

ENERGIEHOLZ aus der Landwirtschaft



Gefördert durch:



Bundesministerium für
Ernährung, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

IMPRESSUM

Herausgeber

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)
OT Gülzow, Hofplatz 1
18276 Gülzow-Prüzen
Tel.: 03843/6930-0
Fax: 03843/6930-102
info@fnr.de
www.nachwachsende-rohstoffe.de
www.fnr.de

Mit Förderung des Bundesministeriums für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz aufgrund eines
Beschlusses des Deutschen Bundestages

Text

Manuela Bärwolff, Dr. Hermann Hansen, Dr. Martin Hofmann, Dr. Frank Setzer

Redaktion

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)/
Abteilung Öffentlichkeitsarbeit

Bilder

Titel: FNR, Hüttmann GmbH, Jenz GmbH, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL)

Gestaltung/Realisierung

www.tangram.de, Rostock

Druck

www.druckerei-weidner.de, Rostock

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier
mit Farben auf Pflanzenölbasis

Bestell-Nr. 292
5. vollständig überarbeitete Auflage
FNR 2012

INHALT

1	Einleitung	4
2	Gesetzliche Bestimmungen und finanzielle Förderung	5
3	Baumarten und Standorte	9
4	Kulturbegründung	13
5	Flächenmanagement	18
6	Holzernte	22
7	Betriebswirtschaftliche Betrachtung	25
8	Ökologische Aspekte	36
9	Agroforstwirtschaft	37
10	Umrechnungszahlen	44
11	Weiterführende Literatur	47
12	Ausgewählte Beratungsinstitutionen	50
13	Anbieter von Pflanzgut und Lohndienstleistungen	52

1 EINLEITUNG

Die Bewirtschaftung schnellwachsender Baumarten, i.d.R. Pappel oder Weide, in kurzen Umtriebszeiten ist eine extensive Form der Landnutzung, die mit Blick auf den Klimaschutz und die aktuelle Entwicklung der Preise für fossile Energieträger zunehmend interessant erscheint.

Biomasse aus Kurzumtriebsbeständen kann in Form von Hackschnitzeln zur dezentralen, umweltfreundlichen Energieversorgung eingesetzt werden. Dabei sind „Feldhackschnitzel“ eine mögliche Ergänzung zu den aktuell stark nachgefragten Energieholzsortimenten aus der Forstwirtschaft. Grundsätzlich erlauben die administrativen Rahmenbedingungen der Europäischen Union auch die Erzeugung von (Schwach-) Stammholz mit entsprechend höherwertiger Verwendung in bis zu 20-jährigen Umtriebszeiten auf Ackerland.

Für den Anbau werden leistungsfähige Sorten von geeigneten Baumarten über Steckhölzer vermehrt und voll mechanisiert gepflanzt. Bei Beerntung in der vegetationsfreien Zeit sind vitale Stockausschläge und hohe Erträge für mindestens zwei Jahrzehnte garantiert. Die Art der Bewirtschaftung weist viele Parallelen zur historischen Niederwald-Brennholzwirtschaft im Stockausschlagbetrieb auf. Die Nutzung des Stockausschlag bestimmter Weichlaubhölzer wurde modifiziert und zu einer voll mechanisierten Produktionsmöglichkeit für Holz auf landwirtschaftlichen Flächen weiterentwickelt.

Erste Versuche mit dem Anbau von Pappeln im Kurzumtrieb wurden 1976 im Wesertal in der Nähe von Hann. Münden angestellt. Von 1982 bis 1996 ermöglichte die finanzielle Förderung der Bundesregierung ein interdisziplinäres Verbundforschungsprojekt, in dem alle Aspekte des Anbaus schnellwachsender Baumarten und deren Nutzung in kurzen Umtriebszeiten untersucht wurden. Gegenstand eines weiteren, 6-jährigen Untersuchungszeitraums (1997–2003) waren die Produktionsmöglichkeiten für Pappelholz zur stofflichen Nutzung.

Anbaukonzepte müssen an der in Deutschland bestehenden Agrarstruktur und an möglichen Verwertungslinien orientiert sein. Entscheidende Voraussetzung für die Praxis-einführung schnellwachsender Baumarten ist deshalb die Klärung folgender Fragen:

- Was ist beim Anbau zu beachten?
- Welche Baumarten bzw. welche Sorten sind zu empfehlen?
- Welche Ernteverfahren gibt es?
- Wie stellt sich die Wirtschaftlichkeit dar?

Der Beantwortung dieser und weiterer Fragen ist die vorliegende Leitlinie gewidmet. Sie fasst den aktuellen Stand des Wissens aus bisheriger Forschung und ersten Praxisanbauten zusammen und wendet sich damit an den praktischen Landwirt.

2 GESETZLICHE BESTIMMUNGEN UND FINANZIELLE FÖRDERUNG

Die aktuellen Bioenergieszenarien und Biomasseaktionspläne sehen vor, die Erzeugung von Energieholz auf landwirtschaftlichen Ackerflächen deutlich auszuweiten. Eine wesentliche Voraussetzung dafür ist, dass die Flächeneigentümer bzw. Landwirte zu jedem Zeitpunkt im Produktionszyklus die volle Entscheidungs- und Handlungsfreiheit über die aktuelle und künftige Nutzung ihrer Flächen behalten.

Gemäß der geltenden Gesetzeslage fallen landwirtschaftliche Flächen mit Baumpflanzungen, sofern die Umtriebszeit der gepflanzten Bäume nicht mehr als 20 Jahre beträgt, nicht in den Geltungsbereich der Waldgesetze von Bund und Ländern: Kurzumtriebsplantagen sind kein Wald. Mit der entsprechenden Novellierung der Waldgesetze wurden frühere Anbauhemmnisse bzw. Unsicherheiten beseitigt und die Erzeugung von Energieholz in Kurzumtriebsplantagen bzw. von Wertholz in Agroforstsystemen begünstigt.

Folgende Rechtsnormen sind für den Feldholzanbau relevant:

Flächenstatus, zulässige Umtriebszeit

Bundeswaldgesetz (BWaldG i. d. F. v. 31. Juli 2010)

§ 2 Wald

(1) [...]

(2) Kein Wald im Sinne dieses Gesetzes sind

1. Grundflächen, auf denen Baumarten mit dem Ziel baldiger Holzentnahme angepflanzt werden und deren Bestände eine Umtriebszeit von nicht länger als 20 Jahren haben (Kurzumtriebsplantagen),
2. Flächen mit Baumbestand, die gleichzeitig dem Anbau landwirtschaftlicher Produkte dienen (agroforstliche Nutzung),
3. mit Forstpflanzen bestockte Flächen, die am 06. August 2010 in dem in § 3 Satz 1 der InVeKoS-Verordnung vom 03. Dezember 2004 (BGBl. I S. 3194), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 07. Mai 2010 (eBAnz AT51 2010 V1) geändert worden ist, bezeichneten Flächenidentifizierungssystem als landwirtschaftliche Flächen erfasst sind, solange deren landwirtschaftliche Nutzung andauert und
4. in der Flur oder im bebauten Gebiet gelegene kleinere Flächen, die mit einzelnen Baumgruppen, Baumreihen oder mit Hecken bestockt sind oder als Baumschulen verwendet werden.

(3) [...]

Begriffsdefinition, Beihilfefähigkeit

Verordnung (EG) 1120/2009 vom 29. Oktober 2009

Niederwald mit Kurzumtrieb

Flächen, die mit Gehölzarten des KN-Codes 0602 90 41 bestockt sind, bei denen es sich um mehrjährige Gehölzpflanzen handelt, deren Wurzelstock oder Baumstumpf

nach der Ernte im Boden verbleibt und in der nächsten Saison wieder austreibt; diese Gehölze müssen auf einer von den Mitgliedstaaten ab 2010 zu erstellenden Liste der für den Kurzumtrieb geeigneten Arten und deren maximalen Erntezyklen stehen.

Dauerkulturen

Nicht in die Fruchtfolge einbezogene Kulturen außer Dauergrünland, die für die Dauer von mindestens fünf Jahren auf den Flächen verbleiben und wiederkehrende Erträge liefern, einschließlich Reb- und Baumschulen und Niederwald mit Kurzumtrieb.

Baumartenkatalog

Bekanntmachung Nr. 05/10/31 der Liste der für Niederwald mit Kurzumtrieb bei der Betriebsprämie geeigneten Arten und deren maximale Erntezyklen vom 12. Mai 2010 geändert durch Bekanntmachung Nr. 15/10/31 vom 17. Dezember 2010.

Kurzumtriebsplantagen können grundsätzlich sowohl auf Ackerland als auch auf Dauergrünland angelegt werden. Bei einer Neuanlage von Niederwald im Kurzumtrieb ist daher zu beachten, dass sich hierdurch der Status Dauergrünland in Dauerkultur verändert. Dementsprechend sind die landesrechtlichen Regelungen zum Grünlandumbruch zu beachten.

Pflanzgut – Forstvermehrungsgutgesetz (FoVG)

Bei einer Kurzumtriebsplantage mit Pappeln oder anderen zulässigen Baumarten, mit Ausnahme der Weide sind die Bestimmungen des Forstvermehrungsgutgesetzes (FoVG) zu beachten. Als schnellwüchsige Forstgehölze unterliegen die Pappeln den gesetzlichen Bestimmungen des FoVG unabhängig vom Flächenstatus einer Plantage ebenso wie die zulässigen weiteren

Pappel	<i>Populus</i>	alle Arten zulässig	zulässige Umbetriebszeit bei allen Arten bis maximal 20 Jahre
Weide	<i>Salix</i>	alle Arten zulässig	
Robinie	<i>Robinia</i>	alle Arten zulässig	
Birke	<i>Betula</i>	alle Arten zulässig	
Erle	<i>Alnus</i>	alle Arten zulässig	
Esche	<i>Fraxinus</i>	Gemeine Esche, <i>F. excelsior</i>	
Eiche	<i>Quercus</i>	Stiel-, Trauben-, und Roteiche; <i>Q. robur</i> , <i>Q. petraea</i> , <i>Q. rubra</i>	

Baumarten mit Ausnahme der Weide. Darüber hinaus sind bei der Vermehrung und dem in Verkehr bringen von züchterisch bearbeitetem Pflanzgut auch privatrechtliche Fragen (Sortenschutz) zu beachten.

Das FoVG unterscheidet quellengesichertes, ausgewähltes, qualifiziertes und geprüftes Ausgangsmaterial. Bei der Pappel handelt es sich in der Regel um selektiertes Material bzw. Züchtungsformen (Hybriden), die vegetativ vermehrt werden. Dieses Vermehrungsgut darf nur unter der Kategorie „geprüft“ erzeugt und in den Verkehr gebracht werden.

- Geprüftes Vermehrungsgut muss einen „verbesserten Anbauwert“ besitzen. Darunter versteht man Material, das sich im Vergleich zu sog. Prüfstandards (in ihren Eigenschaften bekannte Sorten) bei mindestens einem der genetischen Merkmale unterliegendes Merkmal als überlegen und bei den anderen als mindestens gleichwertig erwiesen hat.

Bei den übrigen (generativ vermehrten) Baumarten ist auch nach FoVG zugelassenes Material der Kategorie „ausgewählt“ und „qualifiziert“ zulässig. Vermehrungsgut für die Begründung von Kurzumtriebsplantagen darf nur von angemeldeten Forstsaamen- oder Forstpflanzenbetrieben erzeugt und in Verkehr gebracht werden. Die technischen Einzelheiten sind über die zuständigen Landesstellen erhältlich.

Zusammenfassend ist festzuhalten

1. Auf landwirtschaftlich genutzten Flächen können Energiehölzer angebaut und Zahlungsansprüche aktiviert werden.
2. Für Niederwald mit Kurzumtrieb bzw. schnellwüchsige Forstgehölze ist die Umtriebszeit auf höchstens 20 Jahre begrenzt. Die Zeit einer Aufwuchs- und Ernteperiode stellt einen Umtrieb dar. Als Nutzungsdauer ist die Zeitspanne zwischen der Pflanzung von schnellwüchsigen Forstgehölzen und deren ein- oder mehrmaliger Aberntung, Rodung bzw. die Wiederherstellung des ursprünglichen Flächenzustandes zu verstehen.
3. Mehrere aufeinander folgende Beerntungen im Abstand von max. 20 Jahren sind möglich.

Finanzelle Förderung

Eine finanzielle Förderung erfolgt indirekt über die Gewährung der Betriebsprämie, das Agrarinvestitionsprogramm (Investitionen zur Diversifizierung) und das Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (EEG). Verschiedene Bundesländer sind um weitere Fördermöglichkeiten bemüht. Im konkreten Fall empfiehlt es sich deshalb, die Landwirtschaftsbehörden zu kontaktieren.

Bei der letzten EEG - Novelle wurde auch die Biomasseverordnung (BiomasseV) mit Wirkung zum 1. Januar 2012 umfassend geändert. In ihrer novellierten Fassung regelt die BiomasseV ab dem Jahr 2012 auch, für

welche Rohstoffe eine zusätzliche einsatzstoffbezogene Vergütung in Anspruch genommen werden kann und wie die einsatzstoffbezogene Vergütung zu berechnen ist (Verordnung über die Erzeugung von Strom aus Biomasse, konsolidierte (unverbindliche) Fassung des Verordnungstextes in der ab 01. Januar 2012 geltenden Fassung).

Einsatzstoffvergütungsklasse I, Anlage 2 Nr. 22

Holz aus Kurzumtriebsplantagen (KUP) mit Ausnahme von Nummer 18 der Anlage 3. Als KUP gelten Anpflanzungen mehrjähriger Gehölzkulturen mit einer Umtriebszeit von mindestens drei und höchstens 20 Jahren auf landwirtschaftlichen Flächen, die allein oder im Rahmen einer agroforstlichen Nutzung der Energieholzgewinnung dienen, und die nicht Wald im Sinne des Bundeswaldgesetzes sind, einschließlich Rinde.

- Zur Grundvergütung kommen hinzu:
 - 6 ct/kWh bei Anlagen bis 500 kW_{el}
 - 5 ct/kWh bei Anlagen > 500-750 kW_{el}
 - 4 ct/kWh bei Anlagen > 750-5.000 kW_{el}

Einsatzstoffvergütungsklasse II, Anlage 3 Nr. 18

Holz aus KUP im Sinne von Nummer 22 Satz 2 der Anlage 2, sofern die KUP nicht auf Grünlandflächen (mit oder ohne Grünlandumbruch), in Naturschutzgebieten, in Natura 2000-Gebieten oder in Nationalparks angepflanzt wurden und sofern keine zusammenhängende Fläche von mehr als 10 ha in Anspruch genommen wurde, einschließlich Rinde.

- Zur Grundvergütung kommen hinzu:
 - 8 ct/kWh bei Anlagen bis 5.000 kW_{el}

Darüber hinaus wurde das Ausschließlichkeitsprinzip aufgehoben, d.h. die zusätzliche einsatzstoffbezogene Vergütung wird anteilig auch dann gewährt, wenn mit weiteren Energieholzsortimenten gemischt wird.

3 BAUMARTEN UND STANDORTE

Nach den bisherigen Ergebnissen kommen für die Bewirtschaftung im Kurzumtrieb derzeit bestimmte Pappel- und Weidearten und vor allem deren Hybriden in Betracht. Durch ihre Raschwüchsigkeit in der Jugend und die Fähigkeit, vom Stock auszuschlagen, sind sie verschiedenen anderen Waldbaumarten in der Ertragsleistung deutlich überlegen.

In Abbildung 1 wird das starke Jugendwachstum der Pappeln im Verhältnis zu den Baumarten Buche, Eiche und Erle im konventionellen Anbau deutlich. Die in kürzeren Umtriebszeiten von 1–10 Jahren im Feldversuch ermittelten Ergebnisse belegen die besondere Eignung von Hybridpappeln und einigen Weidenzüchtungen. Auch bei Vergleichsanbauten mit Birke und Robinie wurden,

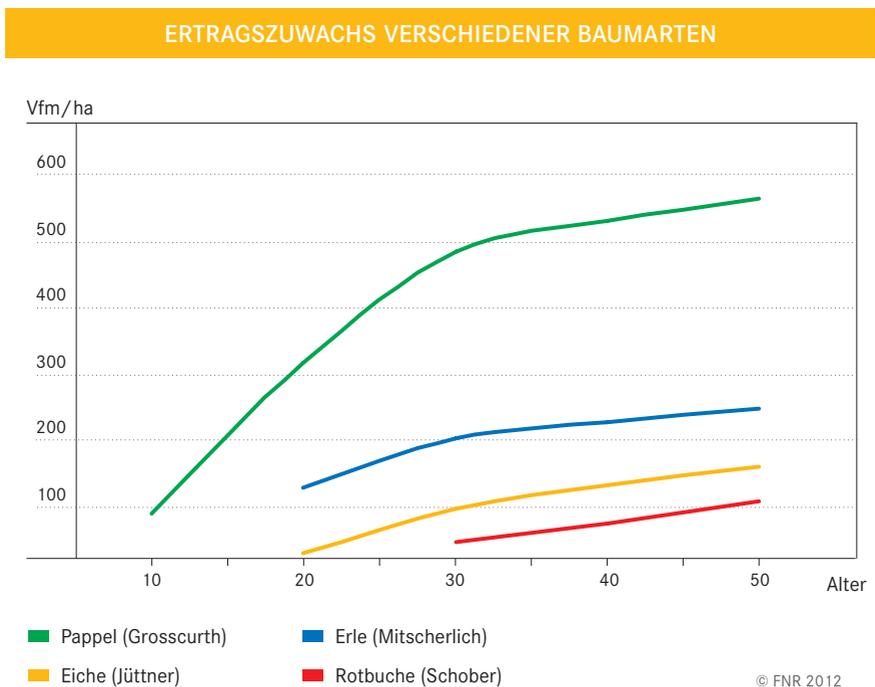


Abbildung 1: Ertragstafelvergleich von Pappel, Buche, Eiche und Roterle

gemessen am Leistungsvermögen der Pappel, geringere Erträge ermittelt. In weiteren Anbauversuchen wird derzeit untersucht, inwieweit andere Baumarten, etwa die Robinie, die sicherlich Vorteile auf schnell erwärmten leichten Böden mit geringem Wasserspeichervermögen hat, für den Kurzumtrieb geeignet sind.

Als Erstbesiedler von Rohböden verfügen Pappeln und Weiden über eine Reihe spezieller Eigenschaften. So kann etwa die Samenbildung bereits mit 10 Jahren einsetzen, wobei große Mengen sehr kleiner Samen erzeugt werden, die vom Wind über weite Strecken transportiert werden können. Trotz früher und reichlicher Samenproduktion ist die vegetative Vermehrung über Pflanzenteile aber auch in der Natur ein wesentliches Verbreitungselement.

Dort, wo sich die Verbreitungsgebiete zweier Arten überlappen, ist die natürliche Hybridisierung nicht selten. Die Kreuzung von vielen Arten, auch solchen aus sehr weit auseinander gelegenen Herkunftsgebieten, ist möglich und wird seit langem zur Leistungssteigerung genutzt. Die Selektion von Arthybriden mit überlegenen Eigenschaften macht den züchterischen Fortschritt für die Praxis dauerhaft verfügbar. Über den Weg der vegetativen Vermehrung können einzelne Individuen, einschließlich Hybridklone, über lange Zeit erhalten und reproduziert werden.

Die Wahl des geeigneten Vermehrungsgutes entscheidet in hohem Maße über Erträge und Betriebssicherheit einer Kurz-

umtriebsplantage. An das Ausgangsmaterial werden besondere Anforderungen gestellt:

- leichte und kostengünstige Vermehrbarkeit des Pflanzenmaterials
- sicheres Anwuchsverhalten und Raschwüchsigkeit in der Jugendphase
- vollständiges Ausnutzen der Vegetationszeit bei gleichzeitiger Früh- und Spätfrostresistenz
- Konkurrenzverträglichkeit im Dichtstand und geringe phototropische Empfindlichkeit
- gutes Regenerationsvermögen auch nach mehreren Ernten
- Resistenz gegenüber biotischen und abiotischen Schäden, die eventuell für Gewährleistungsansprüche von Bedeutung sein können.

Schwarzpappel (*P. nigra*; *P. deltoides*)

stellen sehr hohe Anforderungen an Licht, Wärme und Wasser und benötigen gut durchlüftete, leicht durchwurzelbare Böden mit sehr guter Nährstoffversorgung. Stau-nässe, aber auch Kronendruck werden nicht vertragen. Für die Bewirtschaftung in kurzen Umtriebszeiten kommen sie in aller Regel nicht in Betracht. Diese beiden Arten sind aber von großer Bedeutung als Kreuzungseltern bei der Erzeugung von Hybriden.

Die Balsampappelarten (*bes. P. trichocarpa* und *P. maximowiczii*)

sind sehr viel anspruchsloser als Schwarzpappel. Gute Zuwachsleistungen werden auch in höheren Lagen bei nur mittlerer Nährstoffversorgung und auch noch auf wechselfeuchten Böden erbracht. Nur auf stark windex-

ponierten Lagen kommt es auf Grund hoher Verdunstungsraten zu Wuchsstörungen. Für den Kurzumtrieb haben sich Balsampappeln und ihre Hybriden als besonders geeignet erwiesen.

Sowohl die amerikanische Art *P. trichocarpa* als auch die asiatische Art *P. maximowiczii* bieten mit ihren ausgedehnten Herkunftsgebieten sehr günstige Voraussetzungen für die Auswahl anbauwürdiger Herkünfte. Die Selektion auf der Herkunftsebene vereinigt die Vorteile messbarer Leistungsstei-

gerung mit dem Erhalt einer relativ großen genetischen Variabilität.

Aspen (*P. tremula* und *P. tremuloides*) stellen von allen Pappelarten die geringsten Ansprüche an Boden und Klima. Auch auf staunassen oder sehr flachgründigen Böden mit mittlerer bis ungünstiger Wasser- und Nährstoffversorgung werden noch ansprechende Wuchsleistungen erreicht. Damit sind Aspen besonders für Rekultivierungsflächen geeignet. Das Potenzial besserer Standorte schöpfen sie nicht voll

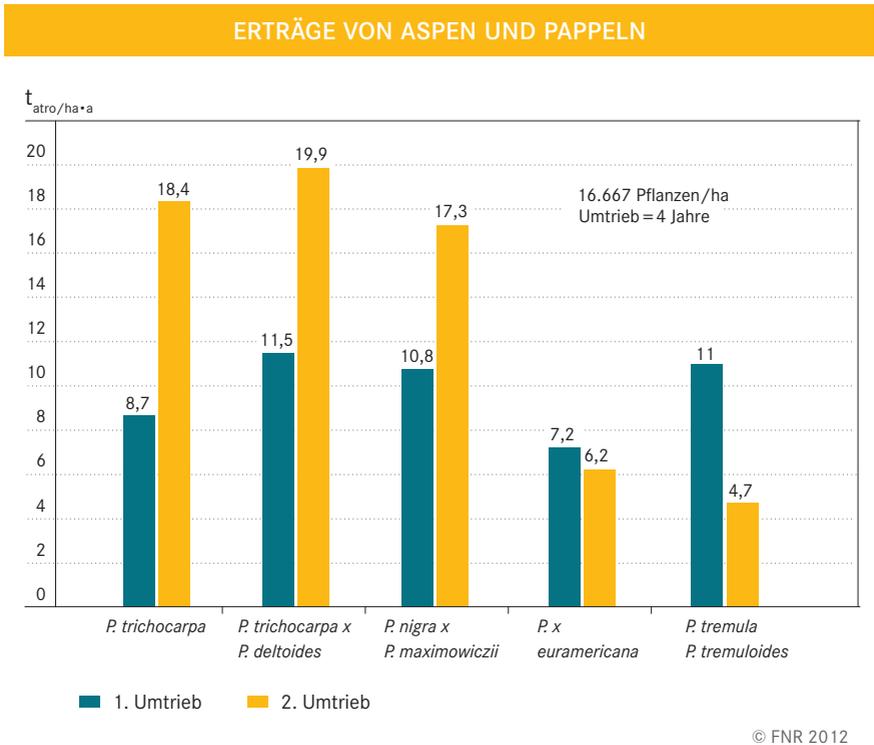


Abbildung 2: Mittlerer jährlicher Zuwachs im 1. und 2. Umtrieb bei Aspen und Hybridpappel

aus. Nachteilig ist die Neigung zu flächen-deckender Wurzelbrut nach Erntemaßnahmen. So erklärt sich der in Abbildung 2 dargestellte starke Leistungsabfall der Aspen in der zweiten Umtriebszeit aus der Regeneration durch Wurzelbrut, mit Pflanzenzahlen bis zu 100.000 St./ha, die bis zur Differenzierung des Bestandes in späteren Jahren unter starker intraspezifischer Konkurrenz stehen. Die Begründung von Flächen über Steckhölzer ist bei Aspen nicht möglich. In der Praxis muss auf bewurzelte Baumschulware zurückgegriffen werden.

Die Vorzüge der **Weide (*Salix spec.*)** liegen im nahezu 100%igen Anwuchs- und Regenerationserfolg sowie in ihrer Frosthärte. Die Ertragsleistung lag in Anbauversuchen jedoch niedriger als diejenige der Balsampappeln. Auch die Verbissgefährdung (Rehwild) ist deutlich höher als bei den Pappeln. Bei großflächigem Anbau könnte dieses Problem möglicherweise entschärft werden. Insbesondere einige Selektionen/Sorten von *Salix viminalis* und *Salix dasyclados* haben sich als leistungsstark erwiesen. Inzwischen sind auch einige viel versprechende schwedische Weidensorten erhältlich.

Entscheidend für Anbauerfolg und hohe Ertragsleistung sind ausreichende Niederschläge in der Vegetationszeit (ab 300 mm). Mäßig frische und trockene Standorte kommen grundsätzlich nicht in Betracht. Der pH-Wert des Bodens sollte zwischen 5,5 und 6,5 liegen. Landwirtschaftlich genutzte Flächen von mittlerer Güte an sind für die Kurzumtriebswirtschaft geeignet. Neben Niederschlägen von mehr als 300 mm in

der Vegetationszeit und ausreichender Sommerwärme ist bei der Flächenauswahl vor allem auf einen gut durchlüfteten und leicht durchwurzelbaren Boden zu achten.

Ständiger Windeinfluss führt bei den Balsampappeln zu Zuwachseinbußen. In solchen Lagen sollte der Weide deshalb der Vorzug gegeben werden. Auch mit wechselfeuchten bis staunassen Böden kommen sie besser zurecht. Weiden können mit Erfolg von der Ebene bis in begünstigte Bereiche des Berglandes angebaut werden.

Die Einteilung der Böden mithilfe der in der Landwirtschaft gebräuchlichen Bodenwertzahlen gibt gute Hinweise, sie erbringt jedoch nicht immer klare Ergebnisse hinsichtlich der Eignung von Einzelstandorten. Hoch bonitierte, staunasse Marschböden können durch Sauerstoffmangel im Wurzelraum problematisch sein, während Talsande mit niedriger Punktzahl gute Voraussetzungen bieten, sofern sie nur Grundwasseranschluss mit leichtem Kalkgehalt aufweisen.

Die Anbaugrenzen für beide Ökotypen sind durch den Bodenwasserhaushalt vorgegeben. Standorte mit zeitweiligem Wassermangel sind für einen ertragreichen Anbau von Weide und Balsampappelhybriden gleichermaßen ungeeignet.

4 KULTURBEGRÜNDUNG

Zieldefinition und Produktlinien

Das Produktionsziel entscheidet über die Wahl von Pflanzverband, Umtriebszeit und Ernteverfahren und sollte vor der ersten Flächenanlage klar definiert sein. Die Erzeugung von Energiehackschnitzeln in 2 bis 4-jährigen Zyklen setzt eine feldmäßige Behandlung mit mähender Erntetechnik und entsprechend hohen Stockzahlen voraus. Bei Nutzung der maximal möglichen Produktionszeit von 20 Jahren erfolgt eine Verlagerung des Zuwachses auf wenige, stärker dimensionierte Stämme. In solchen Beständen kommt forstliche Erntetechnik zum Einsatz.

Eine Zwischenstufe stellen Umtriebszeiten zwischen 5 und 10 Jahren dar. Hier kommt es zu Differenzierungen der Stammdurchmesser mit einzelnen Vorwüchsen, die eine Beerntung mit mähender Technik behindern. Andererseits sind die Stückmassen der Einzelstämme noch zu gering für den rationalen Einsatz von hoch mechanisierter Erntetechnik. Es lassen sich deshalb zwei Produktlinien unterscheiden:

Energiehackschnitzel, 2-4-jähriger Ernteturnus

In Beständen mit Umtriebszeiten bis zu 4 Jahren ist eine hohe Stockzahl zur Erzielung maximaler Biomasseerträge pro ha erforderlich. Nach den vorliegenden Ergebnissen können beim Anbau von Hybridpappeln und -weiden 10.000 bis 13.000 Pflanzen/ha empfohlen werden.

Auf Rückschnitte reagieren Pappeln und Weiden gleichermaßen mit der Ausbildung von mehreren Trieben pro Stock. Die Stockausschläge der Pappeln bestehen im Allgemeinen aus einem vorwüchsigen Haupttrieb und meist vier bis sechs schwächeren Nebentrieben. Dagegen weichen bei der Weide die Nebentriebe sowohl im Durchmesser als auch in der Höhe kaum vom Haupttrieb ab. Ihre Anzahl ist sortenabhängig und kann bis zu 20 betragen. In Weidenkulturen werden gute Erträge deshalb vor allem durch die Gesamtzahl der Triebe pro ha erreicht, während bei der Pappel auch in sehr kurzen Umtriebszeiten ein stärkeres Dickenwachstum ausgeprägt ist.

Innerhalb der Pflanzreihen können die Pflanzenabstände bis auf 0,4 m reduziert werden, während der Abstand zwischen den Reihen von der später einzusetzenden Erntemaschine abhängt. Die Beerntung mit selbstfahrenden Feldhäckslern setzt bei einreihig arbeitenden Maschinen einen Reihenabstand von mindestens 2 m voraus. Zweireihig erntende Feldhäcksler setzen einen auf die Arbeitsbreite abgestimmten Doppelreihenverband voraus (s. Kap. 6 Holzernte).

Energiehackschnitzel mit Option Industrieholz, 10-20-jähriger Ernteturnus

Bei längeren Umtriebszeiten müssen zwangsläufig auch größere Standräume für die Pflanzen vorgesehen werden. Abhängig vom Standort ist von Mittelhöhen um 20 m

und Brusthöhendurchmessern (BHD) zwischen 15 und 25 cm auszugehen. Die Ausgangspflanzanzahlen können deshalb auf unter 1.000 Pflanzen/ha reduziert werden.

Pflanzgut

Für den zwei- bis 4-jährigen Umtrieb hat sich die **Steckholzpflanzung** als gebräuchlichste Form der Flächenanlage erwiesen. Werbung, Kühlagerung und die weitere Handhabung von Steckhölzern sind sehr unkompliziert. Bei ihrer Bereitstellung lassen sich viele Arbeitsschritte mechanisieren.

Steckhölzer stammen von einjährigen Schösslingen aus eigens zu diesem Zweck angelegten Mutterquartieren. Es sind in der Winterruhe geschnittene Sprossstücke, die i. d. R. eine Länge von 20 cm und einen Mitteldurchmesser von 10–20 mm aufweisen. Steckhölzer müssen gesund, gerade und ohne Rindenverletzungen sein. Die besten Steckhölzer stammen aus dem Mittelteil des Schösslings.

Im ausgehenden Winter (Ende Januar bis Februar) ist der günstigste Zeitpunkt für den Schnitt. Die Pflanzen sollten sich noch in der Vegetationsruhe befinden und die Knospen völlig geschlossen sein. Darüber hinaus ist neben der Verwendung von Steckholz aus einjährigen Trieben auch die Pflanzung von mehrjährigem Pflanzgut möglich (vgl. Tabelle 1), das je nach Größe und Ausformung als Steckrute oder Setzstange bezeichnet wird.

Meist wird die Pflanzung nicht unmittelbar im Anschluss an die Werbung und Bereitstellung des Vermehrungsgutes erfolgen können. Optimal ist die Lagerung im Kühlhaus bei Temperaturen um den Gefrierpunkt unter Vermeidung von Wasserverlust. Für eine längere Lagerung können Steckhölzer auch in Plastikbeutel verpackt tief gefroren werden.

Nach behelfsmäßiger Lagerung im Einschlag (Sand) empfiehlt sich das Wässern des Materials unmittelbar vor der Pflanzung. Dazu stellt man die Steckhölzer für 24–48 Stunden in schwach fließendes Wasser. Die Pflanzung sollte unmittelbar im

Tabelle 1: Vegetatives Vermehrungsgut

	Steckholz	Steckrute	Setzstange
Alter (j)	1	1-2	2-4
Länge (cm)	20	100-250	200-400(600)
Durchmesser (cm)	1-2	1-3	2,5-5
Pflanztiefe (cm)	20	30-50	70-100
Qualität	gerade gesund gut geholt	gerade gesund ohne Rindenverletzung	gerade gesund ohne Seitenzweige

Anschluss erfolgen, auf jeden Fall aber bevor die Wurzelbildung einsetzt.

Setzstangen sind 2–4(6) m lange, gerade Stangen, die von Kopfpappeln oder aus Mutterquartieren gewonnen werden. Ihre Verwendung empfiehlt sich bei längerer Produktionsdauer und Stammzahlen zwischen 500–1.000 Stück/ha. Auch bieten nicht alle Flächen günstige Voraussetzungen für eine Kulturbegründung nach dem Standardverfahren der Steckholzpflanzung. Setzstangen sind bereits zum Zeitpunkt der Kulturbegründung zwischen 2 und 4 m hoch und benötigen deshalb keine Kulturpflege. Allerdings können Trockenperioden nach dem Setzen der Stangen ein Anwuchsrisko darstellen, da die Wasserverdunstung über die große Oberfläche der Stangen hoch ist. Die Erzeugung von Stammholzsortimenten wird mit Setzstangen zu einem möglichen Wirtschaftsziel.

Die Stangen werden durch einfaches Abschneiden von der Unterlage getrennt (Motorsäge, Freischneidegerät). Zur Her-

absetzung der Verdunstung in der Bewurzelungsphase sollten alle Seitenzweige entfernt und die Triebspitze um etwa 15–20 cm eingekürzt werden. Der Austrieb aus einer der obersten Seitenknospen ist kräftiger.

Sowohl in ihren Abmessungen als auch bezüglich der Notwendigkeit von Schutzmaßnahmen sind sogenannte Steck- bzw. **Setzruten** zwischen dem Steckholz und der Setzstange einzuordnen. Steck- oder Setzruten sind 100–250 cm lange, in der Regel einjährige Aufwüchse ohne Seitenzweige, aber mit Gipfelknospe. Setzruten sollten auf 1/3 der Gesamtlänge in den Boden gebracht werden.

Sortenempfehlungen

Mit den Balsampappelhybriden Matrix 11, Matrix 24 und Matrix 49 konnte die Sortenbasis für den Kurzumtrieb um drei leistungsstarke Klone erweitert werden. Die Sorten sind zugelassen nach FoVG und ab Frühjahr 2012 im Handel erhältlich. Bei

Table 2: Sortenempfehlungen für Pappel und Weide

Pappel	Weide
Hybride 275 (Syn. NE 42)	Björn
Max (Mehrklonsorte)	Tora
Matrix 11	Zieverich
Matrix 24	Tordis
Matrix 49	Inger
Trichobel	Sven
Muhle Larsen	

den Weiden sind insbesondere die Sorten Inger und Tordis überdurchschnittlich wuchsfreudig.

Bodenvorbereitung

Voraussetzung für das Gelingen einer Steckholzpflanzung ist eine gründliche Pflanzbettherstellung durch Pflügen (ca. 25 cm) und Eggen. Der Bearbeitungszeitpunkt richtet sich nach der Vorkultur und den örtlichen Gegebenheiten. Auf Flächen mit starkem Begleitwuchs ist ein Herbizideinsatz im Herbst vor der Anlage zu erwägen. Bei schweren, bindigen Böden empfiehlt sich eine Herbstfurche. Leichte Böden können unmittelbar vor der Pflanzung gepflügt werden, auch um die im Frühjahr bereits keimenden Samen der Begleitflora in einem empfindlichen Stadium in tiefere Bodenzonen unterzupflügen und zu stören. Zur Erzielung einer lockeren Krümelstruktur sollte unmittelbar vor der Pflanzung gegegt werden. Bodenverdichtungen durch unsachgemäß ausgeführte Bearbeitungsmaßnahmen wirken sich nachteilig auf den Kulturerfolg aus.

Auch auf Grünlandflächen ist der Umbruchaufwand für eine Steckholzpflanzung unumgänglich. Werden lediglich die Pflanzstreifen gefräst, wird die erforderliche Bodenlockerung und Zerschlagung des Graswurzelfilzes zwar zunächst erreicht. Durch unmittelbar folgendes Weiterwachsen der Graswurzeln werden die Steckhölzer jedoch aufgrund starker Konkurrenz um Wasser und Licht beeinträchtigt.

Pflanzung

Bei klein parzellierter Flächenstruktur oder bei Flächengrößen bis 2 ha erfolgt die Pflanzung manuell mit Pflanzschnur und Steckhölzern.

Auf Standorten mit gesicherter Wasserversorgung werden die Steckhölzer mit einem Überstand von 1–2 cm gesteckt. Auf sandigen Substraten sollten sie zur Verringerung der Austrocknungsgefahr ebenerdig eingebracht oder auch leicht übererdet werden.

Herkömmliche Pflanzmaschinen mit Greifersystem für Gemüse oder Tabak können ohne Umbau eingesetzt werden. Im Vergleich des Kulturerfolges derselben Klone bezüglich Anwuchsrate und Wuchsleistung auf Versuchsflächen ergaben sich keine Unterschiede in der Qualität zwischen Handpflanzung und dem Einsatz der einen oder anderen Maschine. In Skandinavien



Weiden-KUP nahe Burg Werle/Mecklenburg

haben sich für die Weidenpflanzung sog. Step-Planter durchgesetzt, bei denen der Steckholzschnitt in den Pflanzvorgang integriert wurde.

Verschiedentlich wurde über flaches Einlegen ganzer Ruten oder auch von Steckhölzern in Pflanzfurchen mit leichter Übererdung als eine extensive Pflanzmethode

berichtet (Lay-Flat-Method; Sawing of Cuttings). Nach orientierenden Untersuchungen am Forschungsinstitut für schnellwachsende Baumarten mit Balsampappel lässt sich damit durchaus ein Kulturerfolg erzielen. Im Vergleich zu vertikal gestecktem Material sind die Aufwüchse an der Basis gebogen und bleiben im Pflanzjahr in der Höhe jedoch um ca. 1/3 zurück.



2-reihiges Pflanzen von Weidenstecklingen

5 FLÄCHENMANAGEMENT

Kulturpflege

Steckholzkulturen sind pflegebedürftig. Verdämmende Begleitvegetation führt zu Wuchsstockungen und unerwünscht lückigen Kulturen. Alle Pflegemaßnahmen sollten gut auf die örtliche Situation abgestimmt und bereits vor der Flächenanlage in die jährliche Arbeitsplanung mit aufgenommen werden. Auf Flächen, die extensiv bewirtschaftet werden sollen, ist die Verwendung von Setzstangen zu erwägen.

Der Einsatz eines Totalherbizids im Herbst vor der Anlage ist meist nicht ausreichend, um den Unkrautdruck im Pflanzjahr entscheidend zu verringern. Für eine Frühjahrsbehandlung, die in jedem Fall vor der Flächenanlage erfolgen muss, ist für einen guten Bekämpfungserfolg noch zu wenig Blattmasse vorhanden. Bodenherbizide können unmittelbar nach der Pflanzung ausgebracht werden. Wichtig ist, dass die Knospen zum Anwendungszeitpunkt noch völlig geschlossen sind. Je nach dem zu erwartenden Artenspektrum der Begleitvegetation können mit der Ausbringung von Bodenherbiziden nachfolgende Pflegemaßnahmen deutlich eingeschränkt werden.

Insbesondere dichte Grasdecken können eine starke Wasserkonkurrenz für die Kulturpflanze darstellen und bieten gleichzeitig Lebensraum für Schadmäuse.

Vor allem die Quecke (*Agropyron repens*) hat sich als ein Kulturhindernis erwiesen, das jedoch mit Gräserherbiziden effektiv bekämpft werden kann.

Vor der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in Kurzumtriebsplantagen ist eine Genehmigung nach § 22 (2) des Gesetzes zur Neuordnung des Pflanzenschutzrechtes vom 06. Februar 2012 und Artikel 51 der EU-Zulassungsverordnung (Verordnung EG Nr. 1107/2009) einzuholen.

Folgende Herbizide wurden mit Erfolg eingesetzt. Es kann allerdings weder in Bezug auf die Wirkung noch auf die Kulturverträglichkeit Gewähr gegeben werden. Die Nennung der Handelsnamen erfolgt aus rein praktischen Erwägungen. Möglicherweise sind andere Mittel mit gleichem oder vergleichbarem Wirkstoff preisgünstiger bei gleichem Effekt.

Totalherbizid (auf Grünbrache im Herbst vor der Flächenanlage)	Roundup
Bodenherbizide	Bacara, Kerb 50 W, Gardo Gold
Nachauflaufmittel	Tankmischung Lontrel 100 u. Betanal
Gräsermittel	Fusilade ME, Select

Die Kombination aus chemischer und mechanischer Begleitwuchskontrolle, die gut auf die jeweilige Situation, wie Vorkultur, Artenspektrum der Krautschicht und deren Deckungsgrad abgestimmt sein sollte, kann empfohlen werden. Mechanische Pflegemaßnahmen wie Grubbern oder Fräsen erbringen zusätzliche Vorteile durch Bodenlockerung. Im zweiten Standjahr einer etablierten Kultur sind in der Regel keine Pflegemaßnahmen mehr erforderlich.

Verschiedentlich wird das Zurückschneiden der Kulturen nach dem ersten Standjahr diskutiert. Vom Rückschnitt („Schröpfungsschnitt“) erhofft man sich eine Wuchsstimulation mit entsprechendem Mehrertrag. Durch ertragskundliche Auswertungen kann dies allerdings nicht bestätigt werden. Insofern wird das Zurückschneiden allenfalls dort empfohlen, wo das Rückschnittmaterial für eine Flächen-erweiterung genutzt werden kann.

Nährstoffentzug und Düngung

Bei Düngeversuchen über einen 10-jährigen Beobachtungszeitraum konnte bei Balsampappeln keine signifikante Zuwachssteigerung erzielt werden. Die Untersuchung wurde auf unterschiedlichen Standorten (Oberpfälzer Jura, mittlerer Buntsandstein Nordhessens, leichte Böden der Norddeutschen Tiefebene) mit gestaffelter Nährstoffgaben (N, P, K, Ca und Mg) durchgeführt. Im Ergebnis zeigte sich die Stickstoffnachlieferung aus den Mineralisierungsprozessen im Boden und aus atmosphärischem Eintrag

als ausreichend für eine gute Stickstoffversorgung der Balsampappeln. Dagegen reagierte die Weide (*Salix viminalis*) mit einem bis zu 35%igen Mehrzuwachs auf Stickstoffgaben von 50 kg N/ha/a. Düngung mit 100 kg N/ha/a steigerte die Biomasseproduktion der Weide um 75 bzw. 46 % (1. bzw. 2. Umtrieb).

Die schwache Reaktion der Balsampappel auf Stickstoffdüngung steht sicherlich mit der intensiveren Ektomykorrhizierung der Pappeln in Zusammenhang, also der ausgeprägten Symbiose der Feinwurzeln von Pappeln mit Mykorrhizapilzen. Die Mykorrhizapilze vermögen Mineral-/Nährstoffe und Wasser wesentlich stärker aus dem Boden zu lösen und für die Pappelwurzeln verfügbar zu machen. Dadurch werden mykorrhizierte Pappeln besser mit Nährstoffen und Wasser versorgt. Versuche kontrollierter Mykorrhizierung ergaben signifikant positive Effekte auf das Höhen- und Dickenwachstum bei verschiedenen Balsampappeln.

Die durchschnittlichen jährlichen Entzüge betragen für

- Phosphor 3–9 kg/ha,
- Kalium 6–36 kg/ha,
- Magnesium 1–5 kg/ha

und waren damit, gemessen an den Vorräten, niedrig.

Bei längerer Standzeit einer Plantage ist eine Kompensationsdüngung bei Pappeln sicherlich zweckmäßig. Nach den vorliegenden Ergebnissen handelt es sich dabei aber nicht um einen maßgeblichen Kostenfaktor.

Kulturschäden

Mit der Anlage einer Energieholzkultur wird ein neues, erfahrungsgemäß sehr interessantes Äsungsangebot für Rehwild geschaffen. Zwar sind bestimmte Sorten, wie etwa die Mehrklonsorte „Max“, erheblich weniger gefährdet als andere Hybriden. Dennoch empfiehlt es sich in Gebieten mit hoher Wilddichte und bei kleineren Einzelflächen, entsprechende Schutzmaßnahmen einzuplanen. Dies betrifft insbesondere Weidenkulturen. Alternativ zum Zaunschutz können in Beständen mit niedriger Pflanzenzahl (10–20-jähriger Umtrieb) auch Verbisschutzmittel (Cervacol, Arcotal, Weißteer, u. a.) ausgebracht werden. Die genannten Mittel sind zugelassen gegen Winterverbiß an Laub- und Nadelholz durch Reh- und Rotwild.

Schäden durch Mäuse können sich ebenfalls zum Kulturhindernis entwickeln. Während von den oberirdisch anzutreffenden Mäusen weniger Gefahr für die Kulturen ausgeht, kann der Wurzelfraß der Schermaus (*Arvicola terrestris*) bestandsbedrohende Schäden nach sich ziehen. Die Anwesenheit der Maus ist an den die Bodenoberfläche leicht aufwölbenden, flachstreichenden Gängen erkennbar, in die man beim Begehen der Fläche einsinkt. Auch das Schadbild ist durch schräg stehende Pflanzen mit abgenagtem Wurzelwerk, welche sich leicht aus dem Boden ziehen lassen, unverwechselbar.

Mit den aus dem Erwerbsobstbau bekannten Köderleegeräten („Wühlmauspflug“) kann die Schermaus effektiv bekämpft

werden. Durch effektive Kontrolle der Begleitvegetation, dem Sommerbiotop der Schermaus, kann eine Massenvermehrung allerdings von vornherein ausgeschlossen werden.

Eines der wichtigsten Betriebsrisiken ist der Befall mit Blattrostpilzen, die Schädigung kann bis zum Absterben ganzer Bestände führen. Bei den Erregern des Pappelblattrostes handelt es sich um mehrere Pilzarten aus der Gattung *Melampsora*, deren Auftreten sich zunächst durch einen mehr oder weniger dichten, orange-gelben Belag auf der Blattunterseite bemerkbar macht. Die *Melampsora*-Arten unterscheiden sich durch verschiedene Zwischenwirte wie Lärche, Kiefer, Lauch- und Aronstabgewächse (*Allium*- und *Arum*arten).

Eine Behandlung mit Fungiziden ist zwar grundsätzlich möglich, erscheint aber praxisfern. Die Sortenwahl sollte deshalb streng nach den Gesichtspunkten der Rostresistenz vorgenommen werden. Bei der Züchtung neuer Sorten wird diesem Aspekt besondere Bedeutung beigemessen.

Bewirtschaftung in den Folgeumtrieben

Obwohl die Begleitflora auf den Flächen stets in Form von Diasporen im Boden vorhanden ist, stellt sie nach Erntemaßnahmen keinerlei Konkurrenz für die Stockausschläge mehr dar. In Pappelbeständen haben Pflegemaßnahmen in späteren Kulturstadien deshalb keine Ertrag stei-

gernde Wirkung, während in Weidenkulturen (Schweden) eine Herbizidbehandlung nach den Ernten die Regel ist. Unter dem lichten Laubdach der Weide bleibt die Begleitvegetation auch langfristig vitaler als in den stärker geschlossenen Pappelbeständen. Nach den Erfahrungen aus bisherigen Versuchsanbauten kann von einer Plantagenstandzeit von mindestens 25–30 Jahren ausgegangen werden.

Die Rückführung einer Plantage in ackerfähigen Zustand durch Stockrodung und vollflächige Bodenbearbeitung ist technisch unproblematisch und wurde an einer 10 ha großen Versuchsfläche nach 10-jähriger Plantagenstandzeit erprobt.

Dazu wurde ein Verfahren gewählt, bei dem die Wurzelstöcke zerschlagen und in den Boden eingefräst werden. Bei einer Arbeitsbreite von 1,2 m griff die eingesetzte Bodenfräse (AHWI RF 700) ca. 40 cm in den Boden ein. In einem zweiten Arbeitsgang kam ein AHWI-Anbaumulchgerät mit 2,2 m Arbeitsbreite zum Einsatz. Es wurde vollflächig gefräst.

Im Anschluß an diese Maßnahmen wurde Phacelia als Zwischenfrucht eingesät und im Herbst eine reguläre Feldbestellung mit Winterweizen vorgenommen. Die erste Weizenernte nach 10-jähriger Kurzumtriebsplantage war überdurchschnittlich.



Bodenfräse für die Wurzelstockrodung

6 HOLZERTE

Gegenüber der Holzernte in der Forstwirtschaft bietet der Kurzumtrieb einige verfahrenstechnische Vorteile. Die vollflächige Nutzung in sehr homogenen Beständen erleichtert den Einsatz von hochmechanisierten Ernteverfahren und die Flächen sind mit der üblichen Landtechnik gut befahrbar. Dennoch bilden die Erntekosten mit einem Anteil von ca. 2/3 an den Gesamtkosten den zentralen Faktor für die Wirtschaftlichkeit des Produktionssystems Kurzumtrieb (s. Kap. 7). Hier liegen erhebliche Rationalisierungspotenziale, deren Identifikation und Nutzung noch bevorsteht.

Folgende Anforderungen werden an die Erntetechnik gestellt

- hohe technische Durchsatzleistung
- Bodenschonung
- geringe Ernteverluste
- möglichst homogene Qualität des Erntegutes
- keine Fremdstoffe

Grundsätzlich erfolgt die Holzernte im Winterhalbjahr, also während der Vegetationsruhe. Dies gewährleistet einen vitalen Stockausschlag und erlaubt meist auch ein Befahren der Flächen bei günstigem Bodenzustand, im Idealfall während stabiler Frostperioden. Die motormanuelle Ernte kann bei mehrtriebigen Stockausschlägen aufgrund geringer Leistungsfähigkeit und der Unfallrisiken nicht empfohlen werden. Ob eine selbst fahrende Maschine oder ein Anbaugerät gewählt wird, hängt von der

betrieblichen und der überbetrieblichen Struktur ab. Zur Nutzung der Kostendegression empfiehlt sich bei selbst fahrenden Maschinen ein überbetrieblicher Einsatz.

Arbeitsschritte bei der Holzernte

- Fällen
- Vorkonzentrieren
- Rücken
- Hacken

Integrierte Ernteverfahren kombinieren alle auszuführenden Arbeitsschritte auf einem Trägerfahrzeug. Sie zeichnen sich durch mähende Fälltechnik aus und setzen eine feldartige Kulturführung voraus.

Neben einer Vielzahl an Prototypen, die entweder als Fäller/Bündler oder als Häcksler konzipiert sind, stehen inzwischen zwei integrierte Erntesysteme zur Verfügung.

Der Landmaschinenhersteller Claas hat einen speziellen Erntevorsatz („Salix Gebiss“) zum Anbau an den Feldhäcksler Jaguar entwickelt, mit dem bis zu 4-jährige Energieholzbestände (mit max. 7 cm Stammdurchmesser) beerntet werden können. Das Gerät befindet sich seit 1993/94 im praktischen Einsatz und wurde seitdem technisch verbessert. Die Maschine erntet mit Fahrgeschwindigkeiten bis 6 km/h in 3-jährigen Weidenbeständen. Hohe Flächenleistung setzt einen auf die Arbeitsbreite des Feldhäckslers abgestimmten Doppelreihenverband

voraus. In Schweden beerntet ein Aggregat ca. 400 ha Weide pro Saison, es sind dort mehrere Aggregate im Einsatz. Auch die anderen Hersteller von landwirtschaftlichen Feldhäckslern, wie KRONE, JOHN DEERE und NEW HOLLAND, haben zwischenzeitlich Häcksler mit Spezialvorsätzen für die Energieholzernte vorgestellt. Hier sind maximale Stammdurchmesser von 15 cm beerntbar. Somit kann die Holzernnte mit dem Feldhäcksler als praxiserprobt gelten. Die gleichmäßigen Hackgutqualitäten lassen – getrocknet – auch einen Einsatz in Kleinfeuerungsanlagen zu.

Aufbauend auf die frühe Anbau-Mähacker-Gemeinschaftsentwicklung vom Hessischen Forstamt Diemelstadt und dem Institut für Agrartechnik der Universität Göttingen hat die Schmidt GmbH, Uchte, diese Entwicklungslinie weiterverfolgt und den „Gehölmähhäcksler“ zur Marktreife geführt. Der Gehölmähhäcksler wird als Anbaugerät an konventionelle landwirtschaftliche Schlepper angebaut. Die Maschine arbeitet einreihig und kann bei Fahrgeschwindigkeiten von 1,5 bis 4,3 km/h Energieholzplantagen mit Bäumen von bis zu 14 cm Stammdurchmesser ernten. Die Stämme werden dabei von 2 Sägeblättern gesägt, automatisch eingezogen, gehackt und über Auswurfgebläse auf parallel fahrende Fahrzeuge/Anhänger befördert. Dabei kann eine Ernteleistung von bis zu 30 t/h erreicht werden.



Anbauhacker JENZ GMHT 140

Den Alleinvertrieb des Gehölmähhäckslers hat die Schmidt GmbH an den Hacker-spezialisten JENZ GmbH übertragen, die das Anbaugerät als „JENZ GMHT 140, System Schmidt“ vermarktet.

Beiden Verfahren gemeinsam ist die Erzeugung eines feldfrischen Hackschnittzels mit Wassergehalten um 55 % mit entsprechendem Trocknungsbedarf zur Reduzierung des Wassergehaltes. Ab einem Wassergehalt von 30–35 % gelten Holzhackschnittzel als lagerstabil. Höhere Wassergehalte setzen den Heizwert herab und begünstigen den mikrobiellen Substanzabbau.

Neben den Verfahren des Direktschnittzels (direct chopping) wird deshalb weiterhin auch an sog. Fäller/Bündler-Systemen (whole stick harvest) gearbeitet. Den Nachteilen dieses Verfahrens mit mehrmaliger Materialaufnahme steht der Vorteil gegenüber, das Hacken zu einem späteren Zeitpunkt bei reduzierter Holzfeuchte vornehmen zu können. Verschiedene Versuchsergebnisse legen den Schluss nahe, dass alleine mit einer Lagerung des Erntegutes über das Sommerhalbjahr hinweg am Feldrand Wassergehalte von ca. 30 % erreichbar sind. Damit ist die direkte Beschickung der Heizwerke möglich.



Einlagerung von KUP-Hackgut mit Dombelüftungstrocknung. Erntefrisches Material weist einen Wassergehalt um 55 % auf. Durch eine Trocknung mit geeigneten Verfahren wird Lagerfähigkeit erreicht, die Transportwürdigkeit erhöht und auch der Einsatz in Kleinf Feuerungsanlagen ermöglicht.

Technische Daten:

Claas Jaguar

- Feldhäcksler mit Erntevorsatz
- Fällern/Hacken: 2-reihig
- Motorleistung: 260 kW
- Antrieb hydraulisch
- Effektive Schnittbreite: 100 cm
- Gewicht: 1,3 t und 7,9 t (Trägerfahrzeug)
- Trommelhacker
- Feinhackgut: ca. 3 cm
- Ernteleistung: 30 bis 60 t/h
- Weide, Pappel < 8 cm

Technische Daten:

Gehölmähhäcksler JENZ GMHT 140, System Schmidt

- Anbaugerät für landw. Schlepper
- Sägen/Hacken: 1 und 2-reihig
- Antriebsleistung: 280 kW
- Arbeitsbreite: 1,70 m
- Gewicht: 3,6 t
- Antrieb über Zapfwelle und Hydraulikmotoren
- Sägen: 2 Sägeblätter
- Hacken: Trommelrotor mit Auswurfgebläse/-arm
- Grobhackgut: ca. 3 bis 5 cm
- Ernteleistung: 25 bis 30 t/h
- Weiden, Pappel < 14 cm Stammdurchmesser

Technische Daten:

KRONE Big X WoodCut 1500

- Feldhäcksler mit Erntevorsatz „WoodCut 1500“
- Fällern/Hacken: 1 und 2-reihig
- Motorleistung: 480 kW (Big X 650)
- Antrieb mechanisch, Gelenkwelle/Getriebe
- Effektive Schnittbreite: 150 cm
- Gewicht: 3 t (Häckselvorsatz); 13 t (Feldhäcksler)
- Trommelhacker
- Hackgut von 20 bis 40 mm (G30)
- Ernteleistung: ca. 1 ha/h
- Weide, Pappel < 15 cm

Ab dem Durchmesserbereich von 15–20 cm kommen sowohl motormanuelle Arbeitsverfahren als auch voll mechanisierte Systeme in Betracht. Sofern sich die Sortimentierung auf Hackschnitzel beschränkt, können Fällern/Bündler oder sog. Hackschnitzelharvester zum Einsatz kommen. Ist der Anspruch an das Sortiment höher, beispielsweise entastete 2 m Abschnitte für die stoffliche Verwertung, bieten sich kombinierte Arbeitssysteme mit Kranvollernter und Tragschlepper an. Diese Maschinen und Dienstleistungen sind bei forstlichen Lohnunternehmen abrufbar.

7 BETRIEBSWIRTSCHAFTLICHE BETRACHTUNG

Die Erzeugung von Energiehackschnitzeln in der Landwirtschaft ist meist als eine Ergänzung zum Waldhackschnitzel einzuordnen. Die Grundlage für die Preisfindung und die zu liefernde Hackschnitzelqualität geben dabei oft die Marktdaten und Qualitätsparameter für Waldholzhackschnitzel vor.

Für die einzelbetriebliche Zielsetzung einer Kurzumtriebsplantage ist die regionaltypische Besitzstruktur maßgebend. In Regionen mit überwiegend kleineren Betrieben und Nebenerwerbslandwirtschaft entwickelt sich der Holzanbau zunehmend zu einer Alternative zur Deckung des eigenen Wärmebedarfs. Insbesondere viele Landeigentümer, die ihre Flächen verpachtet haben, erwägen diese in Eigenregie selbst extensiv zur Erzeugung von Energiehackschnitzeln zu bewirtschaften. Die Haupterwerbsbetriebe ziehen vorrangig offerne Lagen ins Kalkül und solche, auf denen moderne Landtechnik ihre Schlagkraft nicht voll ausspielen kann. Sofern die erzeugten Hackschnitzel als Teil einer ganzen Wertschöpfungskette zu betrachten sind, die der Landwirt als eigentliches Ziel betreibt, kann die Wirtschaftlichkeit gegenüber der reinen Hackschnitzelproduktion mit Vermarktung als Rohware deutlich gesteigert werden. In diesem Fall sind die Hackschnitzel nicht Endprodukt, sondern innerbetrieblicher Inputstoff (Contracting; Beteiligung am Heizwerk etc.).

Unabhängig von der einzelbetrieblichen Zielsetzung steht Energieholz auf dem Ackerland

in direktem Wettbewerb zum Marktfruchtanbau. Ein Ziel der betriebswirtschaftlichen Analyse ist es deshalb, die ökonomische Vorteilhaftigkeit im Vergleich zu anderen Möglichkeiten der Flächennutzung abzuschätzen. Entscheidende Kriterien für die Wirtschaftlichkeit einer Kurzumtriebsplantage sind Ertragsleistung, Produktionskosten, die Marktentwicklung bei Holzhackschnitzeln und das Vorhandensein gesicherter Absatzmärkte. Produktionskosten und Ertragsleistung können derzeit nur modellhaft beziffert werden. Erst mit der Einführung der Kurzumtriebswirtschaft in die landwirtschaftliche Praxis wird sich die Kostenseite auf einer breiteren Datenbasis darstellen lassen. Gleichzeitig lässt der flächenhafte Anbau Rationalisierungseffekte erwarten, die zur Senkung der Produktionskosten beitragen werden.

Die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit einer Kurzumtriebsplantage hängt zunächst von zahlreichen betriebsabhängigen und -unabhängigen Einflussfaktoren ab.

Betriebsabhängige Faktoren

Zu den betriebsindividuellen Faktoren zählt alles, was originär mit dem landwirtschaftlichen Betrieb zusammenhängt und nicht unmittelbar der Kurzumtriebsplantage zugerechnet werden kann. Hierzu zählen unter anderem folgende Faktoren:

1. Je kleiner die Flächen sind, desto volatiler sind deren Erträge und mithin die Erlöse pro Hektar.

2. Kostensteigerungen durch Kleinstflächen: Werden überwiegend Randflächen oder unregelmäßig geschnittene Flächen bestockt, erhöhen sich die relativen Bestandesbegründungs-, Ernte- und Transportkosten, da die Rüstzeiten entsprechend steigen. Eine Fläche von 0,4 ha anzupflanzen und zu ernten kann pro Hektar mehr Kosten verursachen als die Bewirtschaftung von 10 ha.
3. Verfügbare Technik: Die Kosten einer KUP werden maßgeblich durch den Maschineneinsatz auf der Fläche bestimmt. Wie hoch die Kosten der Arbeitserledigung sind, hängt deshalb maßgeblich von der verfügbaren Technik ab. Für vorhandene Geräte (z. B. Schlepper, Kreisel egge, Erntevorsatz) werden in der Regel Standardkostensätze zur Verrechnung benutzt. Ist eigene Technik nicht

verfügbar, müssen Marktpreise an Dienstleister, Maschinenringe, Lohnunternehmer etc. gezahlt werden.

Die betriebsabhängigen Faktoren sollten in Form einer individuellen Betriebsanalyse genauer erfasst werden und finden in der hier vorgestellten Wirtschaftlichkeitsberechnung keine weitere Betrachtung. Gleichwohl können sie im Fall einer konkreten Investitionsentscheidung von ausschlaggebender Bedeutung sein.

Betriebsunabhängige Faktoren

Für die Kalkulation einer KUP werden Informationen zur Höhe der Bestandesetablierungskosten, der Ertragsleistung und zu den Hackschnitzelpreisen benötigt. Folgende Annahmen werden für eine Standardkalkulation getroffen (Tabelle 3):

Tabelle 3: Berechnungsgrundlagen für Standardkalkulation einer KUP mit Pappel

Jahr des Anfalls	Kosten	Kosten	
1. Jahr	variable und fixe Arbeitserledigungskosten	530,00	Euro/ha
1. Jahr	Herbizide	40,00	Euro/ha
1. Jahr	Pflanzenzahl	10.000,00	Stück/ha
1. Jahr	Pflanzenpreis	0,17	Euro/Stück
1. Jahr	Pflanzungskosten	0,04	Euro/Stück
Pflanzen- und Pflanzungskosten gesamt		2.670,00	Euro/ha
jährlich	Bodenrente/-pacht (ohne GAP-Prämie)	300,00	Euro/ha
jedes 3. Jahr	Ernte: Häckseln (EUR/ha)	360,00	Euro/ha
jedes 3. Jahr	Transport Hackgut (10 km)	13,00	Euro/t _{atro}
jedes 3. Jahr	Hackschnitzelpreis	90,00	Euro/t _{atro}
18. Jahr	Stubbenrodung	1.000,00	Euro/ha
18. Jahr	Mulchen	52,00	Euro/ha

Die variablen und fixen Arbeiterledigungskosten beinhalten Kosten für die pflanzenbauliche Vorbereitung des Schlages, d. h. der Saatbeetbereitung (Grubbern, Pflügen und Eggen). Kosten für die Herbizidausbringung wurden ebenfalls berücksichtigt. Sie beinhalten die Kosten für Pflanzenschutzmittel und für deren Applikation. Unterstellt wurde weiterhin, dass 10.000 Steckhölzer der Baumart Pappel pro Hektar ausgebracht werden. Die Bodenpacht wurde mit 300 Euro/ha angesetzt, da in der Regel nicht die hochproduktiven Standorte bestockt werden, für die deutlich höhere Pachten erzielbar sind.

Zu beachten ist, dass nicht alle Kosten jährlich, sondern nur zu bestimmten Zeiten anfallen. Insbesondere die hohen Bestandesbegründungskosten fallen innerhalb der gesamten Standdauer der Plantage nur einmal an.

Die Erlöse der Kurzumtriebsplantage sind von der Erntemenge (t_{atro}/ha) und dem Hackschnitzelpreis (Euro/ t_{atro}) abhängig. Bezugseinheit ist die t_{atro} , also Hackschnitzel mit 0 % Wassergehalt. Für die Baumart Pappel und einen Wassergehalt von 35 % kann als Faustregel folgende Umrechnung verwendet werden:

$$1 t_{atro} = 1,54 t_{35\%} \text{ bzw. } 1 t_{35\%} = 0,65 t_{atro}$$

In der Standardkalkulation wird zunächst ein Hackschnitzelpreis von 90 Euro/ t_{atro} (bzw. 58 Euro/ $t_{35\%}$) angesetzt.

Die Berechnung der jährlichen Deckungsbeiträge ist in Tabelle 4 dargestellt. So beträgt der Deckungsbeitrag im 3. (Stand-)Jahr und nach der ersten Ernte 1.650 Euro/ha. Nicht berücksichtigt sind hierbei die Begründungskosten im ersten Jahr.

Um nun die zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallenden Erlöse und Kosten in der Kalkulation berücksichtigen zu können, müssen sie auf heute diskontiert werden. Hieraus ergibt sich ein Kapitalwert. Er entspricht der Summe aller diskontierten Zahlungen vom Zeitpunkt der Bestandesbegründung bis zur Rückumwandlung im 18. Jahr. Da dieser Kapitalwert nicht vergleichbar mit den jährlichen Deckungsbeiträgen der landwirtschaftlichen Produktion ist, muss er in jährlich gleichbleibende Zahlungen überführt werden. Hierzu wird folgende Formel verwendet:

$$A = KW \times \frac{1}{\frac{1 - (1+i)^{-t}}{i}}$$

Wobei bedeutet:

A = Annuität (jährlich)

KW = Kapitalwert

i = Kalkulationszinssatz (2 %) zum Ausgleich der inflationsbedingten Steigerungen der Kosten in der alternativ möglichen ackerbaulichen Nutzung.

t = Standdauer (d. h. wie lange die Plantage insgesamt betrieben wird)

Tabelle 4: Jährliche Deckungsbeiträge

			Jahr					
Z	Kosten	Einheit	0	1	2	3	4	5
1	variable und fixe Arbeits- erledigungskosten	Euro/ha	530					
2	Herbizide (Glyphosat)	Euro/ha	40					
3	Pflanzenzahl	Stück/ha	10.000					
4	Pflanzenpreis	Euro/ Stück	0,17					
5	Pflanzungskosten	Euro/ Stück	0,04					
6	Pflanzen- und Pflanzungs- kosten gesamt (Euro/ha) [Z1+Z2+Z3x(Z4+Z5)]	Euro/ha	2.670					
7	Bodenrente/-pacht	Euro/ha	300	300	300	300	300	300
8	Ernte/Häckseln	Euro/ha				360		
9	Transport Hackgut (10 km)	Euro/t _{atro}				13		
10	Stubbenrodung	Euro/ha						
11	Mulchen	Euro/ha						
12	Gesamtkosten für 10 t_{atro} [Z6+Z7+Z8+Z9xZ14+Z10+Z11]	Euro/ha	2.970	300	300	1.050	300	300
13	Zuwachs	t _{atro} /ha•a		10	10	10	10	10
14	Vorrat	t _{atro} /ha	0,00	10	20	30	10	20
15	Hackschnitzelpreis	Euro/t _{atro}				90		
16	Erlöse [Z14xZ15]	Euro/ha		0	0	2.700	0	0
17	Deckungsbeitrag I [Z16-Z12]	Euro/ha	-2.970	-300	-300	1.650	-300	-300

Der Kapitalwert einer KUP mit den Ausgangsdaten der Tabelle 3 sowie für einen Ertrag von $10 t_{\text{atro}}/\text{ha}$ und einem Preis von $90 \text{ Euro}/t_{\text{atro}}$ beträgt $1.348 \text{ Euro}/\text{ha}$. Die jährliche Annuität beträgt dann $90 \text{ Euro}/\text{ha}$.

$$A = 1.348 \times \frac{1}{\frac{0,02}{1 - (1+0,02)^{-18}}} = 90 \text{ Euro}/\text{ha}$$

Das heißt, die KUP realisiert unter den genannten Annahmen eine (theoretische) jährliche Rente von $90 \text{ Euro}/\text{ha}$, die mit den Deckungsbeiträgen einer alternativen landwirtschaftlichen Produktion verglichen werden kann (vgl. Tabelle 5 und Tabelle 6).

Tabelle 5: Standarddeckungsbeiträge für ausgewählte landwirtschaftliche Fruchtarten (Euro/ha)

Fruchtart	Durchschnitt der Wirtschaftsjahre 2004/05–2008/09 (Euro/ha)
Ertragsarme Weiden	86
Ackerwiesen und -weiden	241
Roggen	340
Dauerwiesen und -weiden	346
Sonstige Futterpflanzen	351
Gerste	537
Hartweizen	569
Silomais	692

Quelle: Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 2010

In der Standardkalkulation ist die jährliche Annuität der KUP von $90 \text{ Euro}/\text{ha}$ ungefähr mit ertragsarmen Weiden konkurrenzfähig. Selbst Ackerwiesen und -weiden erzielen standardmäßig höhere Deckungsbeiträge pro Hektar. KUP ist also unter diesen hier genannten Annahmen auf Ackerflächen nicht wettbewerbsfähig.

Doch nur selten erfüllt ein landwirtschaftlicher Betrieb die genannten Annahmen. Sowohl die Kosten als auch die Erlöse sind von vielerlei naturbedingten Einflussfaktoren abhängig, sodass die bisher dargestellte statische Analyse keinen Rückschluss auf die Vorteilhaftigkeit einer KUP erlaubt. Deshalb werden im Folgenden die Erträge und die Hackschnitzelpreise verändert, um deren Einfluss auf die Veränderung der Annuität besser darstellen zu können.

Änderung der Erträge

Steigen durch Züchtungsfortschritte und Sortenwahl die Erträge pro Hektar, erhöhen sich die Deckungsbeiträge, sofern nicht gegenläufige Tendenzen, wie z.B. Preissenkungen, einsetzen. Steigt der Flächenertrag von durchschnittlich $10 t_{\text{atro}}/\text{ha} \cdot a$ auf $12 t_{\text{atro}}/\text{ha} \cdot a$, erhöht sich dadurch die Annuität um $176 \text{ Euro}/\text{ha}$ auf $266 \text{ Euro}/\text{ha}$ (Abbildung 3). Dann ist die Plantage mit Ackerwiesen und -weiden, nicht jedoch mit Roggen und Gerste konkurrenzfähig. Erst dann, wenn Erträge von mindestens $14 t_{\text{atro}}/\text{ha} \cdot a$ erreicht werden, wird eine Annuität von $443 \text{ Euro}/\text{ha}$ erwirtschaftet.

Das bedeutet, dass die Ertragsleistung eines Standorts einen erheblichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Plantage hat. Wird sie auf ertragschwachen Standorten mit unterdurchschnittlichen Klonen bestockt, ist die Erwirtschaftung einer positiven Annuität in der Regel nicht möglich.

Änderung der Preise für Hackschnitzel

Etwas anders entwickelt sich die Wirtschaftlichkeit, wenn statt des Ertrages die Hackschnitzelpreise von der Standardkalkulation abweichen (vgl. Abbildung 2). Steigt der erzielbare Hackschnitzelpreis von den bisher angenommenen $90 \text{ Euro}/t_{\text{atro}}$ auf $120 \text{ Euro}/t_{\text{atro}}$ (umgerechnet auf frische Hackschnitzel mit einem Wassergehalt von 35 % entspricht dies einem Hackschnitzelpreis von ungefähr $78 \text{ Euro}/t_{35\%}$), erhöht sich die Annuität auf 384 Euro/ha.

Die Standdauer

Aufgrund der hohen Investitionskosten für die Bestockung der Fläche ist es aus wirtschaftlichen Erwägungen heraus nicht sinnvoll, eine Kurzumtriebsplantage nach der ersten Ernte rückzuwandeln. Der Analyse zufolge erscheinen mindestens 5 Ernten/Umtriebe bei 3 bzw. 4-jähriger Umtriebszeit zweckmäßig. Aufgrund des Zinsszinseffektes verringert sich die Vorteilhaftigkeit einer noch längeren Standdauer (vgl. Abbildung 3), sodass eine 15-jährige Standdauer mit 5 Ernten eine

ähnliche Annuität erwirtschaftet wie eine 18-jährige Standdauer mit 6 Ernten. Eine darüber hinausgehende Standdauer der Plantage ist daher aus wirtschaftlichen Erwägungen heraus nicht erforderlich.

Fazit

Die Wirtschaftlichkeit von Kurzumtriebsplantagen ist und bleibt der kritische Punkt, da im Vergleich zum Marktfruchtanbau geringere Deckungsbeiträge erzielt werden. Der Energieträger Holz wird bislang geringer bewertet als z. B. Raps- und Getreidekörner oder Substrate für Biogasanlagen. Allerdings kann der Anbau mehrjähriger Kulturen einen wirksamen Beitrag zur Stabilisierung des Einkommens im landwirtschaftlichen Betrieb liefern. Hackschnitzelpreise sind aufgrund ihrer begrenzten regionalen Transportwürdigkeit weniger volatil als klassische Marktfrüchte. Überdies eröffnen sich durch den Anbau neue Geschäftsfelder, z. B. im Wärmecontracting und durch Beteiligungen an Biomasseheiz(kraft)werken. Dann dienen Kurzumtriebsplantagen der Rohstoffversorgung und bieten deutlich höhere Wertschöpfungspotenziale.

Im Falle kleinflächiger Anpflanzungen liegen die Auswirkungen auf Umtriebszeiten, Pflanzabstände und Baumartenwahl auf der Hand. In längeren Umtriebszeiten (bis 20 Jahre möglich) erzeugte höhere Stückmassen des Einzelbaumes können leicht motoruell oder mit sog. Fäller/Bündlern aus Landschaftspflege und Forstwirtschaft beerntet werden. Hier können auch Industrieholzsortimente produziert werden, die energetisch und/oder stofflich nutzbar sind.

Nach den Ergebnissen der Standardkalkulation ist ein Anbau auf ertragsschwachen, gering wasserversorgten Standorten nicht sinnvoll. Dort reichen die Erträge nicht aus, die hohen Anfangsinvestitionen zu decken. Dessen ungeachtet kann die einzelbetriebliche Entscheidung auch hier für den Holz-anbau fallen, wenn mit den am gegebenen Standort erzielbaren Deckungsbeiträgen verglichen wird. Dies zeigt beispielhaft eine Zusammenstellung aus dem FNR-geförderten EVA-Projekt auf Basis von Expertenbefragungen zu den Durchschnittserträgen für Biogassubstrate.

Bei dem als Berechnungsgrundlage unterstellten Hackschnitzelpreis von 90 Euro/t_{atro} sind Erträge von mindestens 12 t_{atro}/ha•a

erforderlich, um eine Annuität von rund 355 Euro/ha zu erzielen. Ist es hingegen möglich, einen höheren Preis pro Tonne für die gesamte Laufzeit von 18 Jahren zu vereinbaren, lohnt sich tendenziell auch der Anbau auf ertragsschwächeren Standorten. Aber nur dann.

Große Hoffnungen werden deshalb auf aktuelle Forschungs- und Züchtungsarbeiten gesetzt. Gelingt es, die Ertragsleistung signifikant zu erhöhen und die Risiken durch biotische Schadfaktoren zu reduzieren, können sich Kurzumtriebsplantagen zur Energieholzerzeugung zu einer auch wirtschaftlich sehr interessanten landwirtschaftlichen Produktionsalternative entwickeln. Marktprognosen sagen einen in

Tabelle 6: Deckungsbeiträge unterschiedlicher Handlungsalternativen Euro/ha (gerundet). Grün markiert jeweils der vorzüglichste Wert, gelb markiert der zweitbeste Wert.

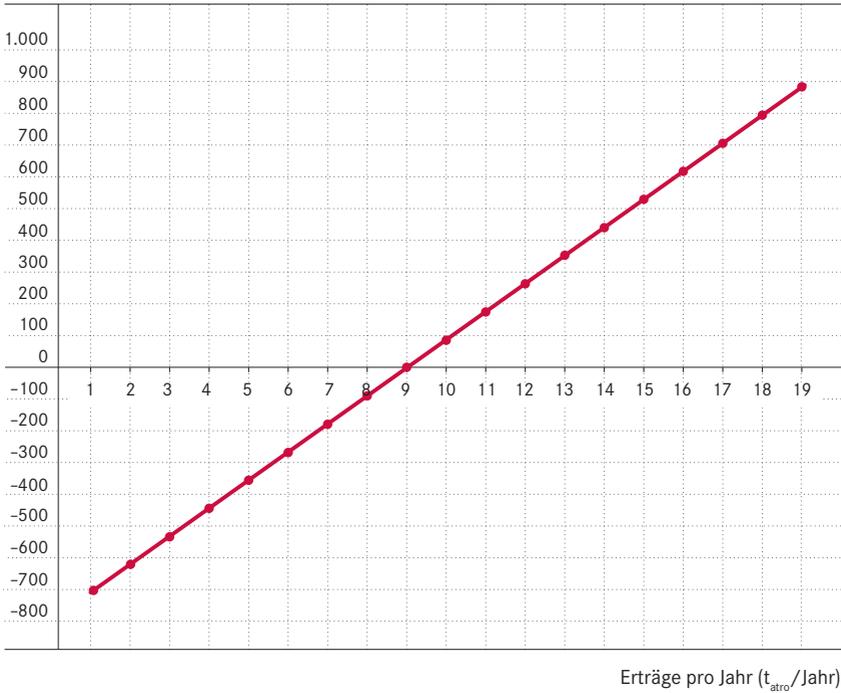
	MV	BB	BY	NS	TH	BW	SN	SNT	Mittel
Mais HF	190	110	520	390	310	430	280	380	330
Sorghum (b.)	-170	-160	50	-120	-60	90	-20	-140	-70
Sorghum (b. x s.)	-30	-90	110	-100	40	130	10	10	10
Wintertriticale	70	30	260	280	330	320	0	300	200
Winterroggen	0	-20	200	170	170	160	-60	100	90
Ackerfutter (Hauptnutzungs-jahr)	50	-60	340	-90	90	-80	90	150	60
Roggen + Mais	-120	-60	200	40	-40	110	-50	80	20
Roggen + Sorghum	-140	-210	150	-220	-120	10	-200	-80	-100

Zukunft weiter steigenden Holzbedarf voraus, der aus dem inländischen Holzaufkommen und den nutzbaren Waldholzpotenzialen nicht zu decken ist. Die Entwicklung der Marktpreise und insbesondere die Erwar-

tungshaltung zur künftigen Marktentwicklung werden bestimmen, ob schnellwachsende Baumarten in landwirtschaftlichen Kurzumtriebsplantagen künftig an Bedeutung gewinnen werden.

EINFLUSS DES HOLZERTRAGS AUF DIE ANNUITÄT

jährliche Annuität für eine 18-jährige Gesamtnutzungsdauer (Euro/ha)

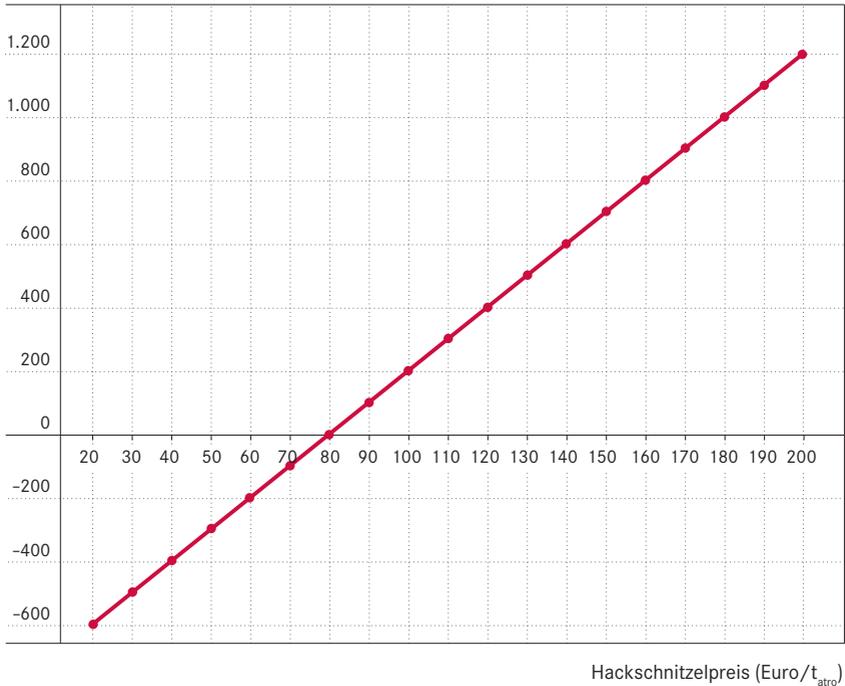


© FNR 2012

Abbildung 3: Annuität einer Kurzumtriebsplantage in Abhängigkeit vom Flächenertrag

EINFLUSS DES HACKSCHNITZELPREISES AUF DIE ANNUITÄT

jährliche Annuität für eine 18-jährige Gesamtnutzungsdauer (Euro/ha)

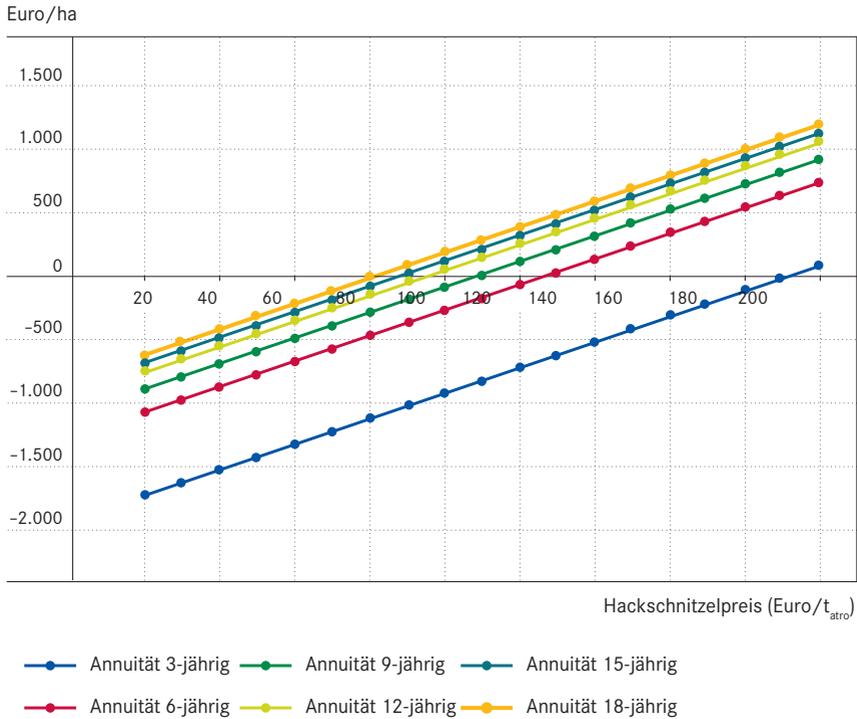


Hackschnitzelpreis (Euro/t_{atro})

© FNR 2012

Abbildung 4: Annuität einer Kurzumtriebsplantage in Abhängigkeit vom Hackschnitzelpreis

EINFLUSS VON HACKSCHNITZELPREIS U. ANZAHL D. UMTRIEBE AUF D. ANNUITÄT



© FNR 2012

Abbildung 5: Annuität in Abhängigkeit von der Anzahl der Umtriebe und der Preise für Hackschnitzel

8 ÖKOLOGISCHE ASPEKTE

Mit der Anlage einer Dauerkultur mit schnellwachsenden Bäumen geht eine Veränderung der boden- und bestandesökologischen Verhältnisse einher, die sich langfristig positiv auf die Ertragskraft der Böden auswirkt. Das Ausbleiben der Bodenbearbeitung sorgt in Verbindung mit der leicht zersetzbaren Laubstreu und der Wurzelaktivität der Baumschicht für den Aufbau weitgehend geschlossener Stoffkreisläufe. Die Anreicherung von organischem Material ermöglicht ein aktives Bodenleben und sorgt für den Aufbau des Kohlenstoffspeichers im Boden. In Verbindung mit der im aufstockenden Bestand enthaltenen C-Menge von rund 50 % der gesamten Holztrockenmasse stellt eine Kurzumtriebsplantage eine messbare Kohlenstoffsенke dar. Aus diesem Grund stuft der wissenschaftliche Beirat für Agrarpolitik beim BMELV die CO₂-Vermeidungsleistung von Kurzumtriebsplantagen als überdurchschnittlich hoch ein, bei gleichzeitig sehr niedrigen CO₂-Vermeidungskosten.

Mit dem Baumwachstum gehen noch weitere positive Veränderungen einher. Die Wind- und Erosionsschutzwirkung der Kulturen sind auch noch auf angrenzenden Flächen nachweisbar. Die Flächen werden zum Rückzugsraum für eine Reihe von Tierarten.

Die landschaftsökologische Beurteilung hängt stark von der Geländeform und -strukturierung ab. Allgemeingültige Regeln zur Einbindung in die umgebende Landschaft können deshalb nicht aufgestellt werden. In waldärmeren Gebieten stellen geschlossene Gehölzkomplexe mit Höhen bis zu 5 m und mehr ein bereicherndes Landschaftselement dar. Wenn äußere und innere Grenzlinien mit Hecken oder durch einfaches Belassen von Säumen gestaltet werden, müssen die Anpflanzungen nicht als Fremdkörper empfunden werden. Dabei kann ggf. auch eine biotopvernetzende Wirkung erreicht werden.

Die ökologische Vielfalt eines mehrschichtigen, reich strukturierten Mischwaldes wird hingegen kaum zu erreichen sein, da nur eine Baumschicht ausgebildet wird und auch die spätere Nutzung eine gleichförmige Pflanzung der Bestände erfordert. Dennoch bedeutet die Anlage von Kurzumtriebsplantagen unter ökologischen Aspekten in der Regel eine Aufwertung vorher ackerbaulich genutzter Flächen. Insofern ist die Holzproduktion auf landwirtschaftlichen Flächen eine nachhaltige Form der Bodennutzung.

9 AGROFORSTWIRTSCHAFT

Allgemeine Einordnung

Agroforstwirtschaft ist eine Form der Landnutzung in Mischkultursystemen, die Elemente der Landwirtschaft mit denen der Forstwirtschaft kombiniert. Kernidee aller Agroforstsysteme ist der gleichzeitige Anbau von Gehölzen und klassischen landwirtschaftlichen Produkten auf einer Fläche. Die dabei entstehenden synergistischen Effekte sollen eine effektivere und nachhaltigere Landnutzung bewirken. Man unterscheidet silvoarable Systeme (Gehölze und Ackerbau) und silvopastorale Systeme (Gehölze und Grünland/Weidenutzung), wobei eine Vielzahl von Kombinationen und Nutzungen bekannt sind.

Agroforstwirtschaft wird weltweit seit Jahrtausenden praktiziert. Besonders groß ist die Vielfalt der Systeme in den Tropen. Auch

im Süden und Südwesten Europas sind derartige Systeme (z. B. Korkeichen/Schweinezucht/Feldbau) heute noch verbreitet. Von den zahlreichen traditionellen Formen in Mitteleuropa besteht heute jedoch nur noch der Streuobstanbau in nennenswerten Ausmaßen.

In den letzten Jahren ließ sich ein vermehrtes Interesse an Agroforstsystemen feststellen. Ursächlich hierfür ist das verstärkte Bewusstsein der Notwendigkeit einer nachhaltigen Landbewirtschaftung mit dem Ziel der langfristigen Erhaltung der Produktionsfunktion unserer hocheffizienten Agrarflächen. Interessant ist vor diesem Hintergrund insbesondere die Sonderform des *alley cropping*. Hierbei werden Bäume in Reihen in maschinengerechten Abständen im Wechsel mit landwirtschaftlichen Nutzpflanzen in den Reihenzwischenräumen angebaut.



Weizenernte im modernen silvoarablen Agroforstsystem mit Energieholzstreifen – Dornburg

Agroforstsysteme für die Wertholzproduktion

Im Bereich Wertholzproduktion in Agroforstsystemen wurden in den letzten Jahren einige Untersuchungen durchgeführt. In einem EU-weiten Forschungsprogramm (SAFE-Projekt) wurden Möglichkeiten und Grenzen der Kombination einjähriger Ackerkulturen und Baumkulturen erforscht. Demnach ist unter bestimmten Voraussetzungen eine Steigerung der Flächenproduktivität durch Agroforstwirtschaft möglich. Es werden Mehrerträge von bis zu 30 % genannt. Bei einem Agroforstsystem aus Pappeln und Weizen wurden jeweils Hektarerträge erzielt, die im getrennten Anbau eine Fläche von 1,3 ha erfordert hätten.

In Deutschland wurden an der Universität Freiburg Fragestellungen zu Agroforstsystemen bearbeitet (www.agroforst.uni-freiburg.de). Anhand von Beispielgebieten wurden die Auswirkungen der Integration hochwertiger Einzelbäume auf landwirtschaftlich genutzten Flächen auf den Naturhaushalt und das Landschaftsbild untersucht. Ein weiterer Forschungsschwerpunkt lag auf der Beurteilung des kombinierten Anbaus von schnellwachsenden Bäumen als Agrarkomponente und Werthölzern als Forstkomponente.

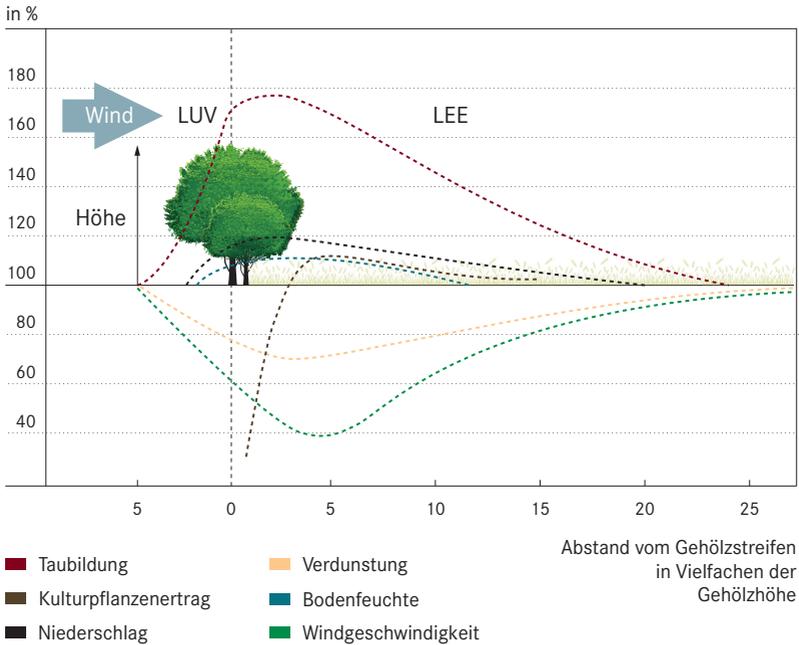
Agroforstsysteme für die Energieholzproduktion

Großes Potenzial zur Verknüpfung sowohl ökonomischer als auch ökologischer Aspekte bietet der Anbau von Energieholzstreifen auf landwirtschaftlichen Flächen. In dieser Sonderform des *alley cropping* werden schnellwachsende Baumarten wie Pappel oder Weide in regelmäßig angeordneten, heckenartigen Gehölzstreifen in die Agrarlandschaft integriert.

Da die Breite der Acker- und Gehölzstreifen frei variabel ist und an die vorhandene landwirtschaftliche Technik angepasst werden kann, sind die Systeme sehr flexibel und gut an die herkömmlichen Bewirtschaftungspraktiken adaptierbar. In Deutschland nehmen zur Energieholzproduktion dienende Agroforstsysteme bislang nur einen geringen Flächenanteil ein. Ein Ausbau dieser Form der Energieholzproduktion ist wünschenswert, da *alley cropping* nicht nur die zeitgleiche Produktion von Ackerkulturen und Energieholz auf dem gleichen Schlag erlaubt, sondern zudem ökologische Vorteilswirkungen bezüglich Erosionsschutz, Humusakkumulation, Biodiversität, Mikroklima etc. bietet.

Agroforstsysteme auf Ackerland vereinen verschiedene Funktionen wie die des Biotopverbundes (Hecken), des Erosionsschutzes (Windschutzstreifen), der Energie- (Kurzumtriebsplantagen) und Nahrungsmittelproduktion (herkömmliche Landwirtschaft). Keine der vier aufgeführten Aufgaben ist dabei – für das jeweils einzelne Ziel –

EFFEKTE VON AGROFORSTSYSTEMEN AUF DAS MIKROKLIMA



Quelle: Maik Schwabe (TLL)

© FNR 2012

Abbildung 6: Die erwarteten Effekte von Agroforstsystemen auf das Mikroklima und den Ertrag angrenzender landwirtschaftlicher Kulturen können aus früheren Untersuchungen mit Windschutzstreifen abgeschätzt werden.

optimal gelöst. Agroforstsysteme stellen einen Kompromiss dar, bei dem allerdings die Produktionsfunktion der Fläche sowohl für die holzige als auch für die landwirtschaftliche Komponente im Vordergrund steht, aber zudem noch zusätzliche Ziele der Flächennutzung bedient werden.

Projekt AgroForstEnergie

Sowohl die Quantifizierung der ökologischen Vorteilswirkungen als auch die ökonomische Bewertung von Agroforstsystemen mit Energieholz erfordern fundierte wissenschaftliche Untersuchungen. So werden derartige Systeme im Rahmen des Forschungsprojektes „AgroForstEnergie“

auf verschiedenen Standorten hinsichtlich Wuchsverhalten und Ertrag, Bestandsinteraktionen, Mikroklima, Stoffkreisläufen sowie Biodiversität eingehend untersucht und bewertet. Das übergeordnete Ziel des laufenden Projektes ist es, Vorteile und gegebenenfalls auch Nachteile von Agroforstsystemen mit Energieholz hinsichtlich Landschaftsstruktur, Bodenschutz und -entwicklung sowie Vielfältigkeit des landwirtschaftlichen Lebensraumes aufzuzeigen und Konzepte zu deren betriebswirtschaftlicher Optimierung abzuleiten. Dazu wurden an vier Standorten mit unterschiedlichen Ausgangsbedingungen großflächige (20 bis 50 ha) Agroforstsysteme mit differenzierter Fragestellung angelegt.

zu 60 % erfassbar. Die resultierende Reduktion der Verdunstung zeigte sich in erhöhten Feuchtegehalten des Oberbodens insbesondere in den Hochsommermonaten. Durch die Bodenruhe und den Verzicht auf Herbizideinsatz innerhalb der KUP-Streifen erhöhte sich die floristische Artenvielfalt immens. Besonders im Grenzbereich zwischen Gehölzen und Feldstreifen bildeten sich wertvolle Saumstrukturen mit hoher Artenvielfalt heraus. Dabei war der Einfluss durch Samenauswurf in die Feldstreifen gering, die üblichen Pflegeeinsätze reichten hier aus, um eine von den Gehölzstreifen ausgehende Verunkrautung zu verhindern. Auch Entwicklungen hin zu einer erhöhten Vielfalt der Fauna konnten nachgewiesen werden. Beispielsweise wurden erste Reviere heckenbewohnender Brutvogelarten wie Dorngrasmücke und Bluthänfling festgestellt.



Erste Ernte der KUP-Streifen mit Mähacker – Dornburg 2011

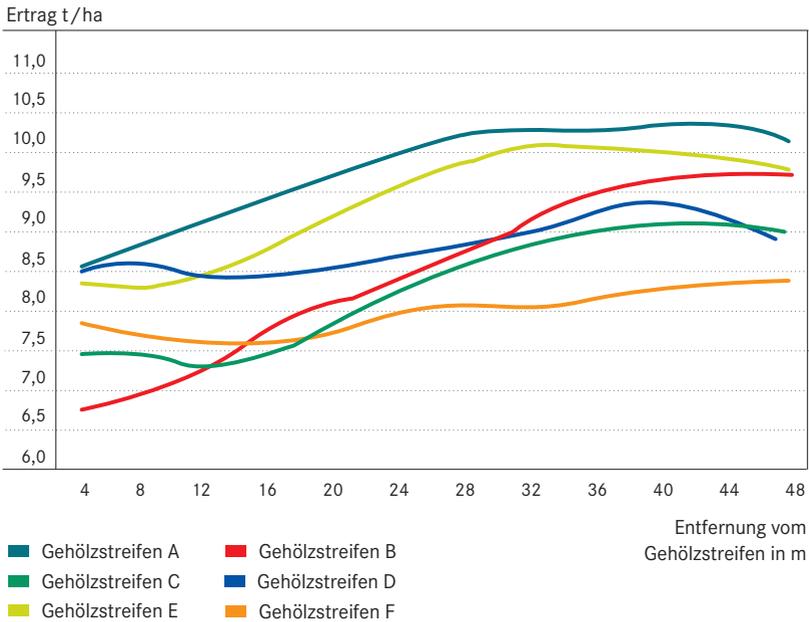
Erste Ergebnisse AgroForstEnergie

Bereits wenige Jahre nach der Etablierung der Agroforstsysteme (Flächenanlage 2007) konnten Umwelteffekte nachgewiesen werden. Nach drei Jahren waren Verringerungen der Windgeschwindigkeit um bis



Vogelnest im KUP-Streifen – Dornburg 2010

FELDFRUCHTERTRÄGE IM AGROFORSTSYSTEM



Quelle: Christian Schmidt (JLU Gießen)

© FNR 2012

Abbildung 7: Erträge von Winterweizen im Dornburger Agroforstsystem mit Energieholzstreifen in Abhängigkeit von der Entfernung zum nächst westlichen Gehölzstreifen

Die Ertragsentwicklungen der Gehölze entsprachen den erwarteten Werten für die jeweiligen Standorte und wichen nicht von Versuchsergebnissen benachbarter Standorte ab. In der Ertragsentwicklung der Feldstreifen zeigten sich bisher keine eindeutigen Ergebnisse. Im Laufe des Versuchszeitraumes nahm der Einfluss der KUP-Streifen auf den Ertrag zu. Hier traten jedoch deutliche Unterschiede in Abhängigkeit von

Standort und Fruchtart auf. Während die Luzerne auf einem trockenen Extremstandort auf Bergbaufolgeflächen Brandenburgs mit deutlichen Ertragssteigerungen auf die höhere Wasserverfügbarkeit reagierte, zeigte sich auf einem schwereren Standort höherer Bodengüte in Thüringen ein differenzierteres Bild. So wurde bei Winterweizen in der Nähe der Gehölzstreifen kein ertragssteigernder Effekt, sondern vielmehr

eine Ertragsdepression beobachtet, die auf die Konkurrenzwirkung der schnellwachsenden Bäume zurückzuführen ist. Eine Ertragssteigerung zeigte sich erst ab einer Entfernung vom Gehölzstreifen von ca. 25 m. Bei anderen Kulturen wie beispielsweise Raps konnte hingegen keine gerichtete Einflussnahme auf den Ertrag nachgewiesen werden. Es ist zu erwarten, dass sich die Effekte mit zunehmendem Alter des Agroforstsystems verstärken.

Die Wirtschaftlichkeit von Agroforstsystemen gegenüber vollflächigen Anbausystemen wird durch die Wirtschaftlichkeit der Komponenten, hier Ackerbau und Kurzumtriebsgehölze, bestimmt sowie durch deren Flächenanteile, die Veränderung der Arbeitserledigungskosten, Konkurrenz- und Synergieeffekte. Durch geringere Flächenanteile der Komponenten steigen die Arbeitserledigungskosten. Die ersten Versuchsergebnisse zu Konkurrenz- und Synergieeffekten lassen noch keine eindeutige Aussage in Bezug auf positive oder negative Ertragsreaktionen zu. Nach derzeitigem Wissensstand ist von einer leicht reduzierten Bodenrente bei Agroforstsystemen mit Energieholz gegenüber vollflächigen Anbausystemen auszugehen. Eine monetäre Anerkennung der Umweltleistungen könnte hier Ausgleich schaffen.

Empfehlungen für die Praxis

Insbesondere auf trockenen Grenzstandorten können durch KUP-Streifen Ertragssteigerungen der Feldkulturen erreicht werden. Hier bietet sich auch die Möglichkeit, den prognostizierten Folgen des Klimawandels

(mehr Extremwetterereignisse, heiße und trockene Sommer) entgegenzuwirken. Auf produktiven Standorten können Agroforstsysteme zur langfristigen Ertragsstabilität beitragen. Aus Umweltsicht stellen Agroforstsysteme mit Energieholz eine deutliche Aufwertung gegenüber großflächigem, reinem Ackerbau dar, die bisher jedoch nicht monetär gewürdigt wird.

Momentan besteht noch keine Möglichkeit, die Flächen im Beihilfeantrag für die Betriebsprämie als geschlossenes Agroforstsystem zu codieren, die einzelnen Kulturen des Agroforstsystems müssen als Teilschläge angegeben werden. Rechtlich gelten für Energieholzstreifen also dieselben Bestimmungen wie für flächige Kurzumtriebsplantagen.

Fördermöglichkeiten für die Pflanzung von Gehölzen in KUP bzw. Agroforstsystemen bestehen bundesweit über das Agrarinvestitionsförderprogramm (AFP). Hier können bis zu 25 % der Anlagekosten geltend gemacht werden. Das Mindestinvestitionsvolumen beträgt 20.000 Euro, jedoch können mehrere Investitionen eines Betriebes zusammengefasst werden. Weiterhin fördern einzelne Bundesländer (z. B. Sachsen) die Anlage von KUP.

Im Rahmen des EU-Förderprogrammes zur Entwicklung des ländlichen Raumes ELER besteht die Möglichkeit der Förderung von Agrarforstsystemen. Der entsprechende Artikel des Programms ist im Deutschen Recht bisher nicht aktiviert und daher nicht anwendbar.

VORTEILE DER AGROFORSTWIRTSCHAFT MIT ENERGIEHOLZ

- Erhöhung der Struktur- und Artenvielfalt, stabile Ökosysteme
- Verringerung der Bodenerosion (Wind und Wasser)
- Verringerung der unproduktiven Verdunstung
- Verbesserung der Nutzbarkeit von Grenzstandorten
- Produktion eines zunehmend nachgefragten Energieträgers
- Erleichterung der Holzernte im Vergleich zu Waldbeständen
- Schattenwirkung (positiv bei Tierhaltung)
- Positive Auswirkungen auf das Landschaftsbild

NACHTEILE UND RISIKEN

- Mögliche Ertragsminderung bei der landwirtschaftlichen Komponente
- Technologische Behinderung der agrotechnischen Maßnahmen
- Langfristige Festlegung von Kapital
- Geringe Flexibilität bei der Anpassung an den Markt und die Agrarprodukte
- Pachtlandproblematik
- Mögliche zusätzliche Quelle für Schädlinge und Unkräuter



© TLL / M. Bärwolff

Rapsernte im modernen silvoarablen Agroforstsystem mit Energieholzstreifen – Dornburg

10 UMRECHNUNGSZAHLEN

ZUSAMMENHANG ZWISCHEN WASSERGEHALT UND HEIZWERT

Wassergehalt in %	Heizwert in kWh/kg	
	Laubholz	Nadelholz
0	4,90	5,20
5	4,62	4,91
10	4,34	4,61
15	4,06	4,32
20	3,78	4,02
25	3,51	3,73
30	3,23	3,44
35	2,95	3,14
40	2,67	2,85
45	2,39	2,55
50	2,11	2,26
55	1,83	1,97
60	1,55	1,67

FAUSTZAHLEN ZUR UMRECHNUNG VON HOLZMENGEN

	Fm Holz	Rm Holz	Srm Hack-schnitzel
Fm Holz	1,0	1,4	2,5
Rm Holz	0,7	1,0	1,8
Srm Hack-schnitzel	0,4	0,5	1,0

FAUSTZAHLEN ZUR UMRECHNUNG DES HOLZVOLUMENS

1 Festmeter (Fm)
 =
 1,4 Raummeter (Rm)
 =
 2,5 Schüttraummeter (Srm)

HEIZWERT PAPPEL (GEWICHT atro: 419 kg/Fm)

Wassergehalt in %	Unterer Heizwert kWh/kg	Festmeter		Raummeter		Schüttraummeter	
		kg	kWh	kg	kWh	kg	kWh
15	4,057	482	1.956	338	1.369	193	782
20	3,779	513	1.937	359	1.356	205	775
25	3,5	547	1.913	383	1.339	219	765
30	3,222	586	1.888	410	1.321	234	755
35	2,943	631	1.856	441	1.299	252	742
40	2,664	683	1.821	478	1.275	273	728
45	2,386	745	1.778	522	1.245	298	711
50	2,107	820	1.728	574	1.209	328	691
55	1,829	910	1.665	637	1.165	364	666
60	1,55	1.025	1.589	718	1.112	410	636

MITTELWERTE FÜR MENGENBESTIMMUNGEN

Maßeinheiten	Holzart	Wasser- gehalt in %	Srm	t	t _{atro}	MWh
1 Srm Hackschnitzel- Volumen	Fi	15	1	0,2	0,17	0,876
		30	1	0,25	0,17	0,847
		45	1	0,31	0,17	0,819
	Bu	15	1	0,32	0,27	1,298
		30	1	0,39	0,27	1,252
		45	1	0,49	0,27	1,18
1 t Hackschnitzel- Frischgewicht	Fi	15	5	1	0,85	4,38
		30	4	1	0,68	3,388
		45	3,2	1	0,55	2,621
	Bu	15	3,1	1	0,85	4,024
		30	2,6	1	0,69	3,255
		45	2,1	1	0,55	2,478
1 t _{atro} Hackschnitzel- Trockensubstanz	Fi	15	5,88	1,18	1	5,151
		30	5,88	1,47	1	4,98
		45	5,88	1,82	1	4,816
	Bu	15	3,7	1,18	1	4,83
		30	3,7	1,44	1	4,632
		45	3,7	1,81	1	4,366
1 MWh	Fi	15	1,14	0,228	0,194	1
		30	1,18	0,295	0,2	1
		45	1,22	0,382	0,208	1
	Bu	15	0,77	0,248	0,208	1
		30	0,8	0,307	0,215	1
		45	0,85	0,403	0,229	1

GEWICHT UND HEIZWERT IN ABHÄNGIGKEIT VON VOLUMEN UND WASSERGEHALT

Wasser- gehalt in %	Raumgewicht in kg/Srm				Heizwert in kWh/Srm			
	Buche	Eiche	Kiefer	Fichte	Buche	Eiche	Kiefer	Fichte
0	222	224	172	151	1.086	1.100	896	784
15	261	264	203	178	1.059	1.072	876	767
20	277	280	216	188	1.048	1.062	867	759
25	296	299	230	201	1.036	1.049	858	750
30	316	320	246	216	1.022	1.034	846	740
35	341	345	265	232	1.005	1.018	834	729
40	369	374	287	251	986	998	818	716
45	403	408	314	274	963	975	801	700
50	443	449	345	302	936	948	780	682
55	492	499	383	335	902	914	754	659
60	554	561	413	377	860	872	721	631

Quelle: LWF

1 Liter Heizöl hat einen Heizwert von 10 kWh. 1 Srm Fichtenhackschnitzel (WG 30 %) hat den Heizwert von 74 Litern Heizöl, die Buche liegt mit 102 Litern deutlich höher.

MITTLERE HEIZWERTE VON LUFTTROCENEM HOLZ (BASIS: 15 % LUFTFEUCHTE)

Baumart	Heizwert		
	kWh/Fm	kWh/Rm	kWh/kg
Laubholz			
Birke	2.700	1.900	4,3
Buche	2.800	2.100	4,0
Eiche	2.900	2.100	4,2
Pappel	1.700	1.200	4,1
Weide	2.000	1.400	4,1
Nadelholz			
Fichte	2.100	1.500	4,5
Kiefer	2.300	1.700	4,4

Quelle: Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (verändert)

11 WEITERFÜHRENDE LITERATUR

Baumgarten, K. (2008): Rechtliche Rahmenbedingungen einer naturverträglichen Landnutzung, Hamburg 2008.

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) (2005): Anbau von Energiewäldern, LWF Merkblatt 19, Freising.

Boelcke, B. (2006): Schnellwachsende Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen, Leitfaden zur Erzeugung von Energieholz. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern (Hrsg.).

Brummack, J. (2011): Fremdenergiefreie Hackguttrocknung, Informationsmaterial 12/2011, Technische Universität Dresden.

Bärwolff, M. & Hering, T. (2012): Fremdenergiefreie Trocknungsvarianten für Holz aus Kurzumtriebsplantagen. Trocknungsversuch mit 4 Varianten im Rahmen des Projektes AgroForst-Energie (www.tll.de/ainfo/pdf/holz0212.pdf).

Carmen e.V. (Hrsg.) (2009): Preisentwicklung bei Waldhackschnitzeln. Online im Internet URL www.carmen-ev.de/dt/energie/bezugsquellen/hackschnipreise.html [Stand 14. Oktober 2009].

Döhler, H. et. al. (2006): Energiepflanzen – KTBL-Datensammlung, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt, Leibnitz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim, Potsdam.

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (Hrsg.) (1999): Modellvorhaben „Schnellwachsende Baumarten“ – Zusammenfassender Abschlussbericht, Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“ Bd. 13, Münster.

FoVG: Forstvermehrungsgutgesetz vom 22. Mai 2002 (BGBl. S. 1658), geändert durch Artikel 37 der Verordnung vom 09. Dezember 2010 (BGBl. I S. 1934).

Große, W.; Landgraf, D.; Scholz, V. & Brummack, J. (2008): Ernte und Aufbereitung von Plantagenholz. Schweiz Z. Forstwes. 159 Nr. 6 S. 140–145.

Hartmann, H. & Meyer, B. (1997): Rekultivierung von Kurzumtriebsplantagen. In: Landtechnik. 52 1/97. S. 26–27.

Hartmann, H.; Thrän, D. & Kaltschmitt, M. (2009): Bereitstellungskonzepte. In: Kaltschmitt, M.; Hartmann, H. (Hrsg.): Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken, Verfahren. S. 171–216 Berlin.

Hartmann, H. (2002): Grundlagen der Kostenanalyse. In: Hartmann, H.; Kaltschmitt, M. (Hrsg.): Biomasse als erneuerbarer Energieträger. Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“. Bd. 3. S. 484–486. Münster.

Hartmann, H. (2002): Kosten der Energiegewinnung aus Biomasse. In: Hartmann, H.; Kaltschmitt, M. (Hrsg.): Biomasse als erneuerbarer Energieträger. Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“. Bd. 3. S. 486–527. Münster.

Helbig, Ch. & Müller, M. (2008): Potenzielle biotische Schadfaktoren in Kurzumtriebsplantagen. Cottbuser Schriften zur Ökosystemgenese und Landschaftsentwicklung 6, 101–116.

Hofmann, M. (2002): Anbau von Pappeln auf landwirtschaftlichen Stilllegungsflächen zur Erzeugung von Holzstoff für die Papierherstellung. Forschungsinstitut für schnellwachsende Baumarten, Merkblatt 12. Hann. Münden.

Hofmann, M. (2005): Pappeln als nachwachsende Rohstoffe auf Ackerstandorten – Kulturverfahren, Ökologie und Wachstum unter dem Aspekt der Sortenwahl in: Schriften d. Forschungsinstitutes für schnellwachsende Baumarten Hann. Münden, Band 8, Göttingen.

Institut für Agrartechnik Bornim (Hrsg.) (2004): Energieholzproduktion in der Landwirtschaft. Potenzial, Anbau, Technologie, Ökologie und Ökonomie. Bornimer Agrartechnische Berichte. Heft 35. Potsdam-Bornim.

Kauter, D.; Lewandowski, I. & Claupein, W. (2001): Pappeln in Kurzumtriebswirtschaft: Eigenschaften und Qualitätsmanagement bei der Festbrennstoffbereitstellung – Ein Überblick. Pflanzenbauwissenschaften 5 (2), S. 64–74.

KTBL (2008): Produktion von Pappeln und Weiden auf landwirtschaftlichen Flächen. KTBL-Heft 79, Darmstadt, 44 S.

Lamersdorf, N.; Bielefeldt, J.; Bolte, A.; Busch, G.; Dohrenbusch, A.; Knust, C.; Kroiher, F.; Schulz, U. & Stoll, B. (2008): Naturverträglichkeit von Agrarholzanpflanzungen – erste Ergebnisse aus dem Projekt NOVALIS. Cottbuser Schriften zur Ökosystemgenese und Landschaftsentwicklung 6, 19–32.

Lewandowski, I. (2001): Energiepflanzenproduktion. In: Kaltschmitt, M.; Hartmann, H. (Hrsg.): Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken, Verfahren. 57–93. Berlin.

Liebhart, P. (2007): Energieholz im Kurzumtrieb – Rohstoff der Zukunft. Leopold Stocker Verlag, Graz, 123 S.

Mantau, U. (2008): Holzrohstoffbilanz Deutschland, Szenarien des Holzaufkommens und der Holzverwendung bis 2012, Hamburg, 2008, 79 S.

Marutzky, R. & Seeger, K. (1999): Energie aus Holz und anderer Biomasse. Grundlagen, Technik, Entsorgung, Recht. Leinfelden-Echterdingen.

Murach, D.; Hartmann, H.; Murn, Y.; Schultze M.; Ali, W. & Röhle, H. (2009): Standortbasierte Leistungsschätzung in Agrarholzbeständen in Brandenburg und Sachsen. In: Reeg, T.; Bemmann, A.; Konold, W., Murach, D.; Spiecker, H. (Hrsg): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Wiley-VCH. Weinheim, S. 29–40.

NABU (Naturschutzverband Deutschland e.V.) (Hrsg.) (2008): Energieholzproduktion in der Landwirtschaft – Chancen und Risiken aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes.

Nationaler Biomasseaktionsplan für Deutschland (2009): Nationaler Biomasseaktionsplan für Deutschland. Beitrag der Biomasse für eine nachhaltige Energieversorgung. 17 S., Anhang 41 S. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn 2009.

Paar, S. (2000): Das Dombelüftungsverfahren. Ein Verfahren zur Belüftung offener Rottemieten unter Nutzung des thermischen Auftriebs. Dissertation. Dresdner Forschungen: Maschinenwesen; Bd. 6. Dresden: w.e.b., 2000.

Pallast, G. Co-Autoren (2005): Schnellwachsende Baumarten – Chance für zusätzliches Einkommen im ländlichen Raum? Discussion Paper 2005.3 Institute for Agricultural Policy, Market Research and Economic Sociology, University of Bonn.

Röhle, H.; Hartmann, K.-U.; Steinke, C. & Murach, D. (2009): Leistungsvermögen und Leistungserfassung von Kurzumtriebsbeständen. In: Reeg, T. Co-Autoren (Hrsg.): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Wiley-VCH Verlag, Weinheim, S. 41–55.

Scholz, V.; Boelcke, B.; Burger, F.; Hofmann, M. & Vetter, A. (2006): Produktion von Pappeln und Weiden auf landwirtschaftlichen Flächen. Merkblatt KTBL-Datensammlung Energiepflanzen. Potsdam-Bornim. 12 S.

Scholz, V.; Lorbacher, F. R. & Spikermann, H. (2009): Technologien der Ernte und Rodung von Kurzumtriebsplantagen. In: Reeg T.; Bemmann, A.; Konold, W.; Murach, D. & Spiecker, H.: Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Wiley-VCH Weinheim, S. 99–112.

Teepe, R. (1999): Quantifizierung der klimarelevanten Spurengasflüsse Lachgas (N_2O) und Methan (CH_4) beim Anbau der nachwachsenden Rohstoffe Pappelholz und Rapsöl. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe A, Bd. 158.

Vetter, A.; Werner, A. & Reinhold, G. (2002): Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Energieholz. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena.

Vetter, A. (2004): Bereitstellungsketten und Kosten Land- und Forstwirtschaftlicher Biomassen zur Produktion von BTL-Kraftstoffen. www.fnr-server.de/cms35/fileadmin/allgemein/pdf/veranstaltungen/btl2004/Vetter.pdf [Stand 17. August 2005].

Relevante Informationen finden sich auch unter www.energiepflanzen.info

12 AUSGEWÄHLTE BERATUNGSINSTITUTIONEN

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft

Abt. Waldbewirtschaftung –
Betriebswirtschaft,
Forsttechnik und Holz
Am Hochanger 11
85354 Freisingen

Johann-Heinrich-von-Thünen-Institut (vTI),

Leuschnerstr. 91
21031 Hamburg

Fachhochschule Eberswalde, Fachbereich Forstwirtschaft

Alfred-Möller-Str. 1
16225 Eberswalde

Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e. V. (FIB e. V.)

Abt. Landwirtschaftliche und
Forstliche Rekultivierung
Brauhausweg 2
03238 Finsterwalde

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern

Dorfplatz 1
18276 Gülzow-Prüzen

Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e. V.

Abteilung 3
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt Abteilung Genressourcen

Prof.-Oelkers-Str. 6
34346 Hann. Münden

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Bodenkultur und Pflanzenbau

Gustav-Kühn-Str. 8
04159 Leipzig

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL)

Referat 430
Apoldaer Str. 4
07774 Dornburg-Camburg

Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg

Außenstelle Forchheim
Sachgebiet Nachwachsende Rohstoffe
Kutschenweg 20
76287 Rheinstetten

Bayerisches Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht

Forstamtsplatz 1
83317 Teisendorf

Landwirtschaftszentrum Haus Düsse (LZ)

Landwirtschaftskammer
Nordrhein-Westfalen
OT Ostinghausen
59505 Bad Sassendorf

**Niedersachsen Netzwerk
Nachwachsende Rohstoffe 3N**

Geschäftsstelle
Kompaniestr. 1
49757 Werlte

**Institut für angewandtes
Stoffstrommanagement (IfaS)
Fachhochschule Trier/Umwelt
Campus Birkenfeld**

Postfach 1380
55761 Birkenfeld

**Landesanstalt für Landwirtschaft
Forsten und Gartenbau
Sachsen-Anhalt KoNaRo Forst**

Strenzfelder Allee 22
06406 Bernburg

**Fachagentur
Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)**

OT Gülzow, Hofplatz 1
18276 Gülzow-Prüzen

**Deutsche
Landwirtschafts-Gesellschaft e. V. (DLG)**

Eschborner Landstr. 122
60489 Frankfurt/Main

13 ANBIETER VON PFLANZGUT UND LOHNDIENSTLEISTUNGEN

IB Biomasseconsulting/ Salixenergi Europa AB

Carsten Neumeister
Höfgen Nr. 1
01623 Ketzerbachtal OT Höfgen
Tel.: 035246/5190-47
Fax: 035246/5190-46
carsten.neumeister@salixenergi.se
www.biomasseconsulting.de
www.salixenergi.se

Baumschule Rupert Oberloher

Wald 1
84431 Rattenkirchen
Tel.: 08082/364
Fax: 08082/8039
rupert.oberloher@t-online.de
info@oberloher-baumschulen.de
www.oberloher-baumschulen.de

Baumschule Renate Müller

Eichenweg 54
04910 Elsterwerda
Tel.: 03533/163874
info@baumschule-elsterwerda.de

Baumschule Stengel

Oberes Ried 49
72336 Balingen-Weilstetten
Tel.: 07433/4429
Fax: 07433/381575
mail@baumschule-stengel.de
www.baumschule-stengel.de

Baumschulen Haage GmbH Co. KG

Grüner Weg 2
89340 Leipheim/Donau
Tel.: 08221/2796-0
Fax: 08221/2796-25
baumschulen@haage.de
www.haage.de

Bayerisches Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht Teisendorf

Forstamtsplatz 1
83317 Teisendorf
Tel.: 08666/9883-0
poststelle@asp.bayern.de

Baumschule Graeff

Am Friedhof 6
04924 Zeischa (bei Bad Liebenwerda)
Tel.: 035341/123-52
Fax: 035341/123-70
info@baumschule-graeff.de
www.baumschule-graeff.de

Bioenergiehof Böhme GmbH

Dorfstr. 44
01762 Schmiedeberg/OT Obercarsdorf
Tel.: 03504/6114-48
Fax: 03504/6114-49
info@bioenergiehof-boehme.de
www.bioenergiehof-boehme.de

Eichhorst Baumschule

Görlitzer Str. 13
02929 Rothenburg
Tel.: 035891/35418

F-O. Lürssen**Baumschulen GmbH & Co. KG**

Ahrendamm 53
27616 Beverstedt-Osterndorf
Tel.: 04747/8088
luerssen-osterndorf@forstbaum.de

**Forschungsinstitut für Bergbau-
folgelandschaften Finsterwalde**

Brauhausweg 2
03238 Finsterwalde
Tel.: 03531/7907-0
fib@fib-ev.de

Forstbaumschule**Güstrow Leist & Co. KG**

Dewinkel
18273 Klueß
Tel.: 03843/211056
Fax: 03843/213116
www.forstbaumschule-guestrow.de

Forstbaumschulen**„Fürst Pückler“ GmbH**

Dorfstr. 15 b
04924 Bad Liebenwerda/Zeischa
Tel.: 035341/152-0
Fax: 035341/152-11
pueckler@forstbaumschule.eu
www.forstbaumschule.eu

**Forstbaumschule Peter
Jungermann GbR**

Oberhundemer Str. 19
57399 Kirchhundem-Heinsberg
Tel.: 02723/7666
info@baumschule-jungermann.de

**Forstbaumschulen Gracklauer
Gunzenhausen KG**

Alte Nürnberger Str. 10
91710 Gunzenhausen
Tel.: 09831/2400
Fax: 09831/9653
info@baumschule-gracklauer.de
www.baumschule-gracklauer.de

Hessen – Forst**Forstamt Hanau-Wolfgang Samendarre**

Rodenbacher Chaussee 10 a
63457 Hanau
Tel.: 06181/95019-0
Fax: 06181/95019-40
samendarrewolfgang@forst.hessen.de
www.samendarre-wolfgang.de

Hüttmann GmbH

Herr Joachim Hüttmann
Nottorfweg 15
29614 Soltau
Tel.: 05191/2919
info@jh-dienste.de

Karl Schlegel Baumschulen KG

Göffinger Str. 40
88499 Riedlingen
Tel.: 07371/9318-0
Fax: 07371/9318-10
info@karl-schlegel.de

Landschaftsbau Hans Wegner

Wismutstr. 23
17036 Neubrandenburg
Zulassung nach FoVG: 13133124
Tel.: 0395/70777-71
Fax: 0395/70777-2
Mobil: 0171/7271776
wegner@landschaftsbau-wegner.de
www.landschaftsbau-wegner.de

P&P Dienstleistungs GmbH & Co. KG

Am Stundenstein 1
56337 Eitelborn
Tel.: 02620/9449-0
Fax: 02620/9448-21
info@energieholzanlagen.de
www.energieholz-vom-feld.de

Populus-Hungaria Kft.

Franz Krautsack
Kossuth Lajos utca 41
H-9735 Csepreg
Tel.: 0043(0)650/70000-64
franz@new-energy.at

WALD21 GmbH

Wolfram Kudlich
Ansbacher Straße 2
97215 Uffenheim
Tel.: 09842/39294-53
Fax: 09842/39294-54
Mobil: 0178/2451559
Kudlich@wald21.com
www.wald21.com

Raitz von Frenzt Baumschulen

Untenburg 3
53894 Mechernich Antweiler
Tel.: 02256/3130

Sailer Baumschulen GmbH

Graf-Treuberg-Str. 5
86690 Mertingen-Druisheim
Tel.: 09078/9125-20
Fax: 09078/9125-229
info@sailer-baumschulen.de
www.sailer-baumschulen.de

Wald-Agentur Münster GmbH

Welsingheide 10
48161 Münster
Tel.: 02534/5388-760
Fax: 02534/5388-769
info@wald-agentur.de
www.wald-agentur.de

Wörlein GmbH

Baumschulweg 9
86911 Dießen am Ammersee
Tel.: 08807/921-00
Fax: 08807/921-0900
info@woerlein.de
www.woerlein.de

WSD Energieholz – Baumschule

Hersfelder Str. 14
36280 Oberaula
Tel.: 06628/7155
Fax: 06628/772416
info@wsd-baumschule.de
www.wsd-baumschule.de

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)
OT Gülzow, Hofplatz 1
18276 Gülzow-Prüzen
Tel.: 03843/6930-0
Fax: 03843/6930-102
info@fnr.de
www.nachwachsende-rohstoffe.de
www.fnr.de

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier
mit Farben auf Pflanzenölbasis

Bestell-Nr. 292
FNR 20 12

