsen	7,43	-108	365	-7	257	-19
Wurzen	7,56	-108	376	-8	268	-21
Zschadraß	10,90	86	396	-46	482	-36

¹⁾ bei einem Investitionszuschuss von 1.000 Euro je Hektar sowie konstanter Hackschnitzelpreisvergütung von 15 Euro je Tonne (atro)

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.28: Berechnung von Annuitäten sowie notwendigen Hackschnitzelpreisen bei der Vermarktung "frei Stock"

Gemeinde	Durchschnittlicher Ertragszuwachs [t _{atro} /ha/a]	Annuität Marktpreis [€/ha]	Annuität [€/ha] bei Hackschnitzelpreis (HSP) von			HSP Annuität = 0 [€/t _{atro}]	HSP Annuität = Annuität Marktpreis [€/t _{atro}]
			70 [€/t _{atro}]	80 [€/t _{atro}]	90 [€/t _{atro}]		
Bad Lausick	7,94	-60	-64	5	73	79	71
Belgershain	7,63	-105	-99	-33	32	85	69
Bennewitz	7,81	-101	-101	-33	34	85	70
Brandis	7,90	-81	-83	-15	53	82	70
Colditz	8,55	-30	-52	21	95	77	73
Grimma	9,07	-17	-30	49	127	74	72
Großbardau	7,30	-116	-106	-44	19	87	68
Großbothen	7,63	-96	-91	-25	41	84	69
Großpösna	8,00	-88	-93	-24	45	84	71
Kitzscher	7,73	-91	-89	-22	45	83	70
Kühren-Burkhar.	7,88	-82	-84	-16	52	82	70
Mutzschen	10,89	69	17	111	206	68	76
Naunhof	7,74	-108	-105	-38	28	86	70
Nerchau	9,39	-6	-27	54	135	73	73
Otterwisch	7,25	-116	-105	-43	19	87	68
Parthenstein	7,19	-126	-113	-51	11	88	68
Thümmlitzwalde	11,05	84	31	126	222	67	76
Trebsen	7,43	-108	-103	-39	25	86	69
Wurzen	7,56	-108	-107	-42	23	86	70
Zschadraß	10,90	86	34	128	223	66	76

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.29: Annuitäten der untersuchten Verfahrensketten bei der "Belieferung kommunaler Heizanlagen"

Gemeinde	Ackerzahl	Entfernung [km]	Annuität [€/ha]		
			Mähsammler	Harvester	Motorsäge
Bad Lausick	47	15	28	262	297
Belgershain	51	20	-46	197	233
Bennewitz	54	20	-41	193	229
Brandis	51	20	-20	210	245
Colditz	53	20	34	233	268
Grimma	55	5	138	320	356
Großbardau	48	5	-15	260	295
Großbothen	49	10	15	271	307
Großpösna	55	20	-27	198	234
Kitzscher	50	20	-32	206	242
Kühren-Burkhartshain	51	20	-21	209	245
Mutzschen	70	20	189	280	316
Naunhof	54	15	-21	223	259
Nerchau	59	10	154	320	356
Otterwisch	47	15	-41	229	265
Parthenstein	48	10	-27	255	290
Thümmlitzwalde	69	15	246	331	367
Trebsen	49	10	-6	262	298
Wurzen	52	20	-56	190	226
Zschadraß	66	20	206	297	333

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.30: Annuitäten bei finanzieller Förderung von KUP in Trinkwasserschutzgebieten

Verfahrenskette	Annuität [€/ha]				
	Konventionell	Trinkwasserschutzgebiet			
	Mortalität 2,0 %	Mortalität 2,5 %	Mortalität 3,0 %	Mortalität 3,5 %	Mortalität 4,0 %
Harvester	67	162	117	74	32
Motorsäge	103	198	153	109	67

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.31: Herleitung der durchschnittlichen Ertragszuwächse der KUP bei naturschutzfachlicher Anlage

Anlageoption	Konventionelle Nutzung			Extensive Nutzung		
	Durchschnittlicher Ertragszuwachs [t _{atro} /ha/a]	Anteil KUP-Bodenfläche [%]	Jährlicher Mortalitätsfaktor der Wurzelstöcke [%]	Durchschnittlicher Ertragszuwachs [t _{atro} /ha/a]	Anteil KUP-Bodenfläche [%]	Jährlicher Mortalitätsfaktor der Wurzelstöcke [%]
Ohne Besonderheiten	11,28	100,00	2,00	10,67	100,00	2,50
Blühfläche	10,15	90,00	2,00	9,61	90,00	2,50
Strauchmantel	10,72	95,00	2,00	10,14	95,00	2,50
Baumartenmischung	10,09	100,00	3,00	9,52	100,00	3,50

Quelle: eigene Annahmen nach LANDGRAF und SETZER (2012: 10f)

Anhang 5.32: Grenzpreise der Hackschnitzelerzeugung aus zertifizierten KUP in Abhängigkeit von der Anbaufläche sowie der Ertragsfähigkeit der Standorte (Wassergehalt 35 Prozent)

KUP-Fläche [ha]	Kosten Zertifizierung [€/ha]	Grenzpreis Hackschnitzel [€/t _{atro}]		
		Durchschnittliche Ertragsfähigkeit des Standorts		
		Hoch	Mittel	Gering
10,00	84,00	145,78	147,15	149,80
15,00	56,00	142,85	143,77	145,53
20,00	96,50	147,09	148,66	151,70
25,00	77,20	145,07	146,33	148,76
30,00	64,33	143,73	144,77	146,80
35,00	55,14	142,74	143,66	145,40
40,00	48,25	142,04	142,83	144,35

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.33: Jährliche Erzeugerpreise der untersuchten Kulturen im Freistaat Sachsen (Werte in Euro je Dezitonne)

Kultur	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Mittel
Winterweizen ¹⁾	21,33	17,64	12,03	17,72	19,32	22,70	17,18	15,72	17,96
Winterroggen ¹⁾	18,96	13,52	8,48	14,25	19,05	19,53	11,92	13,27	14,87
Wintergerste ¹⁾	18,99	14,30	8,69	13,20	17,45	20,09	15,01	13,03	15,10
Sommergerste ¹⁾	22,71	19,96	10,90	17,60	23,12	22,07	19,21	17,78	19,17
Wintertriticale ¹⁾	18,78	13,49	8,64	13,29	17,00	20,79	13,65	12,58	14,78
Sommerhafer ¹⁾	18,61	15,85	10,00	14,50	17,50	22,00	14,50	13,00	15,75
Winterraps ¹⁾	29,14	37,85	24,39	34,30	43,63	47,50	35,56	30,16	35,32
KUP ²⁾	9,80	10,60	11,30	11,30	13,50	12,60	13,50	13,30	12,00

¹⁾ Preismittel des 3. Quartals (€/dt)

²⁾ Preismittel des 1. Quartals (€/dt_{atro})

Quelle: ZMP (2007 bis 2009); AMI (2010 bis 2015); C.A.R.M.E.N. (2015)

Anhang 5.34: Jährliche Erträge der untersuchten Kulturen im Freistaat Sachsen (Werte in Dezitonnen je Hektar)

Kultur	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Mittel
Winterweizen	68,8	76,7	71,9	69,3	66,3	68,5	70,2	88,4	72,5
Winterroggen	44,2	49,3	52,5	46,2	40,4	56,2	54,8	59,3	50,4
Wintergerste	64,5	67,7	69,0	67,9	55,7	65,5	58,0	80,1	66,1
Sommergerste	45,1	43,5	47,8	49,6	52,7	57,6	49,1	63,7	51,1
Wintertriticale	51,8	56,0	54,4	52,4	48,2	56,2	57,6	64,9	55,2
Sommerhafer	42,3	41,8	50,4	42,7	46,8	55,9	48,1	57,6	48,2
Winterraps	32,8	36,1	41,6	38,5	31,5	37,2	36,8	46,0	37,6
KUP 4 Jahre ¹⁾	86,1	86,1	86,1	86,1	86,1	86,1	86,1	86,1	86,1
KUP 8 Jahre ¹⁾	117,1	117,1	117,1	117,1	117,1	117,1	117,1	117,1	117,1

¹⁾ Durchschnittlicher jährlicher Gesamtwuchs über die Gesamtstandzeit der Plantage

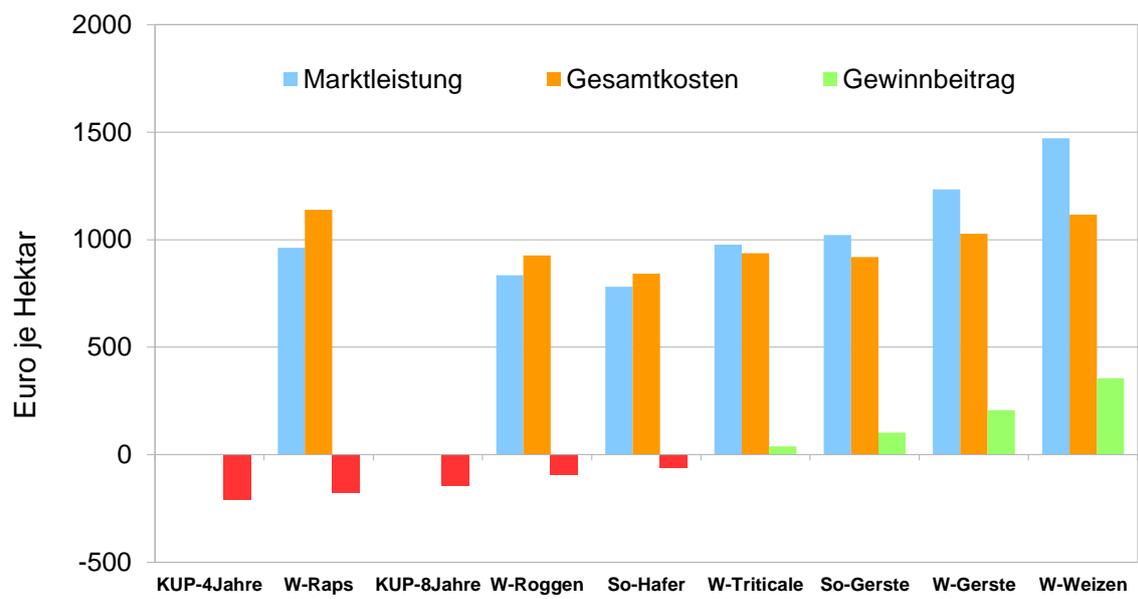
Quelle: STATISTISCHES LANDESAMT SACHSEN (2015a); HORN (2015)

Anhang 5.35: Jährliche Gewinnbeiträge der untersuchten Kulturen im Freistaat Sachsen
(Werte in Euro je Hektar; ohne Betriebsprämie)

Kultur	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Mittel ¹⁾
Winterweizen	354,96	210,22	-256,53	107,37	169,01	448,93	84,24	193,50	182,54
Winterroggen	-92,51	-282,51	-504,52	-281,75	-154,07	127,76	-305,13	-188,81	-204,54
Wintergerste	207,05	-61,82	-435,21	-136,17	-16,53	295,26	-128,17	-32,78	-32,10
Sommergerste	102,38	-31,11	-402,12	-53,29	281,26	320,67	10,55	161,90	40,89
Wintertriticale	39,45	-192,07	-473,15	-244,32	-108,81	214,28	-161,69	-162,21	-132,12
Sommerhafer	-60,55	-175,78	-370,39	-220,66	-41,02	339,23	-169,70	-141,77	-110,06
Winterraps	-176,69	195,27	-167,91	155,01	254,45	576,99	144,04	160,22	164,67
KUP 4 Jahre	-211,30	-166,72	-122,15	-122,15	-3,28	-55,28	-3,28	-10,71	-85,00
KUP 8 Jahre	-144,60	-76,27	-16,49	-16,49	171,41	94,54	171,41	154,33	43,30

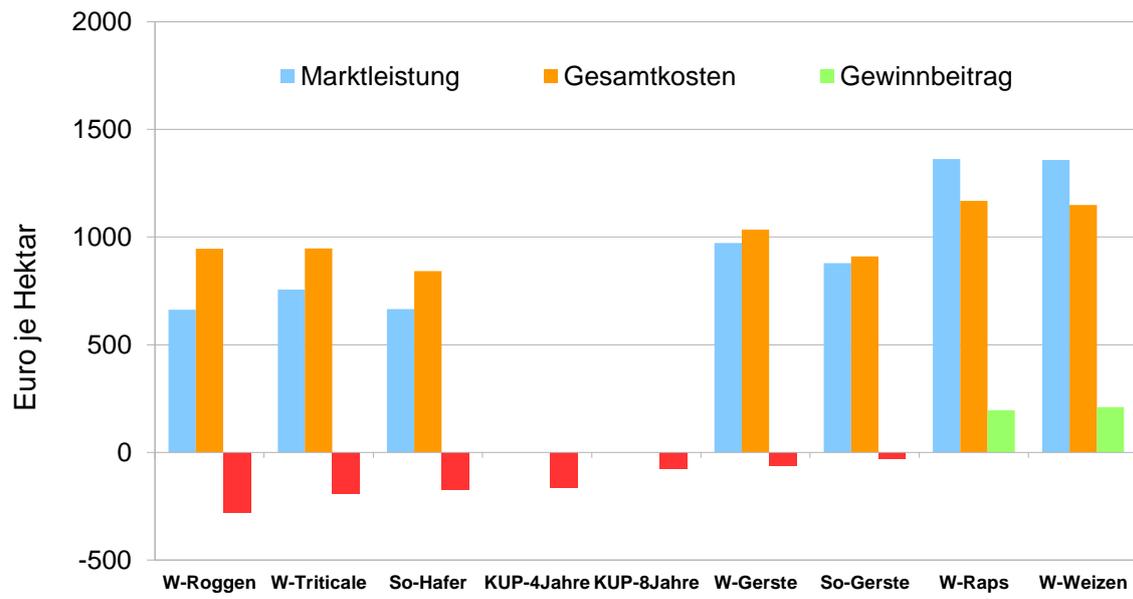
¹⁾Die Werte der letzten Spalte (Mittel) weisen nicht das arithmetische Mittel der berechneten Gewinnbeiträge der Einzeljahre 2007 bis 2014 aus, sondern die Gewinnbeiträge bei durchschnittlichen Preisen und Erträgen.

Quelle: eigene Berechnungen



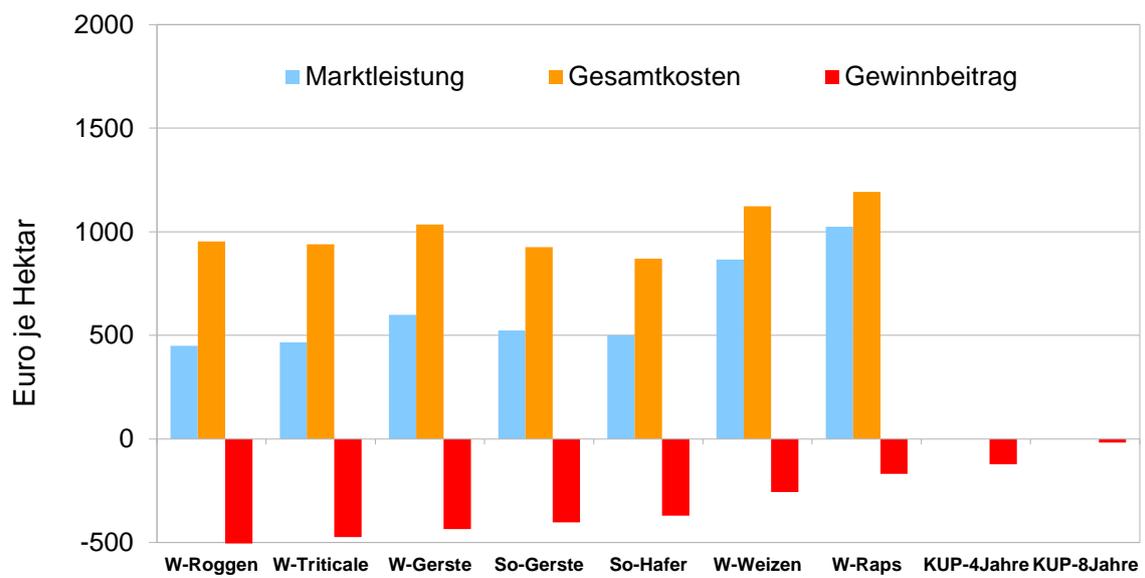
Anhang 5.36: Vergleich der Gewinnbeiträge von Marktfrüchten und KUP im Freistaat Sachsen (2007)

Quelle: eigene Darstellung



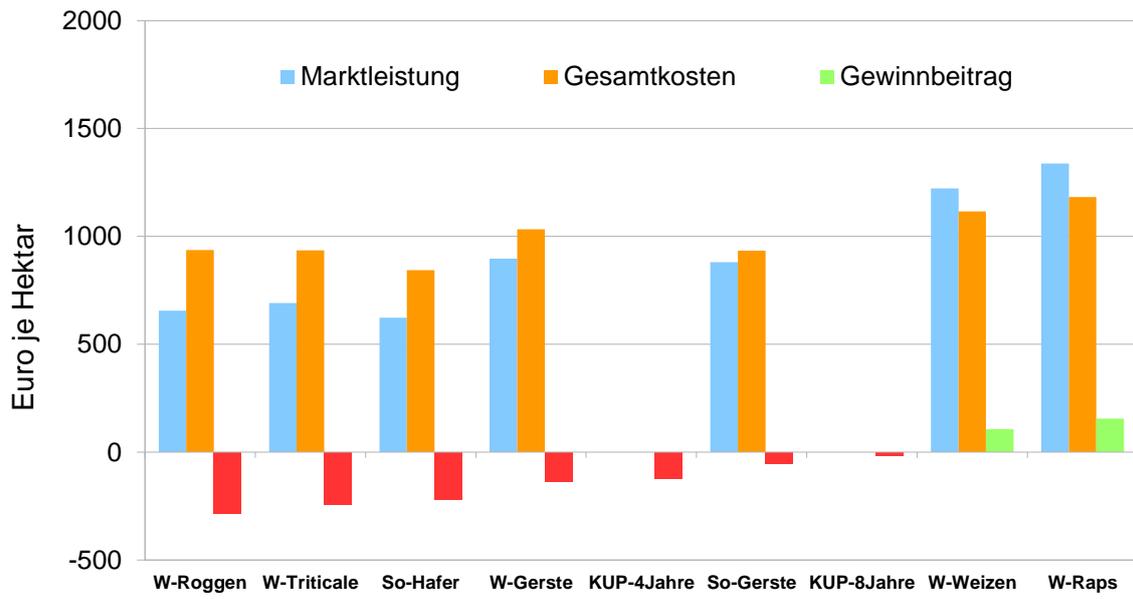
Anhang 5.37: Vergleich der Gewinnbeiträge von Marktfrüchten und KUP im Freistaat Sachsen (2008)

Quelle: eigene Darstellung



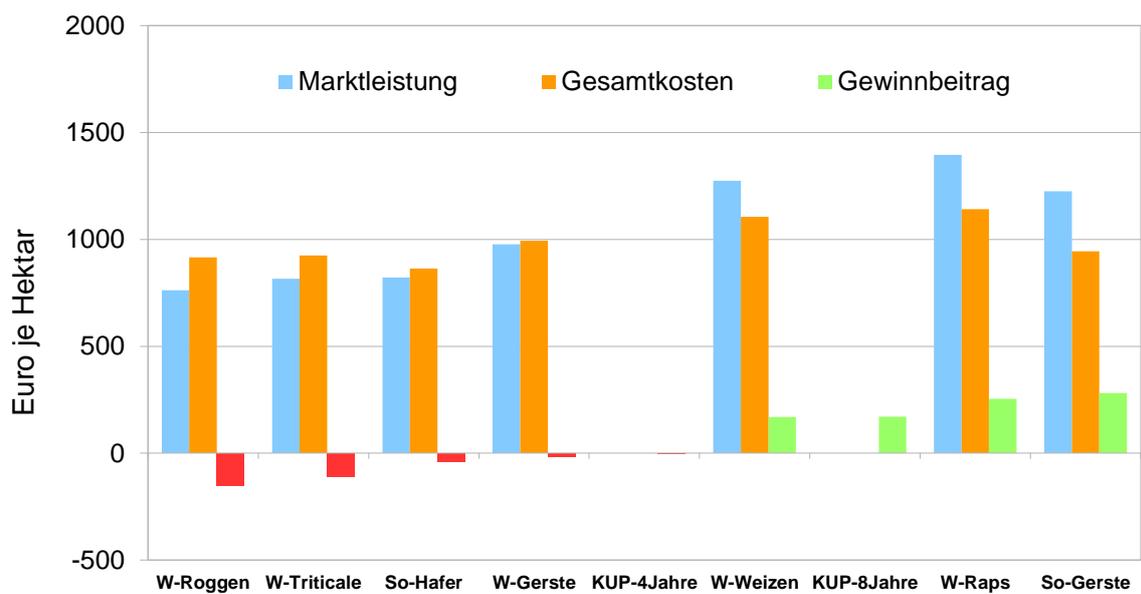
Anhang 5.38: Vergleich der Gewinnbeiträge von Marktfrüchten und KUP im Freistaat Sachsen (2009)

Quelle: eigene Darstellung



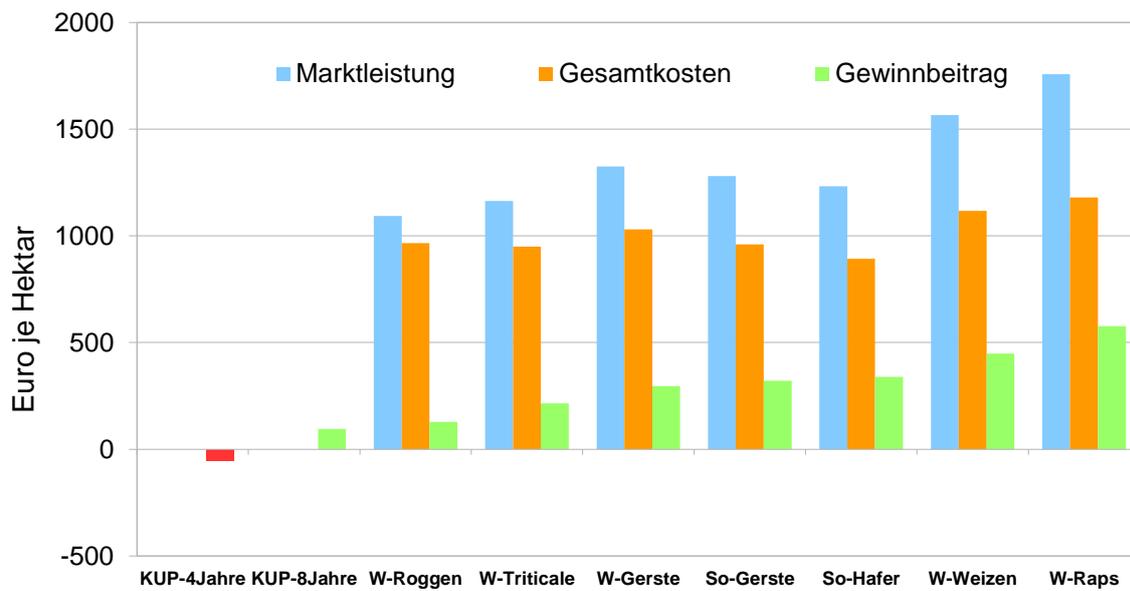
Anhang 5.39: Vergleich der Gewinnbeiträge von Marktfrüchten und KUP im Freistaat Sachsen (2010)

Quelle: eigene Darstellung



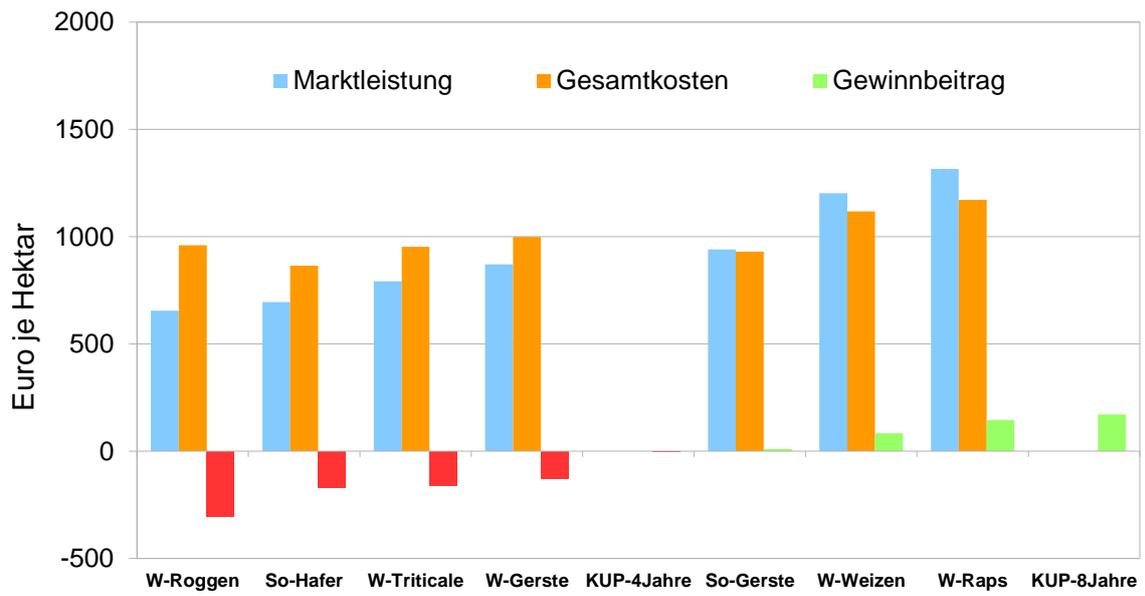
Anhang 5.40: Vergleich der Gewinnbeiträge von Marktfrüchten und KUP im Freistaat Sachsen (2011)

Quelle: eigene Darstellung



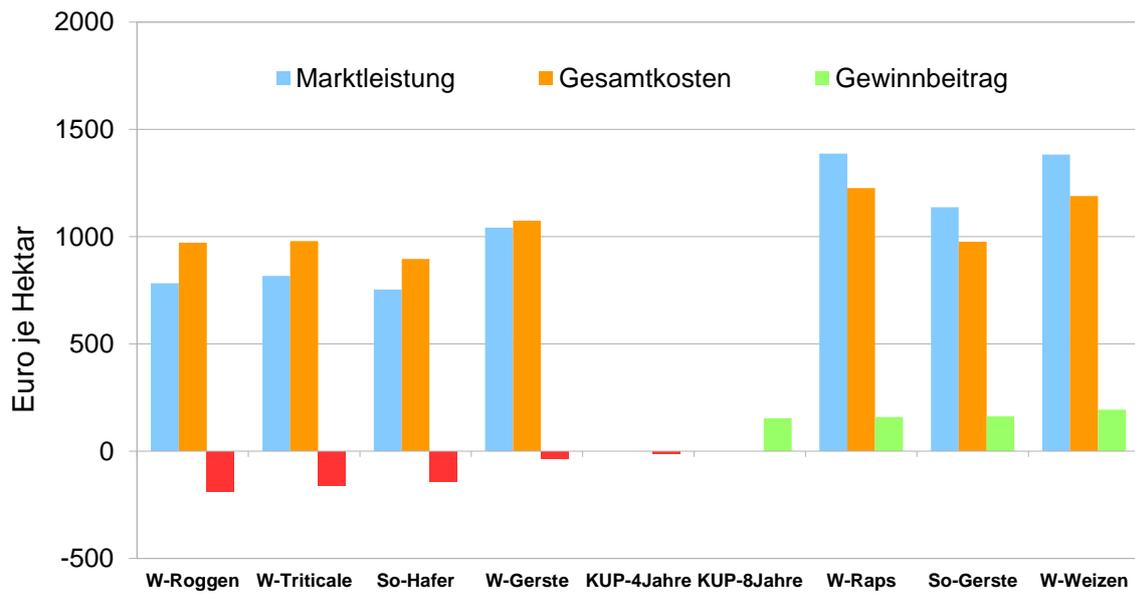
Anhang 5.41: Vergleich der Gewinnbeiträge von Marktfrüchten und KUP im Freistaat Sachsen (2012)

Quelle: eigene Darstellung



Anhang 5.42: Vergleich der Gewinnbeiträge von Marktfrüchten und KUP im Freistaat Sachsen (2013)

Quelle: eigene Darstellung



Anhang 5.43: Vergleich der Gewinnbeiträge von Marktfrüchten und KUP im Freistaat Sachsen (2014)

Quelle: eigene Darstellung

Anhang 5.44: Entwicklung der Ernteerträge von Wintergerste nach Kreisen und Jahren (Werte in Dezitonnen je Hektar)

Landkreis	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	MW ¹⁾	*1,1 ²⁾
Annaberg	60,0	56,2	61,7	65,4	51,9	40,7	62,6	52,7	50,2	53,3	55,5	61,0
Aue-Schwarz- enberg	51,1	52,7	61,2	61,3	49,6	40,6	57,3	48,6	45,6	55,3	52,3	57,6
Bautzen	60,5	62,8	57,2	73,5	49,7	35,7	79,5	64,3	54,3	64,4	60,2	66,2
Chemnitzer Land	65,7	67,2	65,7	73,2	59,9	39,8	68,2	64,5	61,5	71,3	63,7	70,1
Delitzsch	60,6	70,0	66,7	79,6	61,6	43,8	77,9	69,7	60,8	67,0	65,8	72,3
Döbeln	68,8	73,7	73,9	78,1	63,3	49,8	78,6	72,5	69,8	79,4	70,8	77,9
Freiberg	59,6	60,2	62,9	65,3	52,4	39,4	65,5	56,9	52,2	56,9	57,1	62,8
Kamenz	48,4	53,7	54,2	58,9	40,5	27,5	67,2	61,8	48,0	51,9	51,2	56,3
Leipziger Land	63,0	69,0	72,5	77,9	61,9	52,5	73,6	69,7	67,5	71,7	67,9	74,7
Löbau-Zittau	66,0	64,9	65,1	74,6	59,6	42,0	78,6	66,2	59,9	71,2	64,8	71,3
Meißen	69,6	77,7	78,1	82,0	62,4	52,0	81,8	76,4	68,7	75,9	72,5	79,7
Mittlerer Erz- gebirgskreis	59,7	54,1	56,8	64,6	54,4	45,3	60,8	58,7	51,0	53,0	55,8	61,4
Mittweida	59,5	65,2	67,6	74,1	56,0	49,6	74,9	68,3	65,7	70,9	65,2	71,7
Muldental- kreis	68,7	70,9	64,6	77,0	57,6	42,7	72,1	66,9	57,8	71,0	64,9	71,4
Niederschl. Oberlausitzkr.	55,9	55,8	53,6	69,1	52,7	28,1	75,7	58,9	48,7	52,3	55,1	60,6
Riesa- Großenhain	54,1	61,7	54,6	68,7	48,1	30,7	70,1	58,4	53,5	57,3	55,7	61,3
Sächsische Schweiz	55,0	53,1	55,2	61,8	46,2	38,9	58,5	55,9	53,5	58,6	53,7	59,0
Stollberg	52,9	58,6	60,1	62,5	50,8	45,7	65,3	57,2	53,9	59,3	56,6	62,3
Torgau- Oschatz	61,7	67,7	58,7	72,1	59,4	34,9	74,5	65,8	59,3	60,9	61,5	67,7
Vogtlandkreis	59,7	57,8	59,3	63,2	52,1	41,0	64,2	53,2	53,9	58,4	56,3	61,9
Weißeritz- kreis	58,4	57,0	60,0	69,1	53,7	42,7	69,3	56,8	56,7	61,5	58,5	64,4
Zwickauer Land	67,9	68,9	71,7	79,2	62,9	46,0	77,3	69,2	67,0	70,1	68,0	74,8
Sachsen	61,0	64,5	62,8	72,2	55,6	41,0	72,7	64,1	58,6	64,5	61,7	67,9

¹⁾ Mittelwert der Jahre 1998 bis 2007 (arithmetisches Mittel)

²⁾ eigene Annahme

Quelle: STATISTISCHES LANDESAMT SACHSEN (2015a)

Anhang 5.45: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Annaberg

Gemeinde	Ertrag Wintergerste [dt/ha]	
	Mäh Hacker	Motorsäge
Annaberg-Buchholz	53	76
Bärenstein ¹⁾
Crottendorf	53	77
Ehrenfriedersdorf	53	77
Elterlein	51	73
Gelenau/Erzg.	53	77
Geyer	51	74
Jöhstadt	52	75
Königswalde	52	74
Mildenau	52	75
Oberwiesenthal	52	75
Scheibenberg	51	74
Schlettau	51	74
Sehmatal	52	75
Tannenberg	55	77
Thum	54	77
Wiesenbad	52	75
Durchschnittsertrag Landkreis 1998 – 2007		55
Steigerung um 10 Prozent		61

¹⁾ nach Angaben der Statistik kein Ackerland in der Gemeinde vorhanden

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.46: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Aue-Schwarzenberg

Gemeinde	Ertrag Wintergerste [dt/ha]	
	Mäh Hacker	Motorsäge
Aue	57	79
Grünhain-Beierfeld	51	73
Bernsbach	54	77
Bockau ¹⁾
Breitenbrunn/Erzg. ¹⁾
Eibenstock	56	78
Erlabrunn ¹⁾
Johanngeorgenstadt ¹⁾
Lauter/Sachsen ¹⁾
Lößnitz	54	77
Markersbach	52	74
Pöhl ¹⁾
Raschau	53	76
Rittersgrün ¹⁾
Schlema	51	73
Schneeberg	56	78
Schönheide ¹⁾
Schwarzenberg/Erzg.	52	75
Sosa	51	74
Stützengrün ¹⁾
Zschorlau	55	77
Durchschnittsertrag Landkreis 1998 – 2007		52
Steigerung um 10 Prozent		58

¹⁾ nach Angaben der Statistik kein Ackerland in der Gemeinde vorhanden

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.47: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Bautzen

Gemeinde	Ertrag Wintergerste [dt/ha]	
	Mäh Hacker	Motorsäge
Bautzen	76	88
Bischofswerda	70	85
Burkau	77	89
Crostau	57	78
Cunewalde	60	80
Demitz-Thumitz	74	87
Doberschau-Gaußig	72	86
Frankenthal	71	86
Göda	81	91
Großdubrau	47	68
Großharthau	72	86
Großpostwitz/O.L.	68	83
Guttau	49	70
Hochkirch	72	86
Kirschau	62	80
Königswartha	46	65
Kubschütz	70	84
Malschwitz	65	82
Neschwitz	53	76
Neukirch/Lausitz	62	80
Obergurig	70	85
Puschwitz	68	83
Radibor	52	75
Rammenau	70	85
Schirgiswalde	61	80
Schmölln-Putzkau	71	85
Sohland a. d. Spree	66	82
Steinigtwolmsdorf	68	83
Weißenberg	72	86
Wilthen	64	81
Durchschnittsertrag Landkreis 1998 – 2007		60
Steigerung um 10 Prozent		66

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.48: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Chemnitzer Land

Gemeinde	Ertrag Wintergerste [dt/ha]	
	Mäh Hacker	Motorsäge
Bernsdorf	71	86
Callenberg	75	88
Gersdorf	72	86
Glauchau	75	88
Hohenstein-Ernstthal	67	83
Lichtenstein/Sachsen	65	82
Limbach-Oberfrohna	79	90
Meerane	83	92
Niederfrohna	80	90
Oberlungwitz	71	86
Oberwiera	83	92
Remse	75	88
Schönberg	81	91
St. Egidien	70	85
Waldenburg	80	90
Durchschnittsertrag Landkreis 1998 – 2007		64
Steigerung um 10 Prozent		70

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.49: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Delitzsch

Gemeinde	Ertrag Wintergerste [dt/ha]	
	Mäh Hacker	Motorsäge
Bad Dübén	46	65
Delitzsch	57	78
Doberschütz	43	61
Eilenburg	53	77
Jesewitz	61	80
Kossa	46	65
Krostitz	63	81
Laußig	45	63
Löbnitz	46	66
Neukyhna	71	85
Rackwitz	67	83
Schkeuditz	66	82
Schönwölkau	56	78
Taucha	66	83
Wiedemar	71	85
Zschepplin	52	74
Zwochau	71	85
Durchschnittsertrag Landkreis 1998 – 2007		66
Steigerung um 10 Prozent		72

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.50: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Döbeln

Gemeinde	Ertrag Wintergerste [dt/ha]	
	Mäh Hacker	Motorsäge
Bockelwitz	87	94
Döbeln	87	94
Ebersbach	83	92
Großweitzschen	86	94
Hartha	80	90
Leisnig	85	93
Mochau	88	95
Niederstriegis	78	89
Ostrau	83	92
Roßwein	81	91
Waldheim	80	90
Ziegra-Knobelsdorf	82	91
Zschaitz-Ottewig	85	93
Durchschnittsertrag Landkreis 1998 – 2007		71
Steigerung um 10 Prozent		78

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.51: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Freiberg

Gemeinde	Ertrag Wintergerste [dt/ha]	
	Mäh Hacker	Motorsäge
Augustusburg	53	77
Bobritzsch	64	81
Brand-Erbisdorf	61	80
Dorfchemnitz	53	76
Eppendorf	62	81
Falkenau	61	80
Flöha	60	80
Frankenstein	67	83
Frauenstein	55	77
Freiberg	68	83
Gahlenz	65	82
Großhartmannsdorf	55	77
Großschirma	73	87
Halsbrücke	70	85
Hilbersdorf	67	83
Leubsdorf	63	81
Lichtenberg/Erzg.	57	78
Mulda/Sachsen	53	76
Neuhausen/Erzg.	51	74
Niederschöna	71	85
Niederwiesa	70	85
Oberschöna	69	84
Oederan	64	81
Rechenberg-Bienen.	51	74
Reinsberg	74	87
Sayda	53	75
Weißborn/Erzg.	62	81
Durchschnittsertrag Landkreis 1998 – 2007		57
Steigerung um 10 Prozent		63

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.52: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Kamenz

Gemeinde	Ertrag Wintergerste [dt/ha]	
	Mäh Hacker	Motorsäge
Arnsdorf	65	82
Bernsdorf	44	62
Bretinig-Hauswalde	78	89
Crostwitz	80	90
Elsterheide	43	60
Elstra	80	90
Großnaundorf	51	74
Großröhrsdorf	78	89
Haselbachtal	64	82
Kamenz	55	77
Königsbrück	45	64
Laußnitz	46	65
Lauta	43	60
Leippe-Torno	44	61
Lichtenberg	65	82
Lohsa	43	61
Nebelschütz	64	82
Neukirch	46	66
Oberlichtenau	61	80
Ohorn	72	86
Oßling	43	61
Ottendorf-Okrilla	48	69
Panschwitz-Kuckau	82	91
Pulsnitz	64	82
Räckelwitz	70	85
Radeberg	61	80
Ralbitz-Rosenthal	45	64
Schöntheichen	46	65
Schwepnitz	43	61
Spreetal	44	62
Steina	71	85
Straßgräbchen	44	61
Wachau	64	82
Wiednitz	43	61
Wittichenau	46	65
Durchschnittsertrag Landkreis 1998 – 2007		51
Steigerung um 10 Prozent		56

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.53: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Leipziger Land

Gemeinde	Ertrag Wintergerste [dt/ha]	
	Mäh Hacker	Motorsäge
Böhlen	70	85
Borna	64	82
Deutzen	63	81
Elstertrebnitz	72	86
Espenhain	67	83
Eulatal	70	84
Frohburg	77	88
Geithain	81	91
Groitzsch	75	88
Großlehna	70	85
Großpösna	66	83
Kitzen	76	88
Kitzscher	64	82
Kohren-Sahlis	84	93
Lobstädt	65	82
Markkleeberg	69	84
Markranstädt	72	86
Narsdorf	86	94
Neukieritzsch	73	87
Pegau	75	88
Regis-Breitungen	68	83
Rötha	76	88
Zwenkau	75	87
Durchschnittsertrag Landkreis 1998 – 2007		68
Steigerung um 10 Prozent		75

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.54: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Löbau-Zittau

Gemeinde	Ertrag Wintergerste [dt/ha]	
	Mäh Hacker	Motorsäge
Beiersdorf	60	80
Bernstadt a. d. Eigen	72	86
Berthelsdorf	71	86
Bertsdorf-Hörnitz	67	83
Dürrehennersdorf	66	83
Ebersbach/Sachsen	66	83
Eibau	70	85
Friedersdorf	66	83
Großhennersdorf	69	84
Großschönau	67	83
Großschweidnitz	71	85
Hainwalde	70	85
Herrnhut	71	86
Hirschfelde	75	88
Jonsdorf	56	78
Lawalde	63	81
Leutersdorf	71	85
Löbau	74	87
Mittelherwigsdorf	77	88
Neugersdorf	70	85
Neusalza-Spremberg	65	82
Niedercunnersdorf	66	83
Obercunnersdorf	65	82
Oderwitz	73	87
Olbersdorf	74	87
Oppach	62	80
Ostritz	74	88
Oybin	55	78
Rosenbach	71	85
Schönau-Berzdorf	76	88
Schönbach	64	81
Seifhennersdorf	70	84
Strahwalde	70	84
Zittau	80	90
Durchschnittsertrag Landkreis 1998 – 2007		65
Steigerung um 10 Prozent		71

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.55: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Meißen

Gemeinde	Ertrag Wintergerste [dt/ha]	
	Mäh Hacker	Motorsäge
Coswig	51	73
Diera-Zehren	72	86
Käbschütztal	87	95
Ketzerbachtal	88	95
Klipphausen	85	93
Leuben-Schleinitz	88	95
Lommatzsch	85	93
Meißen	75	87
Moritzburg	50	72
Niederau	56	78
Nossen	82	91
Radebeul	60	80
Radeburg	49	70
Triebischtal	83	92
Weinböhla	45	63
Durchschnittsertrag Landkreis 1998 – 2007		72
Steigerung um 10 Prozent		80

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.56: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Mittlerer Erzgebirgskreis

Gemeinde	Ertrag Wintergerste [dt/ha]	
	Mäh Hacker	Motorsäge
Amtsberg	55	77
Börnichen/Erzg.	55	78
Borstendorf	56	78
Deuschneudorf	51	74
Drebach	53	76
Gornau/Erzg.	53	77
Großolbersdorf	52	76
Großrückerswalde	53	77
Grünhainichen	54	77
Heidersdorf	51	73
Lengefeld	53	76
Marienberg	53	76
Olbernhau	52	76
Pfaffroda	52	75
Pobershau ¹⁾
Pockau	52	75
Seiffen/Erzg.	51	74
Venusberg	54	77
Waldkirchen/Erzg.	51	73
Wolkenstein	52	74
Zöblitz	51	73
Zschopau	53	77
Durchschnittsertrag Landkreis 1998 – 2007		56
Steigerung um 10 Prozent		61

¹⁾ nach Angaben der Statistik kein Ackerland in der Gemeinde vorhanden

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.57: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Mittweida

Gemeinde	Ertrag Wintergerste [dt/ha]	
	Mäh Hacker	Motorsäge
Altmittweida	80	90
Lichtenau	84	93
Burgstädt	77	89
Claußnitz	82	91
Erlau	80	90
Frankenberg/Sachsen	72	86
Geringswalde	80	90
Hainichen	75	88
Hartmannsdorf	83	92
Königsfeld	77	89
Königshain-Wieder.	80	90
Kriebstein	80	90
Lunzenau	78	89
Mittweida	80	90
Mühlau	81	91
Penig	81	91
Rochlitz	84	92
Rossau	81	91
Seelitz	84	92
Striegistal	75	88
Taura	78	89
Tiefenbach	77	89
Wechselburg	81	91
Zettlitz	85	93
Durchschnittsertrag Landkreis 1998 – 2007		65
Steigerung um 10 Prozent		72

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.58: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Muldentalkreis

Gemeinde	Ertrag Wintergerste [dt/ha]	
	Mäh Hacker	Motorsäge
Bad Lausick	66	82
Belgershain	63	81
Bennewitz	65	82
Borsdorf	65	82
Brandis	65	82
Colditz	70	85
Falkenhain	63	81
Grimma	72	86
Großbardau	62	80
Großbothen	64	81
Hohburg	65	82
Kühren-Burkartshain	65	82
Machern	65	82
Mutzschen	84	93
Naunhof	64	82
Nerchau	74	87
Otterwisch	61	80
Parthenstein	61	80
Thallwitz	57	78
Thümmlitzwalde	85	93
Trebsen/Mulde	63	81
Wurzen	64	81
Zschadraß	84	93
Durchschnittsertrag Landkreis 1998 – 2007		65
Steigerung um 10 Prozent		71

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.59: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Niederschlesischer Oberlausitzkreis

Gemeinde	Ertrag Wintergerste [dt/ha]	
	Mäh Hacker	Motorsäge
Bad Muskau	46	65
Boxberg/O.L.	43	61
Gablenz	46	65
Groß Düben	45	63
Hähnichen	47	66
Hohendubrau	56	78
Horka	48	69
Klitten	43	61
Kodersdorf	55	77
Königshain	68	84
Krauschwitz	47	67
Kreba-Neudorf	44	62
Markersdorf	74	87
Mücka	44	62
Neißeau	47	67
Niesky	45	64
Quitzdorf am See	46	65
Reichenbach/O.L.	75	88
Rietschen	44	62
Rothenburg/O.L.	45	64
Schleife	44	61
Schöpstal	71	85
Sohland a. Rotstein	71	85
Trebendorf	43	61
Uhyst	44	62
Vierkirchen	71	85
Waldhufen	55	77
Weißkeißel	43	61
Weißwasser/O.L.	43	61
Durchschnittsertrag Landkreis 1998 – 2007		55
Steigerung um 10 Prozent		61

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.60: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Riesa-Großenhain

Gemeinde	Ertrag Wintergerste [dt/ha]	
	Mäh Hacker	Motorsäge
Ebersbach	53	77
Glaubitz	57	79
Gröditz	43	61
Großenhain	56	78
Lampertswalde	56	78
Hirschstein	59	79
Nauwalde	44	62
Nünchritz	59	79
Priestewitz	62	80
Riesa	65	82
Röderaue	46	64
Schönfeld	53	77
Stauchitz	75	88
Strehla	64	82
Tauscha	50	72
Thiendorf	53	77
Weißig a. Raschütz	54	77
Wildenhain	57	78
Wülknitz	53	76
Zabeltitz	53	77
Zeithain	56	78
Durchschnittsertrag Landkreis 1998 – 2007		56
Steigerung um 10 Prozent		61

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.61: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Sächsische Schweiz

Gemeinde	Ertrag Wintergerste [dt/ha]	
	Mäh Hacker	Motorsäge
Bad Gottleuba-Berg.	55	77
Bad Schandau	63	81
Bahretal	57	78
Dohma	64	81
Dohna	74	87
Dürrröhrsdorf-Ditter.	75	88
Gohrisch	57	78
Heidenau	74	87
Hohnstein	70	84
Hohwald	66	82
Kirnitzschtal	59	79
Königstein/Sächs. S.	56	78
Liebstadt	55	77
Lohmen	87	95
Müglitztal	61	80
Neustadt i. Sachsen	69	84
Pirna	71	86
Porschdorf	68	83
Rathen	58	79
Rathmannsdorf	75	88
Reinhardtsdorf-Schö.	57	78
Rosenthal-Bielatal	56	78
Sebnitz	57	78
Stadt Wehlen	84	93
Stolpen	72	86
Struppen	77	88
Durchschnittsertrag Landkreis 1998 – 2007		54
Steigerung um 10 Prozent		59

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.62: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Stollberg

Gemeinde	Ertrag Wintergerste [dt/ha]	
	Mäh Hacker	Motorsäge
Auerbach	51	73
Burkhardtsdorf	52	75
Erlbach-Kirchberg	69	84
Gornsdorf	50	72
Hohndorf	55	77
Hormersdorf	53	76
Jahnsdorf/Erzg.	64	82
Lugau/Erzg.	57	79
Neukirchen/Erzg.	62	81
Niederdorf	53	77
Niederwürschnitz	64	82
Oelsnitz/Erzg.	61	80
Stollberg/Erzg.	52	75
Thalheim/Erzg.	50	71
Zwönitz	53	76
Durchschnittsertrag Landkreis 1998 – 2007		57
Steigerung um 10 Prozent		62

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.63: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Torgau-Oschatz

Gemeinde	Ertrag Wintergerste [dt/ha]	
	Mäh Hacker	Motorsäge
Arzberg	59	79
Beilrode	52	75
Belgern	52	74
Cavertitz	56	78
Dahlen	58	79
Dommitzsch	48	68
Dreiheide	44	62
Elsnig	54	77
Großtreben-Zwethau	60	79
Liebschützberg	66	82
Mockrehna	46	65
Mügeln	82	91
Naundorf	81	90
Oschatz	69	84
Pflückuff	47	66
Schildau	48	68
Sornzig-Ablaß	85	93
Torgau	54	77
Trossin	48	68
Wermsdorf	70	85
Zinna	59	79
Durchschnittsertrag Landkreis 1998 – 2007		62
Steigerung um 10 Prozent		68

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.64: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Vogtlandkreis (Teil A)

Gemeinde	Ertrag Wintergerste [dt/ha]	
	Mäh Hacker	Motorsäge
Adorf	49	70
Auerbach/Vogtl.	51	73
Bad Brambach	54	77
Bad Elster	54	77
Bergen	50	72
Bösenbrunn	50	72
Burgstein	53	76
Eichigt	50	71
Ellefeld	50	72
Elsterberg	54	77
Erlbach	50	72
Falkenstein/Vogtl.	53	75
Grünbach	51	74
Hammerbrücke ¹⁾
Heinsdorfergrund	56	78
Klingenthal/Sachsen	51	74
Lengenfeld	52	74
Leubnitz	57	78
Limbach	57	79
Markneukirchen	51	73
Mehltheuer	57	79
Morgenröthe-Rauten.	52	74
Mühlental	50	72
Mühltroff	58	79
Mylau	58	79
Netzschkau	60	80
Neuensalz	58	79
Neumark	68	84
Neustadt/Vogtl.	51	74
Oelsnitz	54	77
Pausa/Vogtl.	58	79
Pöhl	53	77
Reichenbach i. Vogtl.	54	77
Reuth	58	79
Rodewisch	50	72

¹⁾ nach Angaben der Statistik kein Ackerland in der Gemeinde vorhanden

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.65: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Vogtlandkreis (Teil B)

Gemeinde	Ertrag Wintergerste [dt/ha]	
	Mäh Hacker	Motorsäge
Schöneck/Vogtl.	51	74
Steinberg	50	72
Syrau	57	78
Tannenbergsthal ¹⁾
Theuma	58	79
Tirpersdorf	57	79
Treuen	53	77
Triebel/Vogtl.	51	73
Weischlitz	55	77
Werda	51	73
Zwota ¹⁾
Durchschnittsertrag Landkreis 1998 – 2007		56
Steigerung um 10 Prozent		62

¹⁾ nach Angaben der Statistik kein Ackerland in der Gemeinde vorhanden

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.66: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Weißeritzkreis

Gemeinde	Ertrag Wintergerste [dt/ha]	
	Mäh Hacker	Motorsäge
Altenberg	51	74
Bannewitz	79	89
Dippoldiswalde	56	78
Dorfhain	56	78
Freital	68	84
Geising	53	76
Glashütte	53	77
Hartmannsdorf-Rei.	53	76
Hermsdorf/Erzg.	51	74
Höckendorf	56	78
Kreischa	67	83
Pretzschendorf	58	79
Rabenau	57	79
Reinhardtsgrimma	55	77
Schmiedeberg	53	77
Tharandt	69	84
Wilsdruff	76	88
Durchschnittsertrag Landkreis 1998 – 2007		59
Steigerung um 10 Prozent		64

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.67: Grenzerträge Wintergerste für die untersuchten Verfahrensketten Landkreis Zwickauer Land

Gemeinde	Ertrag Wintergerste [dt/ha]	
	Mäh Hacker	Motorsäge
Crimmitschau	73	87
Crinitzberg	51	73
Dennheritz	76	88
Fraureuth	72	86
Hartenstein	63	81
Hartmannsdorf b. Ki.	52	76
Hirschfeld	52	75
Kirchberg	50	72
Langenbernsdorf	71	85
Langenweißbach	53	75
Lichtentanne	71	85
Mülsen	71	86
Neukirchen/Pleiß	73	87
Reinsdorf	72	87
Werdau	70	85
Wildenfels	70	84
Wilkau-Haßlau	63	81
Durchschnittsertrag Landkreis 1998 – 2007		68
Steigerung um 10 Prozent		75

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.68: Grenzerträge Winterweizen in Abhängigkeit vom Erzeugerpreisniveau ("Region Grimma")

Gemeinde	Biomasseverkauf am freien Markt				Belieferung kommunaler Abnehmer			
	Annuität KUP [€/ha]	Grenzertrag Winterweizen [dt/ha]			Annuität KUP [€/ha]	Grenzertrag Winterweizen [dt/ha]		
		Erzeugerpreis [€/dt]				Erzeugerpreis [€/dt]		
		16,20	18,00	19,80		16,20	18,00	19,80
Bad Lausick	140	81	71	64	297	93	82	73
Belgershain	111	80	70	63	233	90	79	70
Bennewitz	106	81	71	63	229	90	79	71
Brandis	122	81	71	63	245	90	79	71
Colditz	141	83	73	65	268	93	82	73
Grimma	155	85	74	66	356	100	88	79
Großbardau	110	79	70	62	295	93	82	73
Großbothen	119	80	70	63	307	95	83	74
Großpösna	109	81	71	64	234	91	80	71
Kitzsch	119	80	71	63	242	90	79	70
Kühren-Burkhartshain	121	81	71	63	245	90	79	71
Mutzschen	173	91	80	71	316	102	89	80
Naunhof	103	80	71	63	259	93	81	72
Nerchau	152	86	75	67	356	102	89	80
Otterwisch	113	79	69	62	265	91	80	71
Parthenstein	106	79	69	62	290	93	82	73
Thümmnitzwalde	184	91	80	72	367	106	93	83
Trebsen/Mulde	111	80	70	62	298	94	83	74
Wurzen	104	80	70	63	226	89	78	70
Zschadraß	190	91	80	71	333	102	90	80
Muldentalkreis ¹⁾	...	70			...	70		

¹⁾ Ertragsmittel der Jahre 1998 bis 2007 inklusive Zuschlag von 10 Prozent

Quelle: eigene Berechnungen in Anlehnung an STATISTISCHES LANDESAMT SACHSEN (2015a)

Anhang 5.69: Liste zulässiger Gehölzarten für Niederwald mit Kurzumtrieb als ökologische Vorrangfläche

Gattung		Zulässige Arten als ökologische Vorrangfläche	
Botanische Bezeichnung	Deutsche Bezeichnung	Botanische Bezeichnung	Deutsche Bezeichnung
Salix	Weiden	Salix triandra ¹⁾	Mandelweide ¹⁾
		Salix viminalis ¹⁾	Korbweide ¹⁾
Populus	Pappeln	Populus alba ¹⁾	Silberpappel ¹⁾
		Populus canescens ¹⁾	Graupappel ¹⁾
		Populus nigra ¹⁾	Schwarzpappel ¹⁾
		Populus tremula ¹⁾	Zitterpappel ¹⁾
Betula	Birken	Betula pendula	Hänge-, Gemeine Birke
Alnus	Erlen	Alnus glutinosa	Schwarzerle
		Alnus incana	Grauerle
Fraxinus	Eschen	Fraxinus excelsior	Gemeine Esche
Quercus	Eichen	Quercus robur	Stieleiche
		Quercus petraea	Traubeneiche

¹⁾ Einschließlich der Kreuzungen auch mit anderen Arten dieser Gattung

Quelle: BMEL (2015c: 51)

Anhang 5.70: Daten der ökonomischen Bewertung der Optionen ökologischer Vorrangflächen

Kultur	Ertrag [dt/ha]	Aktuelles Preisniveau		Preissteigerung ¹⁾ 10 Prozent	
		Preis [€/dt]	Gewinn [€/ha]	Preis [€/dt]	Gewinn [€/ha]
Qualitätsweizen	75,00	18,00	166,88	19,80	301,07
Braugerste	55,00	19,00	48,16	20,90	152,03
Winterraps	40,00	34,00	123,58	37,40	256,86
Futtergerste	75,00	15,00	22,03	16,50	133,86
Ackerbohne	40,00	20,00	-149,70 ²⁾	22,00	-71,22 ²⁾
KUP (Hybriden)	107,00 ³⁾	13,70	72,40 ⁴⁾	13,70	72,40
KUP (Mischung)	95,00 ³⁾	13,70	-52,15 ⁴⁾	13,70	-52,15
Brache (Selbstbegrünung)	...	...	-419,35	...	-419,35
Zwischenfrucht	...	...	-171,19	...	-171,19

¹⁾ der Marktfruchtpreise

²⁾ Erhöhung um 150 Euro je Hektar bei Berücksichtigung des Vorfruchtwerts

³⁾ durchschnittlicher jährlicher Gesamtzuwachs (s. Tabelle 5.4 in Kapitel 5.1.4)

⁴⁾ s. Tabelle 5.4 in Kapitel 5.1.4

Quelle: eigene Berechnungen

Anhang 5.71: Anbauflächen und Gewinnbeiträge bei verschiedenen Nutzungen der ökologischen Vorrangflächen (erhöhtes Marktfruchtpreinsniveau)

Szenario	Anbaufläche der einzelnen Kulturen [ha]					Gewinnbeitrag [€]	Differenz zum Ausgang [€/ha]
	Winterweizen	Wintergerste	Winterrap	Sommergerste	Vorrangfläche		
Ausgang	100	50	50	0	0	49.643	0,00
Streifenbrache	97	48	48	0	7	45.023	-23,10
Brachfläche	96	47	47	0	10	43.073	-32,85
Ackerbohne	93	46	46	0	15	44.904 ¹⁾	-23,69 ²⁾
KUP (Hybriden)	84	41	41	0	34	43.757	-29,43
KUP (Mischung)	84	41	41	0	34	39.541	-50,51
Zwischenfrucht	100	16	50	34	34	44.440	-26,01

¹⁾ 47.154 Euro bei Berücksichtigung des Vorfruchtwerts in Höhe von 150 Euro je Hektar

²⁾ -12,44 Euro je Hektar bei Berücksichtigung des Vorfruchtwerts

Quelle: eigene Berechnungen

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und die den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Datum

Unterschrift des Antragstellers

Lebenslauf

Mathias Kröber

Wohnsitz:

Alte Dorfstraße 38a
04838 Doberschütz
OT Paschwitz

PERSÖNLICHE DATEN:

geboren am 25.01.1982 in Eilenburg

SCHULAUSBILDUNG:

1988 - 1992 Besuch der Hans-Beimler-Oberschule in Eilenburg-Ost
1992 - 2000 Besuch des Karl-August-Möbius-Gymnasiums in Eilenburg-Ost, Abitur

GRUNDWEHRDIENST:

01.09.2000 - 30.06.2001 in Leipzig (General-Olbricht-Kaserne)

STUDIUM:

Diplomstudiengang Agrarwissenschaften an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Beginn: 15.10.2001 (Wintersemester 2001/2002)
Ende: 11.07.2006 (Sommersemester 2006)
Abschluss: Diplom-Agraringenieur

Doktorand an der Professur für Landwirtschaftliche Betriebslehre
(Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften) der Martin-Luther-
Universität Halle-Wittenberg
angestrebter Abschluss: Promotion

BESCHÄFTIGUNG:

2006 bis 2015 Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Bearbeitung der Drittmittelprojekte AGROWOOD, Greenergy und
AgroForNet

seit 01.01.2016: Mensdorfer Agrargenossenschaft e.G. Mörtitz

Halle (Saale), 30.11.2017