

Studie

„Anleitung zur Anlage von Kurzumtriebsflächen“

Erstellt im Auftrag von FPP – Forst-Platte-Papier



November 2004

Projektleitung:

DI Peter Traupmann

Unter Mitarbeit von:

Mag.^a Renate Kleinhappl, Europäisches Zentrum für Erneuerbare Energie

Dr. Hans Jochen Wippermann, Universität Hamburg

Walter Holzer, Bioenergie Burgenland



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
1.1	Einführung, Motivation.....	4
1.2	Zielsetzung.....	6
2	Rechtliche Rahmenbedingung	6
3	Entwicklungsstand, Literatur, internationale Erkenntnisse	7
3.1	Erfahrungen mit raschwüchsigen Laubbaumarten	7
3.1.1	International	7
3.1.2	Österreich.....	8
4	Natürliche Voraussetzungen für eine KU-Fläche	9
4.1	Boden.....	9
4.2	Klima	10
5	Pflanzenmaterial	11
5.1	Pappeln.....	12
5.1.1	Schwarzpappeln.....	13
5.1.2	Balsampappeln	14
5.1.3	Aspen.....	14
5.1.4	Sortenempfehlung Pappeln.....	15
5.2	Weiden.....	15
5.2.1	Sortenempfehlung Weiden.....	16
5.2.1.1	Allgemein	16
5.2.1.2	Sortenempfehlung für Ostösterreich	16
5.3	Robinie	17
6	Anlage von KU-Flächen	18
6.1	Umtriebszeiten	18
6.2	Stecklingsform.....	18
6.3	Flächenvorbereitung.....	19
6.4	Pflanzverbände	19
6.5	Pflanzverfahren	21
6.5.1	Händisch	21
6.5.2	Maschinell	21

6.6	Anlagekosten	21
6.7	Kulturführung.....	21
6.8	Schädlingsbekämpfung	22
7	Düngung.....	23
8	Ernte, Transport und Lagerung.....	24
8.1	Ernte.....	25
8.1.1	Ernte KU 4 bis 6 Jahre	25
8.1.1.1	Fäller-Bündler	25
8.1.1.2	Kombination Fällen und Hacken	25
8.1.2	Ernte KU 10 Jahre.....	26
8.1.2.1	Motor-manuelle Arbeitsverfahren	26
8.1.2.2	Harvester	27
8.2	Verfahrenvergleich und Erntekosten	27
8.3	Transport.....	28
8.4	Lagerung	28
8.4.1	Lagern von Hackgut.....	29
8.4.2	Lagern von Bäumen, Schösslingen und Bündeln.....	29
8.5	Rekultivierung	29
9	Erkenntnisse österreichischer Studien	30
9.1	Zusammenhänge	30
9.2	Erträge	31
9.2.1	Abhängige Faktoren.....	31
9.2.2	Pappelerträge.....	32
9.2.3	Weidenerträge.....	32
9.3	Deckungsbeitragsrechnung.....	34
9.4	Energiebilanz	37
10	Schlussfolgerungen und Empfehlungen.....	39
11	Literaturverzeichnis	40

1 Einleitung

1.1 Einführung, Motivation

Das zu Beginn der 90ziger Jahre gestartete Programm betreffend Kurzumtriebsflächen konnte sich in der ursprünglich angenommen Art und Weise nicht entwickeln, da die Förderprogramme mit dem Beitritt zur EU sehr deutlich auf den klassischen Ackerbau abgestellt waren und in ihrer Höhe nach auch sehr lukrativ und interessant dafür waren. Hinzu kam, dass nicht wirklich ein Bedarf sowohl für die energetische als auch für die stoffliche Nutzung gegeben war, zumal in den Wäldern entsprechende Durchforstungsrückstände zu verzeichnen waren und noch immer sind. Die Anlagen, welche für die Wärmeerzeugung aus Biomasse errichtet wurden, haben das in der Verwendung der Biomasse das davor genutzte Brennholz bei den Einzelöfen in den jeweiligen Haushalten substituiert und daher nicht unbedingt einen Mehrbedarf ausgelöst. Anders stellt sich die Situation bei der industriellen Verwertung dar.

Nach der Holzeinschlagsmeldung des BMLFUW ist eine deutliche Steigerung bei den Erntefestmetern feststellbar (z.B. 2002 + 10% gegenüber 2001), die selbstverständlich auf die deutlichen Verbrauchssteigerungen in der Industrie zurückzuführen ist. Die Verbräuche in den Jahren 1997 bis 2002 erfuhren eine Steigerung von 23% in der Sägeindustrie, in der Zellstoff/Papierindustrie eine Steigerung von 8% und eine Verbrauchsteigerung von sogar 47% in der Plattenindustrie¹. Die Verbrauchsprognosen der Papierindustrie für Rundholz und Sägenebenprodukte inkl. Späne gehen von folgender Veränderung bis 2010 gg. 2000 aus²:

- Papierindustrie	+ 1.906.000 fm	+ 27%
- Plattenindustrie	+ 1.562.000 fm	+ 50%
- Papier & Platte	+ 3.468.000 fm	+ 34%

¹ Quelle: FPP Branchenüberblick

² Quelle: Dipl. Ing. Manfred Schachenmann, Papierholz Austria GmbH, Vortrag „Auswirkungen der Biomasse auf die Warenströme“, Schätzungen berücksichtigen die Ausbauprogramme in Pöls und Bruck

In der thermischen Nutzung von Holz, geht man von den derzeitigen Entwicklungen aus und unter der Annahme, dass geplante Anlagen auch errichtet werden bzw. die Zielerreichungsmaßnahmen für die Vorgaben der Bundesregierung auch greifen, ist somit ebenfalls bis 2010 von einer zusätzlichen Bedarfsmenge von rund 2 bis 2,5 Mio. fm Holz, weitgehend Energieholz, auszugehen. So sind zwar Reserven in den derzeitigen Waldbeständen vorhanden (Durchforstungsrückstände, gänzlich ungenutzte Bestände, etc.), deren Erschließung jedoch einerseits nur mit hohen Kosten und andererseits durch Änderung von strukturbedingten Faktoren möglich ist. Man wird dennoch zusätzliche Mengen, sofern diese nicht durch Importe abgedeckt werden sollen, in Form von Aufforstungen bzw. Energieholzflächen, auch in Form von Kurzumtriebsflächen, brauchen.

Die derzeitige Bringung ist zum einen nicht sonderlich kosteneffizient, zum anderen geographisch bedingt auch nicht immer einfach, wenn man den Gebirgswald in den Alpen oder auch in den Randalpengebieten betrachtet. Eine maschinelle Ernte, teilweise mit Vollerntern, welche aufgrund von Kosteneinsparung vermehrt einzusetzen wären, ist topographisch und strukturbedingt nicht immer einfach. Im Kleinwald sind die Grenzen der einzelnen Parzellen vielfach derart eng beieinander gelegen, dass ein Einsatz moderner Erntemaschinen nicht möglich ist. Die unterschiedliche Besitzstruktur verschärft das Problem auch noch dahingehend, dass vielfach kein Interesse seitens der Eigentümer an einer Nutzung der vorhandenen Ressourcen besteht. Die Lage der Parzellen ist oft nicht bekannt, geschweige denn Grenzen.

Obwohl der Wald nach den Haupteergebnissen der Österreichischen Waldinventur 2000/02 flächenmäßig deutlich zunimmt, so ist diese Zunahme überwiegend auf eine Zunahme im Grenzertragsbereich sowie auf eine Zunahme an Waldrändern in einer eher unkontrollierten Art und Weise (Anflug) zurückzuführen. Hinzu kommt, dass es sich dabei hauptsächlich um Flächen handelt, welche deutlich dem Kleinwald zuzuordnen sind. Gemäß der genannten Inventur sind es 90 % des gesamten Waldflächenzuwachses, welche im Bereich des bäuerlichen Kleinwaldes stattfinden. Damit steht diese Fläche wiederum in einem eindeutigen Zusammenhang was die Bringung bzw. Ernte des Holzes auf diesen Flächen betrifft.

1.2 Zielsetzung

Die Zielsetzung ist, dass auf agrarischen Flächen Holz für die thermische Verwertung als auch für die stoffliche Nutzung produziert wird, welches die Märkte dafür entlasten und für zusätzliche Mengen sorgen soll. Einfache und rationelle Methoden sowohl in der Anlage als auch in der Kulturführung sowie bei der Ernte sollen auch eine wirtschaftlich interessante Lösung für die Bereitstellung von diesen zusätzlichen Mengen bieten. Auf diese Art und Weise sollen Zusatzeinkommen für landwirtschaftliche Betriebe möglich sein. Aufgrund der relativ extensiven Bewirtschaftungsform sollte dies auch für entlegene Flächen möglich sein und dadurch vor allem die Erhaltung der Agrarflächen gewährleisten.

Die Entwicklung der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU lässt erwarten, dass Flächen vor allem im Grenzertragsbereich bzw. in strukturschwachen Gebieten zusehend aus der herkömmlichen landwirtschaftlichen Produktion herausfallen und aufgegeben und somit dem „Anflug“, also der zufälligen Verwaldung zufallen. Auf diese Weise sollen jährlich zwischen 4.000 und 6.000 ha für die Anlage von Kurzumtriebsflächen verwendet werden. Unter der Annahme, dass in einem Zeitraum von 10 Jahren ca. 5% der landwirtschaftlichen Fläche für diese Produktion verwendet wird, könnte dies eine zusätzliche Mengenaufbringung im Ausmaß von ca. 600.000 Tonnen bedeuten.

2 Rechtliche Rahmenbedingung

Laut § 1 (5) der österreichischen Forstnovelle 1987 gelten derartige Energieholzkulturen nicht als Wald, wenn sie innerhalb von 10 Jahren nach der Bestandesbegründung als solche angemeldet werden und die Umtriebsintervalle (= Zeitraum zwischen 2 Ernten - im Gegensatz zum Begriff Rotationsintervall, welcher als Zeitraum zwischen Anlage und Rodung definiert ist) nicht länger als 30 Jahre betragen.

Für die Anlage von Kurzumtriebsflächen auf Stilllegungsflächen mit Ausgleichszahlungsanspruch gelten die jeweiligen Verordnungen und Durchführungsvorschriften der EU, welche in den Merkblättern der AMA – Agrarmarkt Austria verlautbart werden.

3 Entwicklungsstand, Literatur, internationale Erkenntnisse

Der Anbau schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb ist keine neue Form der Forstwirtschaft. Die so genannte Niederwaldwirtschaft wurde und wird seit mehr als zweitausend Jahren betrieben, bei der Baumarten verwendet werden, die sich durch rasches Jugendwachstum auszeichnen. Nach der Ernte des aufstockenden Materials erfolgt eine Regeneration durch Stockausschläge bzw. Wurzelbrut, d.h. es muss nur einmal gepflanzt, aber es kann mehrmals geerntet werden.

3.1 Erfahrungen mit raschwüchsigen Laubbaumarten

3.1.1 International

In Skandinavien werden vor allem Weiden seit langer Zeit im Kurzumtrieb für energetische Zwecke angebaut. In Schweden werden auf stillgelegten landwirtschaftlichen Nutzflächen Kurzumtriebsplantagen mit Weiden zur Erzeugung biogener Brennstoffe angepflanzt. Voraussetzung sind kurze Transportwege zu den Kraftwerken, die das Erntegut Hackschnitzel, die keinen wesentlichen Unterschied in der Brennstoffeigenschaft gegenüber herkömmlichem Brennholz aufweisen, verwerten.

In Deutschland wurden Kurzumtriebshölzer bisher fast ausschließlich auf Versuchsflächen angebaut. Da das vorhandene Potential an Resthölzern (Durchforstungsrückstände, Sägerestholz, Landschaftspflegeholz, Altholz, u. a.) bis jetzt nur zu einem geringen Teil genutzt wird, besteht noch kein Bedarf an gezielt angebauten Energiepflanzen. Für die Zukunft werden jedoch Kurzumtriebshölzer einen wichtigen Beitrag im regenerativen Energiemix leisten können.

In Ungarn gibt es riesige Robinienbestände als Kurzumtriebsflächen (ausgewiesene Kurzumtriebsflächen: ca. 400.000 ha), die derzeit noch nicht energetischen Zwecken

zugeführt werden. Auch der Anteil von Weiden (22.500 ha) und (Edel-)Pappeln (122.500 ha) ist beträchtlich. (Auskunft von Herrn Tzirok István (Staatliches Forstwirtschaftsamt in Budapest), bestätigt von Herrn Dr. Marosvölgyi Béla (Universität Sopron) 12.10.2004).

Land	ha
Österreich	1300
Deutschland	500
Dänemark	500
Schweden	16.000

Tab. 3.1: Kurzumtriebsflächen in Europa
Quelle: Statistisches Jahrbuch 2004, Statistik Austria; J. Wippermann, Stand 2004

3.1.2 Österreich

Auch in Österreich bestehen Versuchsflächen vor allem mit Weiden und Pappeln. In den 1980er und 1990er gab es im Osten Österreichs einige langjährig angelegte Kurzumtriebsversuchsflächen. Die meisten davon wurden jedoch eingestellt. Die Ergebnisse (z. T. überraschenderweise sehr hohe Erträge) werden im Kapitel 11 genau erläutert.

Österreich	ha
Burgenland	51
Kärnten	132
Niederösterreich	194
Oberösterreich	372
Salzburg	88
Steiermark	439
Tirol	12
Vorarlberg	4
Wien	4
Gesamt 1999	1.296
Gesamt 1995	1.463

Tab. 3.2: Aufstellung: Energiewälder (Kurzumtrieb) in Österreich
Quelle: Statistisches Jahrbuch 2004, Statistik Austria

Aus dieser Tabelle geht hervor, dass in Österreich 2/3 der Gesamtenergiekurzumtriebsflächen auf die Bundesländer Oberösterreich und Steiermark verteilt ist.

4 Natürliche Voraussetzungen für eine KU-Fläche

4.1 Boden

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass beinahe sämtliche landwirtschaftlich genutzte Böden für den Anbau schnellwüchsiger Baumarten geeignet sind. Zusätzlich können auch staunasse oder wechselfeuchte Böden, die landwirtschaftlich ohne Drainierung nicht genutzt werden könnten, für Kurzumtriebsflächen ohne solchen Maßnahmen verwendet werden. Trockene Standorte kommen nicht in Frage. Der pH-Wert sollte zwischen 5,5 und 6,5 liegen.

vorteilhaft:

- Lehme mit frischem Wasserhaushalt
- Gut mesotroph (mittleres Nährstoffangebot) bis eutroph (hohes Nährstoffangebot)
- Weiden: Maximale Leistungen werden auf frisch-, (wechsel-)feuchten, nährstoffreichen sandigen Lehmen erbracht.

Auch Grenzertragsböden kommen für Kurzumtriebsflächen in Frage, jedoch ist das Ertragspotential dieser Flächen für gering einzuschätzen. Vorteilhaft dabei ist aber, dass diese Grenzertragsböden auch weiterhin landwirtschaftlich genutzt bleiben.

Ausschlaggebend für eine ertragreiche Nutzung als Kurzumtriebsfläche raschwüchsiger Baumarten ist die *Bonität (Bodenklimazahl)* des in Frage kommenden landwirtschaftlich genutzten Grundstückes. Landwirtschaftliche Flächen werden aufgrund objektiver Merkmale (z. B. Bodenart, Bodenzustand) geschätzt. Die ertragfähigste Bodenfläche Österreichs hat die Wertzahl 100. Alle anderen landwirtschaftlichen Böden werden zwischen 0 und 100 berechnet.

Jede Person kann sich die Bonität seines Grundstückes selbst errechnen: auf jedem Grundstücksverzeichnis ist die Ertragsmesszahl (EMZ) für landwirtschaftlich genutzte Grundstücke ausgewiesen. Die EMZ ist das Produkt aus der Fläche des Grundstückes in Ar ($1 \text{ Ar} = 100 \text{ m}^2$) und Wertzahl, d. h.

Bodenklimazahl = (EMZ / ausgewiesene Fläche des Grundstückes in m²) * 100

Eine Anlage von Kurzumtriebsflächen mit raschwüchsigen Hölzern ist erst ab einer Bodenbonität von 30 sinnvoll.

Vor der Anlage einer Kurzumtriebsfläche ist eine Bodenanalyse unerlässlich. Je leistungsfähiger eine Sorte ist, desto früher reagiert sie negativ auf Mängel im Boden.

4.2 Klima

Der Standort muss ein ausreichendes Licht- und Wärmeangebot darstellen. Spitzenerträge sind nur unter sehr günstigen Klimabedingungen mit jährlichen Durchschnittstemperaturen über 8,5 °C und an Standorten im Übergangsbereich zum kühleren Klima mit Jahresdurchschnittstemperaturen zwischen 6,5 und 7,5 °C möglich.

Pappel: gemäßigtes feuchtes Klima

Weiden: auch kältere Lagen möglich

Für wirtschaftlich vertretbare Ertragsergebnisse ist eine Niederschlagsmenge von mindestens 600 mm wünschenswert, obwohl ein Gedeihen derartiger Kulturen schon ab 300 mm Niederschlag möglich ist.

5 Pflanzenmaterial

Anforderungen an das Ausgangsmaterial:

- das Pflanzenmaterial muss leicht und kostengünstig vermehrbar sein (vegetative Reproduktionsfähigkeit)
- sicheres Anwuchsverhalten
- rasches Jugendwachstum
- Früh- und Spätfrostresistenz
- Konkurrenzverträglichkeit im Dichtestand
- Geringe phototropische Empfindlichkeit
- Gutes Regenerationsvermögen
- Stockausschlagsvermögen nach unterschiedlich langen Ernteintervallen
- Widerstandsfähigkeit gegenüber Schadeinflüssen (Resistenz gegenüber biotischen und abiotischen Faktoren)

Aufgrund der bisherigen Resultate aus Studien zieht man für die Bewirtschaftung im Kurzumtrieb für die energetische Nutzung vor allem Pappeln und Weiden in Betracht. Robinie scheint auch mit geringeren Ernteerträgen eine Alternative zu sein, da der Heizwert dieser Holzart sehr hoch ist. Die Robinie eignet sich auch als Industrieholz, jedoch aufgrund der Inhaltsstoffe nicht für die Papierindustrie.

Gattung	Sorte	Nutzung		bevorzugter Standort
		energetische	stoffliche	
Pappel	Balsampappel	x		mittlere Nährstoffversorgung, (wechsel-)feuchter sandiger Lehm, wächst auch in höheren Lagen
	Aspe	x	x	höchste Standorttoleranz, mäßig trockene bis (wechsel-)feuchte, bis verdichtete Böden. Frische, nährstoffreiche, lehmige Sande werden bevorzugt. Rekultivierungsflächen
Weide	Korbweide	x		frisch (wechsel-)feuchten, nährstoffreiche sandige Lehme
	Kätzchenweide	x		
	Filzastweide	x		
Hülsenfrüchtler	Robinie	x	x	anspruchlos (Ausnahme: extrem trockener Standort oder dichter toniger Boden)

Tab. 5.1: Aufstellung der wichtigsten geeigneten Sorten für den Kurzumtrieb
Quelle: Eigenrecherche, 2004

Für die stoffliche Nutzung eignen sich auch Aspen und Birken, die nur in längeren Kurzumtriebszeiten von mindestens 10 Jahren infolge der Ausnutzung des Zuwachsmaximums in Frage kommen.

5.1 Pappeln

Pappeln kommen mit ca. 40 Arten auf der gesamten Nordhalbkugel der Erde (Eurasien, Nordamerika, Nordafrika) in gemäßigten Klimazonen vor. Aufgrund natürlicher Hybridisierung zeigen sie einen großen Formenreichtum. Eine weite ökologische Reichweite von Standortunterschieden kennzeichnet ihr Vorkommensgebiet.

Sektion	AIGEIOS Schwarzpappeln	TACAMAHACA Balsampappeln	LEUCE Weiß-/Zitterpappeln
Wichtigste Arten	Europäische Schwarzpappel (<i>P. nigra</i>) Amerikan. Schwarzpappel (<i>P. deltoides</i>)	Amerik. Balsampappel (<i>P.</i> <i>trichocarpa</i>) Asiatische Balsampappeln (<i>P. maximowiczii</i>) (<i>P.</i> <i>szechuanica</i>)	Aspen (Zitterpappeln) Europäische Aspe (<i>P.</i> <i>tremula</i>) Amerik. Aspe (<i>P.</i> <i>tremuloides</i>)
Intraspezifische Hybride		Trichocarpa x Trichocarpa Muhle Larsen Fritzi Pauley Trichobel	Tremula x Tremula Tapiau 1-8Ahle 1-20
Interspezifische Hybride	Nigra x Deltoides	Maximowiczii x Trichocarpa Androscoggin Hybride 275	Alba x Tremula Tremula x Tremuloides (sogenannte Hybridaspens)
Intersektionelle Hybride	P. maximowiczii x P. nigra Max 1-5 Deltoides x Trichocarpa Unal P. deltoides x P. trichocarpa Beaupré Barn Donk Boelare P. trichocarpa x P. deltoides Rap		

Tab. 5.2: Aufstellung Pappelsorten Quelle: Forschungsinstitut für raschwachsende Baumarten (1998)

5.1.1 Schwarzpappeln

Die Schwarzpappel ist ein Auwaldbaum mit hohen Ansprüchen an Licht-, Wärme- und guter Nährstoffversorgung auf grundwassernahe (jedoch nicht Staunasse) Aulehmstandorte mit hohen pH-Werten. Reine Schwarzpappeln sind für Kurzumtriebsflächen nicht verwendbar, da sie aufgrund ihres extrem hohen Lichtbedarfs im Dichtstand von Energiewäldern mit konkurrenzbedingten Zuwachsrückgängen und verstärkten Ausfällen reagieren. *Populus nigra* x *Populus deltoides* eignen sich nur als Kreuzungspartner. Außerdem eignet sie sich wegen ihres geringen Bewurzelungsvermögens nicht für die Steckholzvermehrung. Klassische Energiewaldstandorte verfügen darüber hinaus meist nicht über die erforderliche Standortqualität.

5.1.2 Balsampappeln

Die aus Südostasien bzw. Nordamerika stammenden Balsampappeln (*P. maximowiczii*, *P. trichocarpa*) zeigen auch auf für Schwarzpappeln ungeeigneten Standorten ein zügiges Wachstum, d. h. sie sind anspruchsloser als Schwarzpappeln. Bei mittlerer Nährstoffversorgung und (wechsel-)feuchten, sandigen Lehmen sind hohe Wuchserträge auch in höheren Lagen zu erwarten. Aufgrund ausgeprägter Raschwüchsigkeit sowie guten Bewurzelungsvermögens eignen sich Balsampappeln und ihre Hybriden hervorragend für Energiewälder mit durchschnittlichen Jahreserträgen von 10 – 15 t TS/ha.

5.1.3 Aspen

Aspen weisen von allen Pappelarten die höchste Standorttoleranz (Klima und Boden) auf. Mäßig trockene bis wechselfeuchte, aber auch verdichtete Böden unterschiedlichster Nährstoffversorgung sind für sie geeignet. In Energiewäldern sind jedoch für befriedigende Zuwachserträge frische, nährstoffreiche, lehmige Sande erforderlich. Aus diesem Grund sind sie auch für Rekultivierungsflächen geeignet. Die Massenleistung ist geringer als bei Balsampappeln, da sie vor allem in den ersten Jahren deutlich langsamer wachsen. Sie können daher das Leistungspotential guter Standorte insbesondere bei kurzen Umtriebszeiten nicht voll ausschöpfen. Da sich Aspen für Stecklingsvermehrung nicht eignen, muss relativ teures Pflanzenmaterial aus Gewebekulturen verwendet werden.

5.1.4 Sortenempfehlung Pappeln

Anbauggebiete	empfohlener Klon	Kreuzung
für Klimaregionen	Max 1	P. maximowiczii x P. nigra
	Max 2	
	Max 4	
	Max 5	
	Kamabuchi	
	Beaupré	P. trichocarpa x P. deltoides
für Klimaregionen	Barn	P. trichocarpa
	Fritzi – Pauley	
	Scott – Pauley	
	Trichobel	
für Klimaregionen	19/73	P. trichocarpa
	NE 42	P. maximowiczii x P. trichocarpa
	Donk	P. deltoides x P. trichocarpa
für warmen, gemäßigten und kühleren Klimabereich	Boelare	
	Muhle-Larsen 45/54	P. trichocarpa
	Max. x Trich 77/56	P. maximowiczii x P. trichocarpa
	Androscoggin	
	Rap	P. deltoides x P. trichocarpa
	Unal	
	Donk	

Tab. 5.3: empfohlene Pappelsorten aus forstlichen Bundesversuchsanstalt FBVA (1997): Forstliche Biomasse im Kurzumtrieb, Forschungsinstitut für schnellwachsende Baumarten (1998): Merkblatt 11 – Bewirtschaftung schnellwachsender Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen im Kurzumtrieb

5.2 Weiden

Weiden gehören zu den formenreichsten Gehölzgattungen der gemäßigten Klimazone nördlicher Breiten. In Mitteleuropa besiedeln ca. 300 Arten sehr unterschiedliche Standorte. Die Neigung zu natürlicher Hybridisierung nahverwandter Arten ist sehr ausgeprägt. Für die Anlage von Kurzumtriebsflächen zur Produktion biogener Brennstoffe kommen meist nur leistungsfähige Sorten von Hochstrauchformen wie Korbweide (*S. viminalis*), Kätzchenweide (*S. x smithiana*) und Filzastweide (*S. x dasyclados*) in Frage. Maximale Leistungen werden auf frisch-(wechsel-)feuchten, nährstoffreichen sandigen Lehmen erbracht. Raschwüchsige Sorten weisen oftmals geringere Salicingehalte in der Rinde auf und werden daher vom Rehwild bevorzugt verbissen (teure Schutzmaßnahmen!).

5.2.1 Sortenempfehlung Weiden

5.2.1.1 Allgemein

Anbauggebiete	empfohlener Klon	Kreuzung
für kühlere Klimaregionen	Strauchweide	
	S. aquatica gigantea	S. cine x daphn. x vim.
	S. x dasyclados 43T	S. caprea x cine. x vim.
	Viminalis-Klon 4/68 T	S. vimnalis
	Viminalis-Klon 351 T	S. vimnalis
	Schweden-Klon SWE 683	S. vimnalis
für warme Klimaregionen	Baumweide	
	Plöner See	S. x rubens
	Godesberg	S. x rubens
	Auslese Sierndorf	S. alba
für warmen, gemäßigten und kühleren Klimabereich	JORR	S. vimnalis
	BJÖRN	Salix viminalis x Salix Schwerinii
	ULV	S. vimnalis

Tab. 5.5: empfohlene Weidensorten nach Spanischberger H. (2001): Weide (*Salix* sp.) im Kurzumtrieb und *Miscanthus 'Giganteus'* als nachwachsender Rohstoff. Biomasseproduktion und Auswirkungen auf ausgewählte ökologische Parameter; Forstliche Bundesversuchsanstalt FBVA (1997): Forstliche Biomasse im Kurzumtrieb

5.2.1.2 Sortenempfehlung für Ostösterreich

Bezeichnung	Kreuzung	Anmerkung
Jorr	Salix viminalis	Entstammt einer Kreuzung aus holländischen Klonen. Vorteile: zügige Jugendentwicklung, hohes Ertragspotenzial und zufrieden stellende Blattrostresistenz.
Tora	Salix schwerinii x Salix viminalis	Entstand durch die Kreuzung einer sibirischen Korbweide mit der von Svalöf Weibull gezüchteten Sorte Orm. Sie hat mehr Triebe pro Pflanze, sehr hohe Zuwachsraten, ist außerordentlich ertragsstark, weitestgehend blattrostresistent und wird in untergeordnetem Maße von Gallmücken und anderen Insekten befallen, die großen Schaden an Treibspitzen verursachen können.
Tordis	(Salix viminalis x Salix Schwerinii) x Salix viminalis	Kreuzung der Sorten Tora und Ulv. Ist weitestgehend resistent gegen Blattrost und verfügt über ein hohes Ertragspotenzial.

Tab. 5.6: empfohlene Weidensorten für Ostösterreich nach Agrobränsle (2004), Bekanntgabe durch Hr. Neumeister aufgrund der Boden- und Niederschlagsverhältnisse für Ostösterreich ab einer Bodenklimazahl von 30

5.3 Robinie

Die Robinie gehört zur Gattung der Schmetterlingsblütler innerhalb der Ordnung Leguminosae (Hülsenfrüchtler) und erscheint zum Teil als baumförmiger Wuchs. Das Holz zeichnet sich durch rasches Jugendwachstum, außerordentlich gutes Ausschlagvermögen, hoher Energiegehalt des Holzes und der Rinde (die Verbrennungswärme der Rinde übertrifft die des Stammes um 7,2 %: Rindengewebe 20.810 KJ/kg, Holz 19.440 KJ/kg), gute Entzündbarkeit (auch im feuchten Zustand), langsamer Abbrand, leichte vegetative Vermehrbarkeit, geringe Anforderungen an die Bodeneigenschaften mit Ausnahme einer guten Durchlüftung.

Die Robinie hat keine hohen Standortansprüche. Sie wächst auf einer Reihe von Böden. Ausnahmen sind extreme Trockenstandorte oder dichter toniger Boden. Bodenchemische Eigenschaften (Kalkgehalt, pH 4,6 - 8,2) haben nur geringen Einfluss auf Wachstumsleistung. Eine gute Durchlüftung und Drainage wirken im Unterboden optimal. Kümmerwuchs tritt dann auf, wenn der Oberboden weniger als 35 cm mächtig ist und sich über dichtem wasserstauenden Unterboden befindet oder bei Flachgründigkeit mit weniger als 60 cm Verwitterungshorizont.

6 Anlage von KU-Flächen

6.1 Umtriebszeiten

Die Wahl der Umtriebszeit ist abhängig von der geplanten Nutzung des Holzes. Zum einen kann das Holz aus Kurzumtriebsflächen für energetische Zwecke, d. h. zur Wärme- und/oder Stromerzeugung und zum anderen für stoffliche Zwecke (z. B. Industrie, Erzeugung von Papier) verwendet werden. Wenn das Holz für energetische Zwecke verwendet werden soll (z. B. verbrennen oder vergasen), wählt man eine kurze Umtriebszeit von 3 bis 6 Jahren mit engerem Pflanzenverband, da die Massenleistung hier im Vordergrund steht. Für die Produktion von Industrieholz benötigt man jedoch dickere Stämme. Aus diesem Grund wird ein weiterer Pflanzenverband für eine Umtriebszeit von 10 Jahren gewählt, um ein uneingeschränktes Wachsen der Bäume auf Jahre zu gewährleisten.

6.2 Stecklingsform

Pappeln und Weiden werden im Frühjahr gepflanzt. Als Pflanzmaterial dienen Stecklinge, die händisch oder maschinell von einjährigen Trieben oder Aufwüchsen geschnitten werden. Diese Stecklinge haben eine Länge von ca. 20 cm Länge und 1 bis 2 cm Stärke. Als Pflanzenmaterial kommen auch Ruten von 1-m- bis zu 2-m-Länge in Frage. Allein die Aspenklone müssen als Pflanze eingebracht werden (höhere Kosten).

Es besteht außerdem die Möglichkeit, Stecklinge aus „Mutterquartieren“ zu generieren. Als „Mutterquartier“ wird jene Fläche bezeichnet, die dazu verwendet wird, neue Stecklinge aus dem Schnitt einjähriger Aufwüchse oder Triebe zu produzieren. Auch die einjährigen Äste gefälltter Bäume dienen als Stecklinge. Stecklinge werden nach dem Zuschneiden über den Winter in feuchtem Sand gelagert.



Abbildung 6.1: Mutterquartier

6.3 Flächenvorbereitung

Die Flächenvorbereitung erfolgt – analog wie bei landwirtschaftlich genutzten Ackerflächen - durch Pflügen im Herbst vor der Pflanzung und durch Eggen unmittelbar vor der Pflanzung. Auf sauren Böden ist eventuell eine Kalkung durchzuführen.

Eine entsprechende Untersaat, welche vor der Pflanzung der Stecklinge eingesät wird, kann den Begleitwuchs verhindern und dementsprechend die Kulturpflégemaßnahmen erheblich reduzieren. Versuche mit Getreide (z. B. Wintergerste, Hafer) als Untersaat ergaben eine hauptsächliche Unterdrückung des Begleitwuchses bei nur geringfähriger Beeinträchtigung der KU-Pflanzen. Auch Leguminosen können als Untersaat verwendet werden.

6.4 Pflanzverbände

Wichtig ist zu erwähnen, dass die Wahl des Verbandes von der Rotationszeit bzw. der vorangegangenen Nutzungsentscheidung (Energie- oder Industrieholz) abhängig ist. In der Regel gilt, je kürzer die Rotationszeit, desto enger kann der Verband sein. Zwecks Kulturpflege und Ernte ist auf die Befahrbarkeit der KU-Fläche zu achten, wobei negative Auswirkungen durch die Befahrung gering gehalten werden sollen.

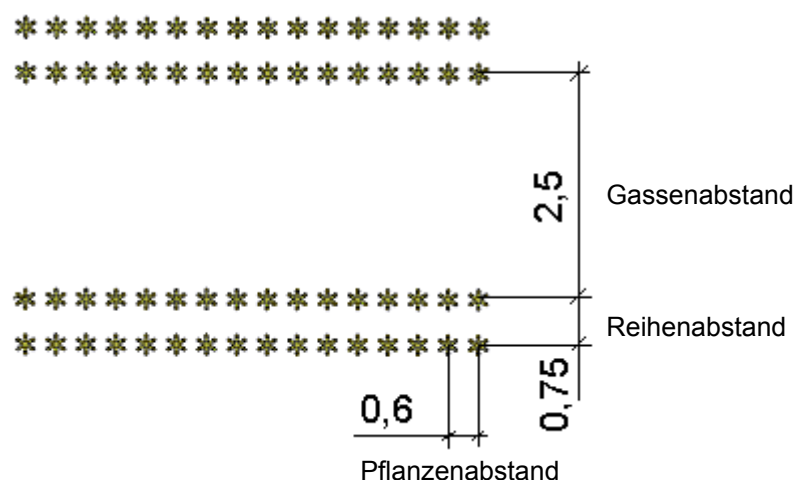


Abbildung 6.6.2: Pflanzverband 0,6 x 2,5m mit Doppelreihen (ca. 10.500 Stecklinge)

Folgende Tabelle zeigt empfohlene Hektarstückzahlen in Abhängigkeit vom Umtriebsalter, aus denen klar erkennbar ist, dass je kürzer die Rotationszeit ist, desto enger die Stecklinge gesetzt werden können.

Umtriebsalter		Pflanzenverband Pflanzenabstand x Gassenabstand in m	einreihig	zweireihig
1 bis 5	jährig	0,32 x 2,5	12.500	18.750
5	jährig	0,4 x 2,5	10.000	15.000
6	jährig	0,6 x 2,5	7.000	10.500
7	jährig	0,8 x 2,5	5.000	7.500
8	jährig	1,0 x 2,5	4.000	6.000
9	jährig	1,5 x 2,5	2.666	4.000
10	jährig	2,0 x 2,5	2.000	3.000
11-15	jährig	4,0 x 2,5	1.000	1.500

Tab. 6.1: Empfohlene Hektarstückzahlen in Abhängigkeit von der geplanten Rotationsdauer
Quelle: Forstliche Bundesversuchsanstalt FBVA (1997), Wien

Eine Studie in Marchegg und Weißenbachl (Einreihensystem; siehe Anhang FBVA-Berichte, 97/1997) besagt, dass 5jährige Balsampappelaufwüchse im Verband 0,4 x 2,5 m pro Flächeneinheit ungefähr die gleiche Menge an Biomasse wie 10jährige Aufwüchse in einem Verband von 2,5 m x 2 m produzieren. Dünnschlagproduktion in Umtriebszeiten zwischen 6 und 10 Jahren bei einem etwas weiteren Verband 2.000 - 7.000 St./ha liefern ebenfalls hohe Erträge. Zusätzliche Beerntungskosten werden eingespart und es ist deshalb wirtschaftlicher, als eine Produktion in kurzen bzw. extrem kurzen Umtriebszeiten.



Abbildung 6.3: 1-jähriger Aufwuchs nach der Ernte (Pappel)

6.5 Pflanzverfahren

6.5.1 Händisch

Bei kleinen Parzellen kann die Pflanzung der Stecklinge manuell mit Pflanzschnur und Steckseisen erfolgen. Während bei bindigen, schweren Böden ein Überstand von einigen Zentimetern möglich ist, werden auf sandigen Substraten die Steckhölzer grundsätzlich ebenerdig gepflanzt.

6.5.2 Maschinell

Bei größeren Flächen ist die Verwendung von Pflanzmaschinen sinnvoll. Diese Maschinen arbeiten mehrreihig mit höheren Flächenleistungen.



Abbildung 6.4: Stecklingspflanzmaschine

6.6 Anlagekosten

Die Kosten für die Anlage von Kurzumtriebsflächen werden hauptsächlich vom Pflanzverband und Pflanzverfahren bestimmt. Bei einem durchschnittlichen Stecklingspreis von 0,08 € ergeben sich Anlagekosten von ca. 300 bis 1500 €/ha.

6.7 Kulturführung

Um das Überwachsen der Stecklinge mit Begleitwuchs zu vermeiden, ist eine mechanische Bearbeitung im Jahr der Anpflanzung geeignet. Durch Fräsen oder

Mulchgeräte kann der Begleitwuchs zwischen den Reihen entfernt werden, wobei das Fräsen den Boden vielfach ungünstig stark auflockert und Erosion zur Folge haben kann. Zwischen den Pflanzen in der Reihe kann die Entfernung des Begleitwuchses mit der Motorsense bzw. händisch erfolgen.

In den nachfolgenden Jahren fallen - aufgrund des raschen Wachstums der KU-Pflanzen – mehr keine relevanten Pflegearbeiten an.

Eine Einzäunung der KU-Flächen ist aufgrund des Wildverbisses bei der Weide empfehlenswert und notwendig. Alternativ zu einer kostenintensiven Einzäunung kann ein die Behandlung der KU-Pflanzen mit einem Verbisschutzmittel erfolgen.



Abbildung 6.5: 7-jähriger Aufwuchs (Pappel)

6.8 Schädlingsbekämpfung

Die Bekämpfung von Schädlingen kann mit entsprechenden Fungiziden und Insektiziden erfolgen, wobei nur wenige Schädlinge von Bedeutung sind (siehe Tabelle 6.2).

Schädling	Maßnahmen
Raupenfraß	Bekämpfung mit Insektizid
Pappelbock	händisches Entfernen
Blattkäfer	-
Mäuseverbiss	Köderverteilung

Tabelle 6.2: Relevante Schädlinge und deren Bekämpfung (Quelle: Universität Hamburg, Wippermann 2004)

Zusätzlich zu den oben genannten Schädlingen ist der Rostpilzbefall bei Pappeln von Bedeutung, welcher mittels entsprechender Fungizide bekämpft werden kann.

Mit zunehmenden Rotationen der KU-Pflanzen steigt die Anfälligkeit hinsichtlich Schädigungen. Ebenfalls sind dichtere Pflanzenverbände gegenüber Schädigungen anfälliger.

7 Düngung

Grundsätzlich ist bei KU-Flächen mit Bonitäten über 30 ohne Düngung mit durchschnittlichen Erträgen zu rechnen. Aufgrund des Laubanfalls (besonders bei Pappeln) bildet sich eine natürliche Humusschicht auf der KU-Fläche und liefert dadurch wichtige Nährstoffe wieder in den Boden zurück.

Die Abbildung 7.7.1 zeigt den Nährstoffentzug der einzelnen Nährstoffe abhängig vom Trockensubstanzertrag pro Hektar. Bei Böden, welche aufgrund der Vornutzung bzw. des Bodenzustandes keine ausreichende Nährstoffversorgung verfügen, kann die Nährstoffversorgung mittels einer Vorratsdüngung bei der Anlage der KU-Fläche bzw. nach der Ernte und vor dem Wiederausschlag der Stöcke aufgebessert werden.

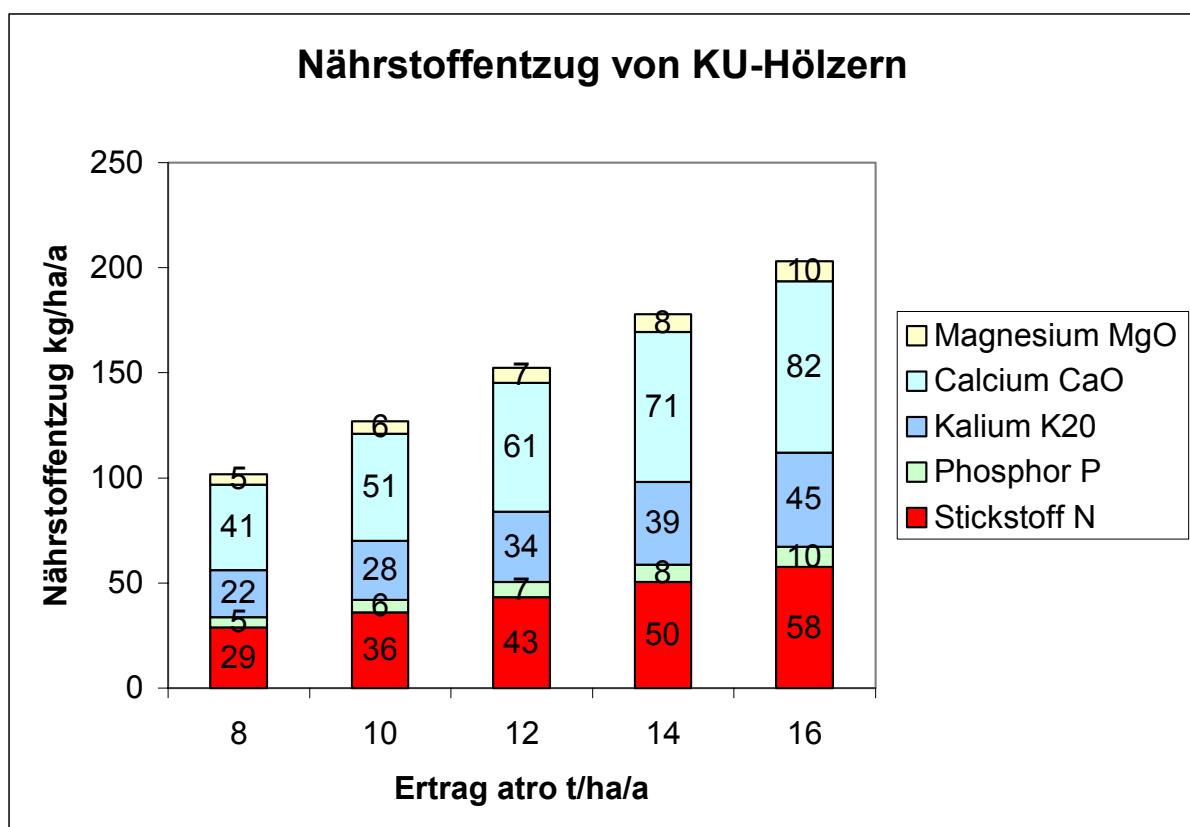


Abbildung 7.7.1: Nährstoffentzug von KU-Hölzern (Quelle: BMLF, 1995)

Einige Baumarten (z. B. Robinie) besitzen die Fähigkeit eine Stickstoffakkumulation in der Bodensubstanz hervorzurufen, im Gegensatz dazu sind die Erträge anderer Arten signifikant von der Nährstoffversorgung abhängig.

Ferner kann die Asche (als Nebenprodukt der Verbrennung) stofflich als Dünger verwertet werden – es ergibt sich somit ein Kreislauf der Nährstoffe.

8 Ernte, Transport und Lagerung

Für die verschiedenen Verwendungsarten der KU-Hölzer sind verschiedene maschinelle Lösungen entwickelt worden, die sich hinsichtlich ihrer Arbeitsweise und ihrer Mechanisierung unterscheiden. Darunter befinden sich selbstfahrende Maschinen, gezogene Maschinen und Anbaugeräte für Schlepper. Unter den gezogenen und getragenen Erntemaschinen sind solche, die entweder fällen und bündeln oder fällen und hacken.

Entscheidender Fortschritt der vollmechanisierten Ernte gegenüber der motor-manuellen Ernte ist die Kombination von Fällen, Bündeln und Rücken in einem Gerät. Die Kosten der Ernte werden durch die hohe Produktivität dieser Verfahren erheblich reduziert. Zielgruppe für den Verkauf solcher Maschinen sind landwirtschaftliche Betriebe, die im Lohnverfahren arbeiten und Unternehmer. Die Vorteile dieser Anbaugeräte für landwirtschaftliche Schlepper gegenüber den selbstfahrenden Großmaschinen (Vollerntern) bestehen in weitaus geringeren Investitionskosten der reichlichen Verfügbarkeit von landwirtschaftlichen Zugmaschinen und Geräteträgern im Winter, weshalb deren höhere jährliche Auslastung dem Landwirtschaftsbetrieb zugute kommt.

8.1 Ernte

8.1.1 Ernte KU 4 bis 6 Jahre

8.1.1.1 Fäller-Bündler

Die selbstfahrenden Fäller-Bündler sind Spezialkonstruktionen, deren große Trägerfahrzeuge und Erntegeräte ausschließlich für Kurzumtriebsplantagen mit Weiden entwickelt worden sind. Die Beerntung ist für Doppelreihen konstruiert. Die Aufwüchse werden auf der Maschine in stehenden Großbunden mit Gewichten bis zu 3 Tonnen zum Rand der Kurzumtriebsfläche gebracht.

8.1.1.2 Kombination Fällen und Hacken

Gehölz-Mähhäcksler

Der Gehölz-Mähhäcksler (entwickelt von der Universität Göttingen und dem Hessischen Forstamt Diemelstadt) fällt mit einer ca. 5 mm starker Kreissäge, zieht die Bäume ein und hackt diese durch einen senkrecht stehenden Spiralhacker. Der Gehölz-Mähhäcksler arbeitet einreihig und kann auf der Front von leistungsstarken Traktoren montiert werden und befördert die grob gehackte Biomasse in einen Anhänger am Heck des Traktors.



Abbildung 8.1: Gehölz-Mähhäcksler

Vollernter

In der höchsten Entwicklungsstufe der Ernte werden Bäume mittels selbstfahrender Maschinen in einem Arbeitsgang gefällt und gehäckselt. Einheitliche Ernteprodukte sind grobe Hackschnitzel. Analog zu den Schneid-Bündel-Geräten werden die Aufwüchse von zwei Kreissägen oder Hackscheiben in Doppelreihen 10-15 cm über dem Boden vom Stock getrennt und mit Walzen in die integrierten

Häckseleinrichtungen gefördert. Alle Maschinenhersteller halten sich an die Reihenabstände von 75 cm. Bei diesen Großmaschinen wird das Hackgut in parallel gezogene Hochkippscontainer geblasen bzw. mit Förderbändern überladen. Spezialausführungen deponieren das Hackgut in wiederverwendbaren Säcken auf der Fläche, von wo diese mit dem Tragschlepper zur Feldstraße gebracht werden.



Abbildung 8.2: Vollernter von Claas

8.1.2 Ernte KU 10 Jahre

KU-Hölzer mit Umtriebszeiten bis 10 Jahren können mit Motorsäge bzw. Harvester gefällt werden. Forwarder bzw. Rückewägen befördern die gefällten Bäume an den Feldrand, wo sie dann mittels LKW weitertransportiert werden.

8.1.2.1 Motor-manuelle Arbeitsverfahren

Für die Fällung im motor-manuellen Verfahren sind verschiedene Geräte erprobt worden:

- Motorsäge
- Bügel-Motorsäge

Eine herkömmliche Motorsäge ist leicht zu führen, lässt aber die Schösslinge ungeordnet herabfallen, wodurch weitere Handarbeit verursacht wird. Zusätzlich ist

die Motorsäge mit körperlich schwer belastender Arbeit verbunden und kann ergonomisch nicht empfohlen werden.

Das Umschneiden von mehrjährigen Bäumen mit der Bügelsäge, einer Motorsäge liegend am Fuße eines Halterahmens befestigt, ist von allen bisher erprobten Handarbeitsgeräten das produktivste und leistungsfähigste. Es wird von der Arbeitskraft aufrecht stehend mit einer Hand geführt, die zweite Hand drückt die Bäume geordnet zur Seite, sodass eine Schlagordnung erreicht wird, die für nachfolgendes Sammeln und Transportieren vorteilhaft ist. Dieses motor-manuelle Verfahren ist – z.B. auch für 10-jährige Pappeln – ergonomisch und ökonomisch sehr zu empfehlen.



Abbildung 8.3: Bügelmotorsäge

8.1.2.2 Harvester

Mittels Harvestern können KU-Flächen mit längeren Umtriebszeiten maschinell, sehr rationell und mit hoher Flächenleistung geerntet werden. Dabei wird jeder Baum einzeln gefällt und abgelegt.

8.2 Verfahrenvergleich und Erntekosten

Ein Vergleich unterschiedlich mechanisierter Arbeitsweisen zeigt eindeutig, dass die maschinelle Ernte aufgrund der höheren Produktivität das kostengünstigste Verfahren darstellt. Ob eine selbstfahrende Maschine oder ein Anbaugerät zum Einsatz kommt, hängt von der Ertragsleistung und der Flächengröße ab.

In Tabelle 8.8.1 sind die Erntekosten für die jeweiligen Verfahren zusammengestellt. Daraus ist ersichtlich, dass für die energetische Nutzung Ernte- und Transportkosten von 13,1 €/t_{atro} und für die industrielle Nutzung 22 €/t_{atro} (frei Verwendungszweck) realistisch sind.

		Industrieholz		Hackgut		
		Motorsäge	Harvester	Fäller-Bündler	Geholzmähähäcksler	Vollernter
Trockenmasseleistung (Mittelwert)	t_{atro}/h	0,8	5,25	2,75	4,9	30
Kosten	€/h	65	75	82	45	120
Erntekosten (frei Feldrand)	€/Srm	10,0 ³	9,7 ³	11,3 ³	4,6 ³	4,0
Erntekosten (frei Feldrand)	€/t _{atro}	12,2	11,8	13,8	5,6	4,9
Transport ⁴	€/t _{atro}	10	10	5	5	5
Bereitstellungskosten	€/t _{atro}	22,2	21,8	18,8	10,6	9,9 ⁵
Bereitstellungskosten (Mittelwert)	€/t _{atro}	22,0		13,1		

Tabelle 8.8.1: Ernte- und Transportkosten (Quelle: Bayrische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Burger et al 2004)

8.3 Transport

Je nach dem jeweiligen Verwendungszweck der KU-Hölzer ergeben sich verschiedene Transportarten. Stammholz wird mittels LKW und/oder gezogen Plattformanhängern transportiert, Hackgut wird vorwiegend mittels Großraum-LKW mit Schubboden (Fassungsvermögen: 70 bis 95 m³), Containern und Anhängern mit Kastenaufbauten befördert.

8.4 Lagerung

Die Lagerung der Biomasse hängt von dem vorgesehenen Verwendungszweck und von dem jeweils eingesetzten Ernteverfahren ab. Zum bevorzugten Erntezeitpunkt im Winter kann man mit einem Wassergehalt von ca. 50 % bis 55 % rechnen.

³ Quelle: Bayrische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Burger 2004

⁴ durchschnittliche Transport- und Ladekosten

⁵ Quelle: Universität Hamburg, Wippermann 2004

8.4.1 Lagern von Hackgut

Eine Lagerung von Hackgut über 3 bis 4 Monate in überdachten aber gut durchlüfteten Lagerplätzen bewirkt durch Selbsterwärmung eine effektive Verminderung des Wassergehalts auf ca. 30 %. Durch einen geringen Wassergehalt wird primär der Heizwert gesteigert und Mehraufwände in der Brennstoffaufbereitung und –logistik, sowie bei der thermischen Nutzung im Kessel vermieden.



Abbildung 8.4: Hackgutlagerung

8.4.2 Lagern von Bäumen, Schösslingen und Bündeln

Werden durch die Ernte die Bäume und Schösslinge gewonnen, so ist entweder die Freilagerung dieser am Feldrand oder zentral in unmittelbarer Nähe des Verwendungsortes möglich.

Vom Fäller-Bündler geerntete Bündel können ebenfalls am Feldrand gelagert und von Grohackern verarbeitet werden.

8.5 Rekultivierung

Zur Wiederherstellung der landwirtschaftlichen Fläche dient eine Rodungsfräse, die von einem leistungsstarken Traktor gezogen wird. Die Rodungsfräse sorgt für die erste grobe Durcharbeitung des bestockten Bodens, mit Zerschneiden sowie Zerreißen der Wurzelstöcke und arbeitet die verbleibenden Stücke ca. 30 cm in den Boden ein.



Abbildung 8.5: Rodungsfräse

9 Erkenntnisse österreichischer Studien

9.1 Zusammenhänge

Im klimatisch kühleren Übergangsbereich ist der Ertrag bei Pappeln im 6jährigen Umtrieb ist die Biomasseproduktion höher als in einer 5jährigen Wuchsperiode. Umgekehrt ist der Ertrag von Weiden im 5jährigen Umtrieb meist größer als der 6jährige.

Amerikanische Schwarzpappelsorten schneiden meist erheblich schlechter ab als gelenkte Kreuzungen aus der Balsampappelsektion und können nur in Ausnahmefällen das Leistungsniveau gutwüchsiger Balsampappelklone erzielen.

Als Risikofaktoren wurden vor allem kalkhaltige Böden und pH-Wert über 7,5 genannt. Dies kann zur Steigerung der Chloroseanfälligkeit vieler Balsampappelklone und zur Schwächung des Regenerationsvermögens führen.

Der periodische Massenzuwachs ist bei Pappeln (Produktion von Industrieholz) im Alter von 5 bis 10 Jahren sehr erheblich.

Beispiel:	Japanklone Max 2, 4 und 5		
Verband von 5 x 4 m	5 -10 Jahre	918 %	Derbholzzuwachs
	10 -15 Jahre	237 %	Derbholzzuwachs

Aus allen Studien geht hervor, dass der Standort ein ausreichendes Licht- und Wärmeangebot darstellen muss. Spitzenerträge sind nur unter sehr günstigen Klimabedingungen mit jährlichen Durchschnittstemperaturen über 8,5 °C und an Standorten im Übergangsbereich zum kühleren Klima mit Jahresdurchschnittstemperaturen zwischen 6,5 und 7,5 °C möglich.

Eine Gefahr bei Kreuzungen von südlichen und nördlichen Sorten stellen Frostschäden dar. Ansonsten bringen Hochleistungssorten neuerer Züchtungen hohe Hektarerträge. Wichtig ist zu erwähnen, dass man nur Sorten verwenden soll,

die die Fähigkeit besitzen, besonders gut über Stockausschläge zu regenerieren (Japan-Klone). Höchsterträge in der Jugend erfordern eine optimale Flächenausnutzung und hohe Pflanzendichte. Merkmal für eine Sorteneignung ist die Anwuchsrate, die Auskunft über das Bewurzelungs- bzw. Adaptionsvermögen der Sorten auf verschiedenen Standorten gibt.

9.2 Erträge⁶

9.2.1 Abhängige Faktoren

- Lediglich bei Weiden sind extrem kurze Umtriebszeiten (4 Jahre) Zweck führend. Bei Pappeln werden 6 bis 10 Jahre und bei anderen Gattungen über 10 Jahre als sinnvoll erachtet.
- Die Massenleistungen betreffend lassen sich höhere Erträge „kurzfristig“ unter optimalen Bedingungen nur mit Vertretern der Gattungen *Salix* und *Populus* erzielen (ca. 10 – 15 t Trockensubstanz pro Hektar und Jahr).
- Dahinter liegen Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) und die Robinie (*Robinia pseudacacia*) mit 6 – 8 t pro Hektar und Jahr.
- Durch Generierung neuer Klone ist das Doppelte bis dreifache Einkommen verglichen mit einer herkömmlichen Pappelkultur (8 t/ha/a) zu erzielen.
- Die größten Hektar-Erträge wurden bei kurzen bis extrem kurzen Umtriebszeiten bei hohem Dichtstand der Aufwüchse (10.000-12.500 Stk.) und bester Bodengüte erreicht.
- In der Literatur wird oft erwähnt, dass in kurzen Ernteperioden ein Rückschnitt der einjährigen Aufwüchse nicht zu höheren Rotationserträgen führt. Jedoch widerlegt dies eine Studie mit Weiden im Alpenvorland und Marchfeld. In jedem Fall hat sich dort gezeigt, dass ein Rückschnitt der Weiden nach der ersten Vegetationsperiode sowie die Rotationslänge den größten Einfluss auf das Höhenwachstum, die Anzahl der Triebe pro Einzelpflanze hat und sich somit auf den Biomasseertrag steigend auswirkt (siehe Punkt 11.2.2)

⁶ Weitere Informationen zu den einzelnen Standorten befinden sich im Anhang

9.2.2 Pappelerträge

Bei der Sektion Pappel ist im Kurzumtrieb die Balsampappelsektion Tacamahaca und deren inter- und intrasektionale Arthybriden am leistungsstärksten. Der Großteil dieser Klone stammt aus Kreuzungen mit der nordamerikanischen Baumart *P. trichocarpa*, die relativ schattenverträglich ist (Höchstserträge 10 – 12 t TS/ha/a). Schwarzpappeln stellen sich aufgrund ihrer hohen Licht- und Wärmeansprüche als schlechte Alternative dar. Im sommerwarmen Osten Österreich ist eine Biomasseproduktion jungwüchsiger Pappelsorten im 5jährigen Umtrieb von 13 t TS/ha/a durchaus realistisch.

Sorte	Botanische Bezeichnung	TS t/ha/a	
		warm	kühl
Muhle-Larsen 45/54	<i>P. trichocarpa</i>	12,8	10,6
Salem-Oregon 609/52	<i>P. trichocarpa</i>	13,9	
19/73	<i>P. trichocarpa</i>		11,2
Max. x Trich. 77/56	<i>P. max.</i> x <i>P. trich.</i>	15,9	
NE 42	<i>P. max.</i> x <i>P. trich.</i>		11,2
Oxford	<i>P. max.</i> x <i>P. bero.</i>	10,1	
Donk	<i>P. delt.</i> X <i>P. trich.</i>		8,6
Rap	<i>P. Delt.</i> X <i>P. trich.</i>	13,8	10,9
Unal	<i>P. trich.</i> x <i>P. delt.</i>		15,6
Boelare	<i>P. trich.</i> x <i>P. delt.</i>		10,3
Max 1	<i>P. nigra</i> x <i>P. max.</i>	15,2	10,4
Max 2	<i>P. nigra</i> x <i>P. max.</i>	13,5	5,9
Max 4	<i>P. nigra</i> x <i>P. max.</i>	13,5	9,4
Max 5	<i>P. nigra</i> x <i>P. max.</i>	12,3	6,2
Kamabuchi	<i>P. nigra</i> x <i>P. max.</i>	14,8	
Rochester	<i>P. max.</i> x <i>P. nigra</i>		10,0
Ghoy	<i>P. delt.</i> X <i>P. nigra</i>		12,7
Italien. Züchtung I 130	<i>P. delt.</i> X <i>P. nigra</i>	11,6	
Pannonia	<i>P. delt.</i> X <i>P. nigra</i>		11,3

Tab. 11.1: Auswahl einiger Pappelklone und deren Erträge (jährlichen durchschnittlichen Trockensubstanzerträgen) von Biomasseversuchsflächen der forstlichen Bundesversuchsanstalt FBVA, 97/1997, Wien

9.2.3 Weidenerträge

Bei den Strauchweiden stellen sich die Viminalis-Klone mit ihren extrem kurzen Umtrieben als leistungsstark dar. Baumweiden (z. B. *S. alba* und *S. x ruens*) erreichen höchste Erträge in Umtriebszeiten von 5 - 10 Jahre dar (Spitzenwert aus Poysbrunn: 20 t/ha/a). Im Schnitt erreichten die Weidenklone in dieser Versuchsreihe einen höheren Ertrag als Pappeln (siehe nachfolgende Tabellen).

Sorte	Botanische Bezeichnung	TS t/ha/a	
		warm	kühl
S. aquatica gigantea 350 T	S. cine x daph. x vim.	13,4	6,6
S. x smithiana 50 T	S. caprea x viminalis.	10,6	7,3
S. x dasyclados 43 T	S. caprea x cine. X vim.	13,7	
Daphnoides-Klon N 230	S. daphnoides		6,8
Viminalis-Klon 4/68 T	S. viminalis	14,5	7,1
Viminalis-Klon 351 T	S. viminalis	12,6	6,5
Schweden-Klon SWE 683	S. viminalis	6,6	11,3
Auslese Sierndorf 1/72 T	S. alba	12,4	10,2
Alte Picardie 8/72 T	S. alba	9,3	
Casteriana 4/72 T	S. alba	8,0	
Liempde 6/72 T	S. alba	8,0	
Versuchs-Klon 203 T	S. alba	8,5	
Versuchs-Klon 215 T	S. alba	8,1	
Plönersee 2/72 T	S. x rubens	19,8	
Godesberg 3/72 T	S. x rubens	8,5	

Tab. 11.2: Auswahl einiger Weidenklone und deren Erträge (jährlichen durchschnittlichen Trockensubstanzerträgen) von Biomasseversuchsflächen der forstlichen Bundesversuchsanstalt FBVA 97/1997, Wien

Vegetations- jahren	Versuchsstandort		
	Groß-Enzersdorf	Gießhübl	
	mit Rückschnitt	mit Rückschnitt	ohne Rückschnitt
3	30,26	52,14	
4			49,75

Tab. 11.3: Übersicht der Erträge in to atro/ha Versuchsflächen LFS Gießhübl mit und ohne Rückschnitt nach 4 Kalenderjahren (Quelle: LFS Gießhübl, Spanischberger H. 2001)

Klon	Versuchsstandorte					
	Groß-Enzersdorf		Gießhübl			
	mit Rückschnitt 3 Jahre		mit Rückschnitt 3 Jahre		ohne Rückschnitt 4 Jahre	
	to atro/ha	to atro/ha/a	to atro/ha	to atro/ha/a	to atro/ha	to atro/ha/a
JORR	32,16	10,72	62,83	20,94	24,9	8,3
TORA	24,88	8,29	39,95	13,32	44,85	14,95
BJÖRN	31,09	10,36	69,4	23,13	35,31	11,77
ULV	32,91	10,97	36,38	12,13	44,19	14,73
Ø	30,26	10,09	52,14	17,38	37,31	12,44

Tab. 11.4: Übersicht der Erträge der Versuchsflächen LFS Gießhübl (Quelle: LFS Gießhübl, Spanischberger H. 2001)

In dieser Versuchsreihe hat sich gezeigt, dass ein Rückschnitt der Weiden nach der ersten Vegetationsperiode sowie die Rotationslänge den größten Einfluss auf das Höhenwachstum, die Anzahl der Triebe pro Einzelpflanze hat und sich somit auf den Biomasseertrag steigernd auswirkt. In der gewählten Rotationsform für Weiden war die dreijährige der zweijährigen eindeutig überlegen.

9.3 Deckungsbeitragsrechnung

Für eine wirtschaftliche Betrachtung sind die erzielbaren Erlöse und die dafür aufgewendeten Kosten von großer Bedeutung. Folgende Aspekte haben entscheidenden Einfluss auf die Deckungsbeitragsrechnung:

die örtlichen natürlichen Verhältnisse (z. B. Wasser- und Nährstoffversorgung, Maßnahmen für den Kulturschutz) sowie Ausfälle durch biotische und abiotische Schädigungen (Nachpflanzen ist nur großflächig sinnvoll)

- Ein wesentlicher Kostenfaktor stellt das Pflanzenmaterial dar – werden nämlich Stecklinge aus einem eigenen Mutterquartier gewonnen, so kann diese Kostenposition gegenüber der Fremdbeschaffung halbiert werden.

Die Erntekosten können je nach dem Verfahren stark unterschiedlich sein und stellen die größte Kostenposition dar.

- Neben den oben genannten Kriterien bilden die Wahl der Verbandsfläche und Umtriebszeit die wirtschaftlichen Eckdaten.

Für den Vergleich mit herkömmlichen Ackerfrüchten wurde das Ergebnis der jeweiligen Umtriebszeiten, sowie die Gesamtkosten der gesamten Nutzungsdauer (inkl. Rekultivierung) auf jeweils 1 Jahr bezogen.

Der Deckungsbeitragsvergleich wird jeweils für geringe, durchschnittliche und hohe Erträge bei durchschnittlichen Preisen dargestellt, wobei für die jeweiligen Ertragsniveaus gleiche Bedingungen angenommen wurden (Tabelle 9.1).

		Ertragsniveau dt bzw. t TS/ha/a			durchschnittl. Preis €/dt bzw. t _{atro}
		gering	durchschnittl.	hoch	
Ackerfrüchte	Futterweizen	40,0	60,0	75,0	10,17
	Wintergerste	30,0	55,0	70,0	10,42
	Winterraps	20,0	30,0	40,0	21,16
	Sonnenblume	17,5	32,5	45,0	23,60
	Körnermais	55,0	75,0	90,0	10,17
	Sojabohne	15,0	30,0	35,0	17,00
	Körnererbse	30,0	42,5	50,0	12,62
KU-Hölzer	Pappel	7	10	13	60 bis 70
	Weide	7	10	13	60 bis 70
	Robinie	6	7	8	60 bis 70

Tabelle 9.1: Ertragsniveaus und durchschnittliche Preise für Ackerfrüchte bzw. KU-Hölzer (Quelle: BMLF 2002)

Für die Ackerfrüchte wurden die Standarddeckungsbeiträge 2002/2003 (berechnet vom BMLF) für den Vergleich herangezogen. Darin werden Kosten für Pflanzmaterial, Dünger, Pflanzenschutz, Maschinenkosten, Ernte (mit eigenen Maschinen), Trocknung und Versicherung berücksichtigt.

In Tabelle 9.2 sind alle Kostenpositionen, die zur Berechnung der Deckungsbeiträge der KU-Hölzer verwendet wurden, dargestellt. Im Vergleich zu den herkömmlichen Ackerfrüchten fallen Kulturpflégemaßnahmen nur im Jahr der Anpflanzung an. Gleichzeitig sind Pflanzenschutzmaßnahmen nicht unbedingt erforderlich.

Pflanzmaterial (Fremdbeschaffung)	0,08 €/Steckling ⁷
Düngermaterial	4,6 €/t _{arto}
Maschinenkosten (Pflanzung, Kulturpflege, Rekultivierung)	50 bis 60 €/ha/a
Ernte- und Transportkosten	13,1 bis 22 €/t _{arto}
Versicherung	17 €/ha/a ⁸

Tabelle 9.2: Kosten für KU-Flächen

In Abbildung 9.1 sind die Deckungsbeiträge gegenübergestellt. Der Vergleich beinhaltet die oben genannten Kosten und Erlöse ohne Ausgleichszahlungen.

Die Deckungsbeitragsberechnungen zeigen, dass mit den KU-Hölzern Pappel und Weide **Deckungsbeiträge von ca. 100 bis 600 €/ha/a** realistisch sind und somit höhere Deckungsbeiträge als bei herkömmlichen Ackerfrüchten erzielt werden können.

⁷ Quelle: Wippermann 2004

⁸ Quelle: BMLF 2002

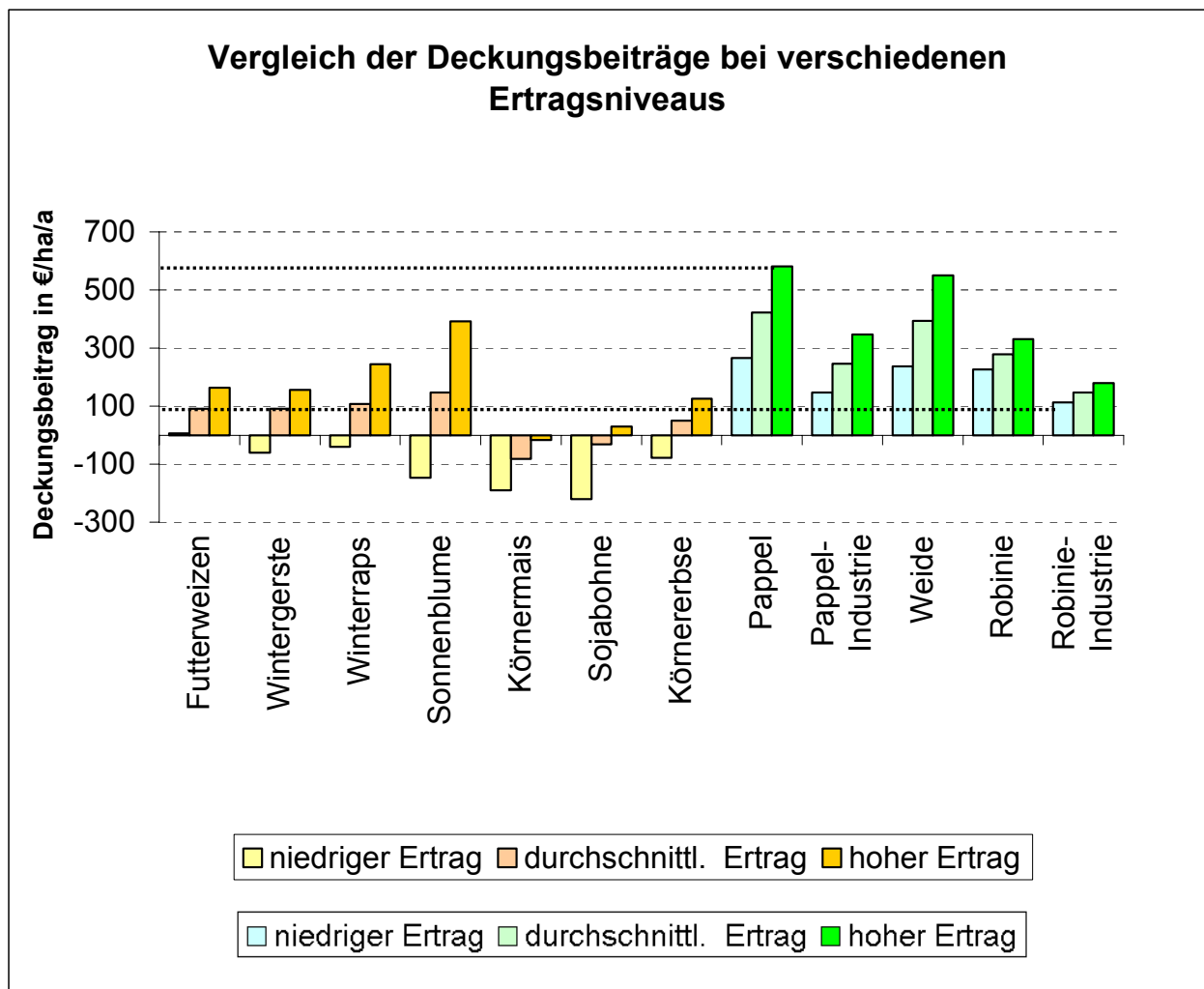


Abbildung 9.1: Vergleich der Deckungsbeiträge

9.4 Energiebilanz⁹

Bei der Energiegewinnung aus nachwachsenden und damit erneuerbaren Rohstoffen soll die **E n e r g i e b i l a n z** verstanden werden als ein Ausdruck für das Verhältnis der gesamten Energieaufwendungen bei Erzeugung und Transport von Biomasse zur Summe der produzierten, energetisch verwertbaren Rohstoffe.

Ausgegangen wird von einer Produktion von 8,7 t Biomasse (atro) pro ha und Jahr für einen 3 – jährigen Umtrieb einer Pappelkultur.

⁹ J. Wippermann (2004), Universität Hamburg

Gegenübergestellt wurden vorsichtige Annahmen der Aufwendungen für die mechanische Produktion, für den Massenumschlag und für die Transporte sowie der Wirkungsgrad bei der Energieumwandlung in MJ/t.

Energieaufwendungen	MJ/t
Flächenvorbereitung	160
Anpflanzung	210
Kulturpflege	194
Ernte mit Gehölz-Mähhäcksler	80
Transport und Lagerung	296
Summe:	940

Tabelle 9.3: Energieaufwendungen für KU-Flächen

Die Energieausbeute ergibt sich aus den Heizwert (= 16000 MJ/t) abzüglich der Energieaufwendungen für die KU-Holzproduktion (= 940 MJ/t) mit 15060 MJ/t. Durch die Berücksichtigung eines Wirkungsgrad von 70% für die thermische Verwertung ergibt sich ein Energieoutput von 10.542 MJ/t.

Das Energiebilanzergebnis aus Wärmeertrag für ein Heizobjekt und Nutzungsaufwand verhält sich wie 10.542 MJ/t zu 940 MJ/t.

Das Verhältnis von Energie-Output zu Energie-Input belief sich bei dieser Berechnung auf 11:1.

10 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Aufgrund der Ergebnissauswertungen der jüngsten Versuche sowie der Deckungsbeitragsvergleiche nach den neuen und zu erwartenden Rahmenbedingungen in der Landwirtschaft ist eine Anpflanzung von Kurzumtriebhölzern jedenfalls sinnvoll. Vor allem die wirtschaftliche Betrachtungsweise sowohl die Einkommen betreffend als die flexible Flächennutzung nach Ende der Nutzungsdauer sprechen für eine eindeutige Empfehlung für den Anbau. Die zu erwartende steigende Nachfrage sowie weitere mögliche Rationalisierungsschritte lassen darüber hinaus durchaus auch noch auf ein leichtes Ansteigen der erzielbaren Preise bzw. auf eine Erhöhung der daraus resultierenden Einkommen schließen.

Als weitere konkrete Schritte in nächster Zeit empfehlen wir:

- Infokampagne bei den Referenten der Landwirtschaftskammern als Multiplikatoren bei den Landwirten
- PR-Offensive über die Kammerzeitungen
- Vortrags- und Seminarreihe im Winter bei den diversen Kammerversammlungen und Tagungen
- Werbung in den Regionen mit Großflächenplakaten unter dem Motto „Energieproduzent Landwirt“
- **Die Anlage von Versuchsflächen mit neuesten ausgesuchten Klonen auf unterschiedlichen Standorten.**

11 Literaturverzeichnis

Literatur und Studien

FBVA (Forstliche Bundesversuchsanstalt)-Berichte: Forstliche Biomasseproduktion im Kurzumtrieb, Forstliche bundesversuchsanstalt Wien , H.-D. Raschka, 97/1997, BMLF

Endbericht über das Forschungsprojekt: Energieholzanbau V, BM für Wissenschaft und Forschung und der Abteilung für Wissenschaft und Forschung beim Amt der Steiermärkischen Landesregierung durch die steirische Landeskammer für Land- und Forstwirtschaft, DI E. Unteregger, 1997

Choice of Site and Establishing short rotation forests, E. Unteregger, 1992

Der Förderungsdienst, Fachzeitschrift für Agrarwirtschaft, Ernährung, Ökologie und Umwelt, 9/2002

Ländlicher Raum, Vielfalt der Nutzungsmöglichkeiten von Balsam-Pappeln, P. Trinkaus 3/2001

10 Jahre „Energiewaldforschung“: Ergebnisse der ökologischen Begleituntersuchungen zu den Energieholzversuchen, P. Trinkaus, C. Rinesch, 1999, Mitteilung naturwissenschaftliche Ver. Steiermark

World Bioenergy 2004, Proceedings, Jönköping Sweden, 2004

Spanischberger H. (2001), Weide (*Salix* sp.) im Kurzumtrieb und *Miscanthus 'Giganteus'* als nachwachsender Rohstoff. Biomasseproduktion und Auswirkungen auf ausgewählte ökologische Parameter, Boku Wien

Modellvorhaben „Schnellwachsende Baumarten“, Zusammenfassender Abschlußbericht“, Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“, Band 13, 1999, Landwirtschaftsverlag GmbH, 48165 Münster

Holz-Kurier Nr. 12/2, März 1989, S. 10, Hofrat DI L. Günzl, Wien

BURGER, F. (2004): Technologie und Ökonomie des Anbaus und der Ernte von Feldholz. In: Bornimer Agrartechnische Berichte, Heft 35, Potsdam-Bornim

WIPPERMANN, J. (2004)

ZEILINGER, J. (2004)

PALLER, F. (2002): Standarddeckungsbeiträge und Daten für die Betriebsberatung 2003

Internetquellen

<http://www.lwf.bayern.de/projekte/sg4-st1-anbauversuch-4.htm>

<http://omnibus.uni-freiburg.de/~unseld/kumtrieb.htm>

http://www.fwl.wi.tum.de/content/aktuelles/vortraege_dotag/bioenergie.html

<http://www.tu-berlin.de/~Limnologie/projekte/zdorf/zd07.htm>

<http://www.herzo-agenda21.de/PDF/pflanzen.pdf>

<http://web.bfw.ac.at/i7/oewi.oewi0002>

<http://www.umweltbundesamt.at/umweltdaten/karten/>

<http://geoinfo.lfrz.at/website/ebod/viewer.htm>

<http://www.geoland.at/>

<http://gw.eduhi.at/themmain.htm>

http://www.stmk.gv.at/Umwelt/LUIS/umweltschutz/bodenschutz/karten/gis/bsp_beurteil_stmk.htm

<http://www.statistik.at/jahrbuch/pdf/k17.pdf>

http://www.lako.at/versuche/forst/energieholz_giesshuebl_2002.htm

<http://fbva.forvie.ac.at/publ/neu/berichte97/raschka5.html>

http://www.bfafh.de/bibl/pdf/ii_00_01d.pdf

<http://www.carmen-ev.de/dt/energie/bezugsquellen/kurzumtriebplant.html>

<http://bfw.ac.at/100/100.html>

http://europa.eu.int/comm/environment/climat/pdf/germany_tree_plantations.pdf

http://www.lako.at/versuche/forst/images/dissertation_energieholz_giesshuebl_2002.pdf

<http://www.bodenschaetzung.at/id65.htm>

<http://www.shortrotationcrops.com/>