



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Wald- und Boden-
wissenschaften

Ernte von Kurzumtriebsflächen - Verfahrensbeispiele

Dipl.-Ing. Thomas Leitner

Dipl.-Ing. Christian Rottensteiner

Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Karl Stampfer

Ein Projektstudie im Auftrag von

FHP Kooperationsplattform Forst Holz Papier

Universität für Bodenkultur Wien
Department für Wald- und Bodenwissenschaften
Institut für Forsttechnik

Wien, November 2013

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Problemstellung	1
1.2	Zielsetzung.....	1
2	Material und Methoden	2
2.1	Beschreibung der Versuchsflächen	2
2.2	Beschreibung der Arbeitssysteme.....	4
2.3	Maschinenbeschreibung Forwarder mit Fäller-Sammler MOIPU 300ES	6
2.4	Maschinenbeschreibung Traktor mit Krananhänger	7
2.5	Maschinenbeschreibung Fäller-Sammler Woodcracker C350.....	8
2.6	Maschinenbeschreibung Hacker Wood Terminator 10	9
2.7	Datenerhebung	10
2.7.1	Vorbereitung der Fläche.....	10
2.7.2	Zeitstudie	10
2.7.2.1	Zeitgliederungskonzept Forwarder mit Fäller-Sammler MOIPU 300ES ...	12
2.7.2.2	Zeitgliederungskonzept Motorsäge.....	12
2.7.2.3	Zeitgliederungskonzept Woodcracker C350	13
2.7.2.4	Zeitgliederungskonzept Traktor mit Krananhänger	13
2.7.2.5	Zeitgliederungskonzept Hacken	14
2.7.2.6	Zeiterhebung Traktortransport	14
2.8	Statistische Analyse	14
2.9	Kostenkalkulation	14
3	Ergebnisse.....	16
3.1	Forwarder mit Fäller-Sammler MOIPU 300ES.....	16
3.2	Woodcracker C350	18
3.3	Motorsäge	19
3.4	Traktor mit Krananhänger	21
3.5	Hacken und Transportieren.....	21
3.5.1	Kurzumtriebsfläche 1.....	21
3.5.2	Kurzumtriebsfläche 2.....	22
3.6	Kosten Ernten und Rücken	24

3.7	Kosten Hacken und Transportieren	25
4	Schlussfolgerungen.....	26
5	Literaturverzeichnis.....	27

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Das Interesse der Landwirtschaft an der Energieholzproduktion auf Kurzumtriebsflächen begann 1990, war zwischenzeitlich etwas rückläufig und verstärkte sich ab dem Jahr 2005. Der Grund dafür lag im Bau größerer KWK-Biomasseanlagen und des daraus resultierenden Engpasses an Energieholz aus dem Wald. Niederösterreich, Steiermark und Oberösterreich hatten auf dem Gebiet eine Vorreiterrolle und trieben diverse Projekte voran. Von 2007 bis 2011 sind in Niederösterreich insgesamt 450 ha Neuf Flächen angelegt worden, wobei rund zwei Drittel der Flächen mit Pappel und ein Drittel mit Weide bestockt sind. Laut Agrarstrukturerhebung der Statistik Austria (2013) gibt es in Österreich insgesamt 2.330 ha an Energieholzflächen.

In der Beerntung hat man vor allem auf selbstfahrende Arbeitsmaschinen gesetzt. Dabei wurde auf einem Feldhäcksler ein spezieller Erntevorsatz für Energieholz angebracht. Damit war es möglich, die angelegten Kurzumtriebsflächen effizient zu beernten und die Skepsis vieler Landwirte zu zerstreuen. Alleine in Niederösterreich sind über 300 ha mit dem Feldhäcksler beerntet worden (Schuster, 2011).

Da aber speziell im zweiten Umtrieb größere Baumdurchmesser auftreten, stößt man mit der Feldhäcksler-Technologie (bedingt durch den Vorsatz) des Öfteren an die Grenzen (Schuster, 2012). Deshalb muss nach effizienten Erntealternativen gesucht werden.

Aus Sicht der Abtrocknung ist eine Ernte der ganzen Pflanze und anschließende Lagerung des Materials erstrebenswert, da der Wassergehalt direkt nach der Ernte bei rund 50 % liegt, was zu logistischen Schwierigkeiten und zu Abnahmeproblemen führt, weil so feuchtes Material nur in großen Anlagen verheizt werden kann.

1.2 Zielsetzung

Im vorliegenden Projekt sollen drei Erntesysteme untersucht werden:

- (1) Forwarder mit Fäller-Sammler Moipu 300ES.
- (2) Bagger mit Fäller-Sammler Woodcracker C350 und Traktor mit Krananhänger.
- (3) Motorsäge und Traktor mit Krananhänger.

Ebenso soll der Zeitbedarf und die Produktivität des Hackprozesses sowie des Hackschnitzeltransportes ermittelt werden.

Ziel des Projektes ist es, effizientere Arbeitsweisen zu etablieren. Diese sollen in Produktivitäts- und Kostenmodellen abgebildet werden.

2 Material und Methoden

2.1 Beschreibung der Versuchsflächen

Für die Untersuchung standen zwei Flächen in Niederösterreich in der Nähe von Maissau und Ziersdorf zur Verfügung (Abbildung 1).

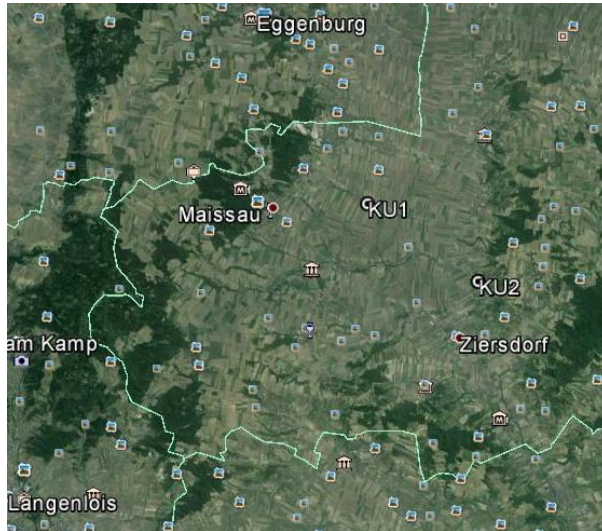


Abbildung 1: Lage der Kurzumtriebsflächen (Karte: Google Earth)

Kurzumtriebsfläche 1 (KU1) bestand aus vier Teilflächen (Tabelle 1, Abbildung 2), wobei für den Versuch nur Teilfläche a und c relevant waren. Fläche b wurde ausgeschlossen, da eine andere Klonart gepflanzt war und es sehr viele Ausfälle gab; Fläche d wurde aufgrund des extrem starken Randeffektes aus der Untersuchung ausgeschlossen.

Tabelle 1: Flächenbeschreibung KU1

Teilfläche	Baumart	Wuchsart	Alter [J]	Fläche [ha]	BHD [cm]
a	Pappel Japanklon	Kernwuchs	6	0,30	7
b	Pappel Italien Klon	Kernwuchs	6	0,15	-
c	Pappel Japanklon	Ausschlag	6	0,30	7
d	Pappel Japanklon	Ausschlag	6	0,10	-



Abbildung 2: Kurzumtriebsfläche 1 (Karte: Google Earth)

Kurzumtriebsfläche 2 (KU2) hatte eine Fläche von 0,5 ha und war mit dem Pappel Japanklon bestockt (Abbildung 3). Die Stämme kamen aus dem zweiten Umtrieb und hatten ein Alter von 6 Jahren. Der durchschnittliche BHD lag ebenfalls bei 7 cm.

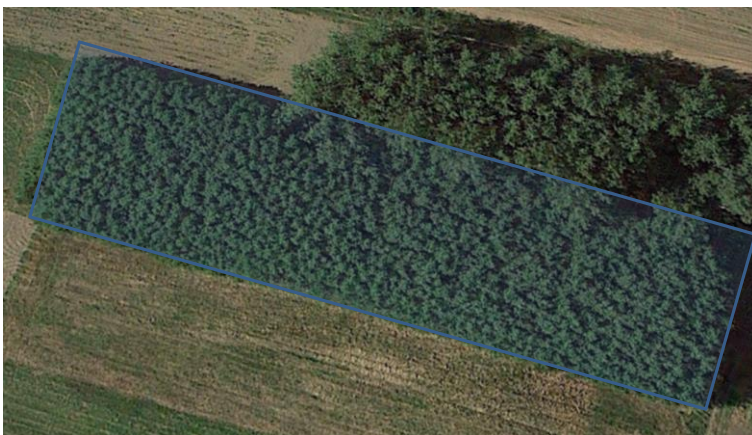


Abbildung 3: Kurzumtriebsfläche 2 (Karte: Google Earth)

2.2 Beschreibung der Arbeitssysteme

In Abbildung 4 sind die untersuchten Arbeitssysteme zusammengefasst.

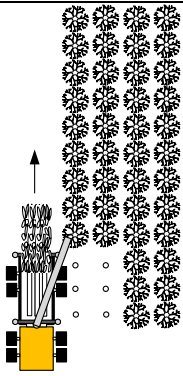
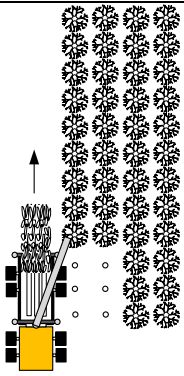

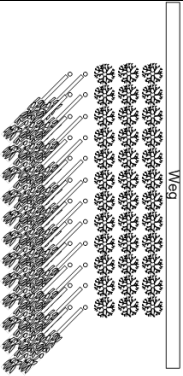
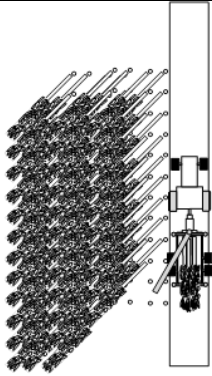

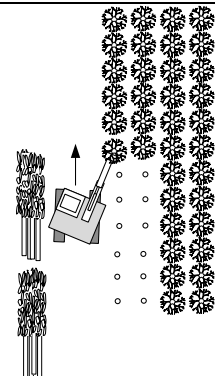
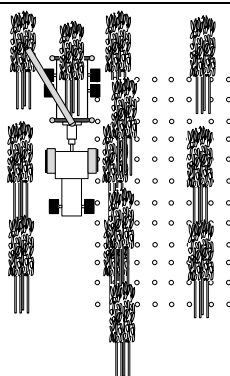

	Ernten	Rücken	Hacken & Transportieren
Arbeitssystem I (AS I)			
Arbeitssystem II (AS II)			
Arbeitssystem III (AS III)			

Abbildung 4: Überblick der Arbeitssysteme

Arbeitssystem I (AS I): Forwarder mit Fäller-Sammler MOIPU 300ES

Bei der Ernte mit dem MOIPU 300ES fährt der Forwarder parallel zu den Baumreihen, erntet und sammelt die Stämme (ein bis zwei Reihen auf einmal) und belädt den Rungenkorb. Längere Stämme müssen dabei eingekürzt werden, damit sie auf dem Rungenkorb Platz haben. Nachdem der Rungenkorb vollständig beladen ist, rückt der Forwarder das Energieholz zu Forststraße bzw. zum Lagerplatz. Der Hackermaschinist beschickt mittels Kran den Mobilhacker, welcher das Hackgut mithilfe eines Gebläses in Zweiachsskipper (gezogen von landwirtschaftlichen Schleppern) befördert.

Arbeitssystem II (AS II): Motorsäge und Traktor mit Krananhänger

Bei der Ernte mit der Motorsäge muss an jener Seite begonnen werden, die dem Rückweg abgewandt ist. Es empfiehlt sich die Stämme in einem Winkel von ungefähr 45° zum Rückweg zu fällen, um die Beladung zu erleichtern. Längere Stämme müssen ebenfalls eingekürzt werden, damit ein Rücken mittels Krananhänger möglich ist. Das Hacken und Transportieren ist analog zu AS I.

Arbeitssystem III (AS III): Kettenbagger mit Fäller-Sammler Woodcracker C350 und Traktor mit Krananhänger

Der Woodcracker fährt parallel zu den Baumreihen, fällt und sammelt die Stämme von ein bis zwei Reihen und legt diese vorkonzentriert neben sich in Rückenrichtung ab. Danach werden die Bäume mittels Traktor mit Krananhänger gerückt.

Das Hacken und Transportieren ist analog zu AS I.

Teilfläche a und c der KU1 wurden quer zu den Baumreihen geteilt, um das AS I sowie AS II sowohl an Kernwüchsen als auch an Stockausschlägen zu untersuchen (Abbildung 5). Das AS III wurde nur für die Pappelausschläge auf der Fläche KU2 untersucht.



Abbildung 5: Aufteilung der KU1 für die Arbeitssysteme (Karte: Google Earth)

2.3 Maschinenbeschreibung Forwarder mit Fäller-Sammler MOIPU 300ES

Als Basismaschine dient ein Forwarder der Type HSM 208 f mit einer Motorleistung von 175 kW sowie einer Ladekapazität von 14 t (Tabelle 2). Anstelle einer Greifzange ist am Loglift F 111 FT 100 Kran das Fäller-Sammler-Aggregat Moipu 300ES angebracht (Abbildung 6). Entwickelt wurde dieses Aggregat, das fällen, sammeln, entasten, grob ablängen und laden kann, von der finnischen Firma Moisio Forest. Der maximale Fälldurchmesser liegt bei etwa 30 cm. Kleine Bäume können, während weiter gefällt wird, im Aggregat akkumuliert werden. Im Vergleich zu herkömmlichen Fäller-Sammlern besitzt der Moipu 300ES Entastungsmesser und Vorschubwalzen, was die Entastung und Grobablängung (es erfolgt keine Längenmessung) von Bäumen möglich macht.



Abbildung 6: HSM 208 f Forwarder (links) mit Moipu 300ES Fäller-Sammler-Aggregat (rechts)

Die Fäll- und Trennschnitte werden mit zwei gegeneinander arbeitenden Klingen durchgeführt. Die Funktionsweise ist mit der einer Schere vergleichbar. Die Klinge ist gegenüber Schmutz und Steinen weniger anfällig, als etwa ein herkömmliches Kettensägenschwert eines Harvesters. Bei entsprechender Positionierung des Aggregates ist daher ein Fällen der Bäume wenige Zentimeter über dem Waldbodenniveau möglich (Elmer et al., 2011).

Tabelle 2: Technische Daten

Forwarder	Eigenmasse	14.900	[kg]
HSM 208 f	Motorleistung	175	[kW]
	Ladekapazität	14.000	[kg]
Kran	Reichweite	10	[m]
Loglift F111 FT 100	Hubmoment	151	[kNm]
Fäller-Sammler	Eigenmasse	615	[kg]
Moipu 300 ES	max. Fälldurchmesser	30	[cm]
	max. Entastungsdurchmesser	30	[cm]
	Öffnungsweite	130	[cm]
	Benötigter Öldurchfluss	120	[l/min]

2.4 Maschinenbeschreibung Traktor mit Krananhänger

Der Patu Krananhänger Typ 12 wird von einem Valtra Traktor der Type 6750 mit 78 kW Nennleistung gezogen (Abbildung 7, Tabelle 3). Der Kran vom Typ Patu 655 hat eine Eigenölversorgung. Die maximale Reichweite beträgt 6,5 m. Die Nutzlast des Anhängers wird vom Hersteller mit 12 t angegeben. Der Traktor verfügt über eine Rückfahreinrichtung, was das Fortbewegen zwischen zwei Beladestellen vereinfacht. Der Kran wird über eine Joysticksteuerung von der Kabine aus bedient.



Abbildung 7: Valtra Traktor mit Patu Krananhänger

Tabelle 3: Technische Daten

Traktor	Motorleistung	78	[kW]
Valtra 6750	Rückfahreinrichtung		
Krananhänger Typ12	Eigenmasse inkl. Kran ca.	2650	[kg]
Patu 655 Kran	Nutzlast	12	[t]
	Reichweite	6,5	[m]
	Hubmoment	33	[kNm]
	Joysticksteuerung von Kabine aus		

2.5 Maschinenbeschreibung Fäller-Sammler Woodcracker C350

Die Basismaschine ist ein Takeuchi TB 1140 Kettenbagger (Tabelle 4) mit einer Motorleistung von 69,2 kW und einer Kranreichweite von rund 8 m. An der hydraulischen Schnellwechselplatte ist das Aggregat Woodcracker C350 angebracht (Abbildung 8). Der Woodcracker ist ein österreichisches Produkt der Firma Westtech, eigens entwickelt zur Energieholzgewinnung. Dieses Aggregat verfügt über eine Sammelfunktion; der maximale Fälldurchmesser wird mit 35 cm angegeben, hängt aber stark von der Hydraulik des Trägerfahrzeuges ab.



Abbildung 8: Kettenbagger mit Woodcracker C350 (links); geöffneter Woodcracker C350 (rechts)

Der Trennschnitt erfolgt durch ein bewegliches Messer, welches den Stamm gegen ein starres Gegenstück drückt.

Tabelle 4: Technische Daten

Bagger Takeuchi TB1140	Eigenmasse	14.680	[kg]
	Motorleistung	69,2	[kW]
	Auslegerreichweite	8	[m]
Fäller-Sammler Woodcracker C350	Eigenmasse	750	[kg]
	max. Fälldurchmesser	35	[cm]
	Scherenöffnung	70	[cm]
	Greiferöffnung	143	[cm]
	Benötigter Öldurchfluss	70	[l/min]

2.6 Maschinenbeschreibung Hacker Wood Terminator 10

Der mobile Wood-Terminator 10 (Abbildung 9) der Firma MUS-MAX wird von einem John Deere Schlepper der 8R Serie angetrieben. Das Gesamtgewicht von Schlepper und Hacker beläuft sich auf 28 t. Die Kranreichweite beträgt 10,5 m. Der angegebene Kraftbedarf wird mit 270 – 400 PS beziffert (Tabelle 5).



Abbildung 9: MUS-MAX Wood-Terminator 10

Tabelle 5: Technische Daten Wood-Terminator 10

Einzugsöffnung (B x H)	98 x 71	[cm]
Baumdurchmesser max.	70	[cm]
Hackleistung bis max.	160	[m ³ /h]
Hackmesser	12	[Stk.]
Auswurfhöhe max.	5,2	[m]
Kraftbedarf Traktor	270 - 400	[PS]

2.7 Datenerhebung

2.7.1 Vorbereitung der Fläche

Auf beiden Flächen wurde eine Inventur nach Hochbichler (2011) durchgeführt. Dafür wurden pro Teilfläche an drei mal 12 Stöcken bei jedem Stamm der BHD, der D10 (Durchmesser in 10 cm Höhe) und die Höhe gemessen. Zweck war es, zu beurteilen, ob die beiden Flächen hinsichtlich Durchmesser- und Höhenverteilung vergleichbar sind.

Da es sich um vergleichbare Bestände und Flächen handelte, wurde anschließend an jedem Stamm der BHD gemessen und der Stamm mit einem Farbcode (Tabelle 6) versehen (Abbildung 10). Somit konnte bei der Zeitbedarfserhebung mit einem Blick der entsprechende Durchmesser zugewiesen werden.

Tabelle 6: Farbcodierung für BHD

Farbcode	BHD [cm]	Farbcode	BHD [cm]	Farbcode	BHD [cm]	Farbcode	BHD [cm]
o	1	/	5	o	9	/	13
oo	2	//	6	oo	10	//	14
oo o	3	///	7	oo o	11	///	15
oo oo	4	////	8	oo oo	12	////	16



Abbildung 10: Stämme mit Farbcodierung

2.7.2 Zeitstudie

Im Rahmen der Arbeitsstudie wurde der Zeitbedarf sämtlicher Tätigkeiten aufgezeichnet. Der Arbeitsablauf ist dazu in Teilschritte untergliedert worden. Die Datenaufzeichnung erfolgte mit Hilfe des Outdoorcomputers Algiz 7 und der Zeitstudiensoftware des Institutes für Forsttechnik im Fortschrittszeitverfahren.

Die Bezugsmenge für die Ernte wurde mit Formel 1 nach Hochbichler (2011) berechnet. Dividiert man die Trockenmasse durch die Darrdichte der Pappel (410 kg/m³), erhält man das geerntete Volumen.

Formel 1: Berechnung der Trockenmasse

$$Trockenmasse_{kg} = e^{-2,554+2,435*\ln(BHD_{cm})} * 1,0086$$

Bei der Rückung mit Traktor und Krananhänger waren die Markierungen auf den Stämmen nicht mehr sichtbar, weshalb die geladenen Stämme gezählt und mit der durchschnittlichen Trockenmasse pro Stamm multipliziert wurden. Auf Teilflächen, wo die Stämme aufgrund der Länge eingekürzt werden mussten, wurden die geladenen Stück gezählt, durch zwei (da in der Mitte eingekürzt wurde) dividiert und mit der durchschnittlichen Trockenmasse pro Stamm multipliziert.

Beim Hacken ist die Bezugsmenge durch Verwiegen der Anhänger mittels mobiler Wiegeplatten im leeren und im beladenen Zustand ermittelt worden (Abbildung 11). Zusätzlich wurden Proben entnommen, um den Wassergehalt über die Darmmethode zu bestimmen und somit das Gewicht in t_{atro} zu errechnen.



Abbildung 11: Verwiegen der Anhänger mittels mobiler Wiegeplatten

2.7.2.1 Zeitgliederungskonzept Forwarder mit Fäller-Sammler MOIPU 300ES

Als Beobachtungseinheit für Zwicken, Laden und Fortbewegen (Tabelle 7) diene das Bündel. Bei der Leer- und Lastfahrt sowie beim Entladen diene die Fuhre als Beobachtungseinheit.

Tabelle 7: Arbeitsschritte Forwarder mit Fäller-Sammler MOIPU 300ES

Arbeitsschritte	Beschreibung der Trennpunkte
Leerfahrt	Beginn: Erste Bewegung der Räder nach dem Entladen Ende: Die Maschine befindet sich im Bestand und die Räder bleiben stehen – neuer Arbeitsschritt startet
Zwicken	Beginn: Fällaggregat ist in senkrechter Position für das Fällen eines Baumes oder Baumbündels Ende: Die gefällten Bäume werden geladen.
Laden	Beginn: Das Aggregat bewegt sich mit Baum/Baumbündel Richtung Rungenkorb Ende: Aggregat ist neuerlich bei einem Baum positioniert und Zwicken beginnt
Fortbewegung	Beginn: Die Räder drehen sich (außerhalb der Leer- und Lastfahrt) Ende: Die Räder bleiben stehen (nicht nach der Leer- und Lastfahrt) – anderer Arbeitsschritt startet
Lastfahrt	Beginn: Räder bewegen sich nachdem der Ladevorgang abgeschlossen wurde Ende: Die Räder bleiben stehen – neuer Arbeitsschritt startet
Entladen	Beginn: Erste Kranbewegung nach der Lastfahrt am Lagerplatz Ende: Rungenkorb ist leer – neuer Arbeitsschritt startet
Unterbr. < 15 min	Beginn: Maschine arbeitet nicht (max. 15 Minuten) Ende: neuer Arbeitsschritt startet
Unterbr. > 15 min	Beginn: Maschine arbeitet nicht (mehr als 15 Minuten) Ende: neuer Arbeitsschritt startet

2.7.2.2 Zeitgliederungskonzept Motorsäge

Die Beobachtungseinheit bei der Ernte mit Motorsäge war der Einzelbaum (Tabelle 8).

Tabelle 8: Arbeitsschritte motormanuelle Ernte

Arbeitsschritte	Beschreibung der Trennpunkte
Fällen	Beginn: Erreichen des Baumes und Start des Schneidens Ende: Umdrücken des Stammes und weiter gehen
Gehen	Beginn: Ende Umdrücken Ende: Erreichen des nächsten Baumes
Trennen	Beginn: nach Umdrücken und Bewegung Richtung Baummitte Ende: Neuerliches Fällen
Unterbr. < 15 min	Beginn: Mensch arbeitet nicht (max. 15 Minuten) Ende: neuer Arbeitsschritt startet
Unterbr. > 15 min	Beginn: Mensch arbeitet nicht (mehr als 15 Minuten) Ende: neuer Arbeitsschritt startet

2.7.2.3 Zeitgliederungskonzept Kettenbagger mit Fäller-Sammler Woodcracker C350

Die Beobachtungseinheit für das Zwicken, Ablegen, Manipulieren und Fortbewegung (Tabelle 9) war ebenfalls das Bündel.

Tabelle 9: Arbeitsschritte Woodcracker C350

Arbeitsschritte	Beschreibung der Trennpunkte
Zwicken	Beginn: Fällaggregat ist in senkrechter Position für das Fällen eines Baumes oder Baumbündels Ende: Das Aggregat neigt sich in waagrechte Position.
Ablegen	Beginn: Das Aggregat bewegt sich mit Baum/Baumbündel Richtung Boden Ende: Aggregat ist neuerlich bei einem Baum positioniert und Zwicken beginnt
Manipulation	Beginn: Aggregat bearbeitet bereits gefällte und abgelegte Baumbündel Ende: neuer Arbeitsschritt startet
Fortbewegung	Beginn: Die Raupen drehen sich Ende: Die Raupen bleiben stehen – anderer Arbeitsschritt startet
Unterbr. < 15 min	Beginn: Maschine arbeitet nicht (max. 15 Minuten) Ende: neuer Arbeitsschritt startet
Unterbr. > 15 min	Beginn: Maschine arbeitet nicht (mehr als 15 Minuten) Ende: neuer Arbeitsschritt startet

2.7.2.4 Zeitgliederungskonzept Traktor mit Krananhänger

Die Beobachtungseinheit ist die Fuhre. In Tabelle 10 sind die Arbeitsschritte aufgezeigt.

Tabelle 10: Arbeitsschritte Rückung mit Traktor und Krananhänger

Arbeitsschritte	Beschreibung der Trennpunkte
Leerfahrt	Beginn: Erste Bewegung der Räder nach dem Entladen Ende: Die Maschine befindet sich im Bestand und die Räder bleiben stehen – neuer Arbeitsschritt startet
Laden	Beginn: Ausfahren der Kranstützen Ende: Einfahren der Kranstützen – Fortbewegung beginnt
Fortbewegung	Beginn: Die Räder drehen sich (außerhalb der Leer- und Lastfahrt) Ende: Die Räder bleiben stehen (nicht nach der Leer- und Lastfahrt) – anderer Arbeitsschritt startet
Lastfahrt	Beginn: Räder bewegen sich nach dem der Ladevorgang abgeschlossen wurde Ende: Die Räder bleiben stehen – neuer Arbeitsschritt startet
Entladen	Beginn: Erste Kranbewegung nach der Lastfahrt am Lagerplatz Ende: Rungenkorb ist leer – neuer Arbeitsschritt startet
Unterbr. < 15 min	Beginn: Maschine arbeitet nicht (max. 15 Minuten) Ende: neuer Arbeitsschritt startet
Unterbr. > 15 min	Beginn: Maschine arbeitet nicht (mehr als 15 Minuten) Ende: neuer Arbeitsschritt startet

2.7.2.5 Zeitgliederungskonzept Hacken

Die Beobachtungseinheit beim Hacken ist die Fuhre (Tabelle 11).

Tabelle 11: Arbeitsschritte Hacken

Arbeitsschritte	Beschreibung der Trennpunkte
Hacken	Beginn: Einschalten des Auswurfgebläses Ende: Abschalten des Gebläses – neuer Arbeitsschritt startet
Ablaufbedingtes warten	Beginn: Ende des Arbeitsschrittes Hacken; warten auf neuen Anhänger Ende: Beginn eines anderen Arbeitsschrittes (Hacken)
Fortbewegung	Beginn: Die Räder drehen sich Ende: Die Räder bleiben stehen
Unterbr. < 15 min	Beginn: Maschine arbeitet nicht (max. 15 Minuten) Ende: neuer Arbeitsschritt startet
Unterbr. > 15 min	Beginn: Maschine arbeitet nicht (mehr als 15 Minuten) Ende: neuer Arbeitsschritt startet

2.7.2.6 Zeiterhebung Traktortransport

Für die Zeiterhebung des Transportes wurden die Chauffeure mit einem Fahrtenbuch ausgestattet, in dem sie die Uhrzeit für die folgenden Aktivitäten eintrugen:

Ankunft Hackplatz, Beginn Laden, Ende Laden, Beginn Lastfahrt, Ankunft Entladeort, Abfahrt Entladeort.

Durch Ermittlung der einzelnen Zeitdifferenzen kann die Dauer der Arbeitsschritte Leerfahrt, Laden, Lastfahrt, Entladen und Wartezeit errechnet werden.

2.8 Statistische Analyse

Alle statistischen Analysen erfolgten mithilfe der Software PASW Statistics 18 der Firma SPSS. Zur Produktivitätsermittlung des Ernteverfahrens wurden aus den dokumentierten Variablen und Kovariaten (BHD, Rückedistanz) lineare Modelle hergeleitet. Der erste Schritt war es, eine Varianzanalyse durchzuführen. In einem weiteren Arbeitsgang erfolgte eine Untersuchung, ob es zwischen den Kovariaten keine unerwünschten Wechselwirkungen gibt. Anschließend erfolgte eine Regressionsanalyse zur Schätzung der Parameter für die maßgeblichen Einflussgrößen. Zusätzlich war es nötig, die Verteilung der Residuen (Abweichung von gemessenen und zu geschätzten Werten) auf Normalverteilung zu überprüfen.

2.9 Kostenkalkulation

Die Kostensätze für den Forwarder mit Fäller-Sammler MOIPU 300ES, Kettenbagger mit Fäller-Sammler Woodcracker C350, für Traktor mit Krananhänger und für den Hacker sind die verrechneten Unternehmerpreise. Die Kosten für die Motorsäge (enthalten den Motorsägenführer und die Säge) und Traktorfahrer wurde aus der Preisliste des

Maschinenringes Klagenfurt entnommen, jene für Traktor (Allradtraktor 75 kw) und Zweiachskipper (Nutzlast 5 t, 25 km/h) aus den ÖKL Richtwerten. Die Kosten in €/t_{atro} bzw. €/m³ ergeben sich durch Division der Systemkostenkosten (€/PSH₁₅) durch die entsprechende Systemproduktivität (t_{atro}/PSH₁₅, m³/PSH₁₅).

3 Ergebnisse

3.1 Forwarder mit Fäller-Sammler MOIPU 300ES

Die durchschnittliche Zykluszeit für Zwicken, Laden und Fortbewegen bei der Wuchsort Stockausschlag lag bei 0,44 min pro Bündel. In dieser Zeit wurden 27,76 kg bzw. 0,07 m³ geerntet (Tabelle 12).

Tabelle 12: Statistische Beschreibung der Kovariaten und abhängigen Variablen bezogen auf das Bündel

Bezeichnung	Stockausschlag (N=374)			Kernwuchs (N=305)		
	Mittelwert	Quantile ₅	Quantile ₉₅	Mittelwert	Quantile ₅	Quantile ₉₅
BHD Ø [cm]	7,09	3,67	12,00	7,05	4,75	9,50
Baumvolumen Ø [m ³]	0,03	0,006	0,08	0,03	0,012	0,05
Baummasse Ø [kg]	13,22	2,54	33,29	12,01	4,87	18,94
Bündelvolumen [m ³]	0,07	0,015	0,14	0,07	0,03	0,10
Bündelmasse [kg]	27,76	6,23	55,86	27,51	13,54	42,01
Zwicken [min/Bündel]	0,29	0,15	0,55	0,25	0,15	0,39
Laden [min/Bündel]	0,13	0,04	0,27	0,13	0,05	0,24
Fortbewegen [min/Bündel]	0,02	0,00	0,11	0,02	0,00	0,11
Zeit Bündel [min/Bündel]	0,44	0,24	0,75	0,40	0,26	0,63

Die mittlere Entladedauer betrug 4,31 Minuten (Tabelle 13). Bei der Leerfahrt, Lastfahrt und beim Entladen wurde nicht zwischen den Wuchsorten unterschieden, da die Wuchsortart auf diese Arbeitsschritte keinen Einfluss hatte.

Tabelle 13: Statistische Beschreibung der Kovariaten und abhängigen Variablen bezogen auf die Fuhre

Bezeichnung (N=10)	Mittelwert	Quantile ₅	Quantile ₉₅
Leerfahrt [min/Fuhre]	0,48	0,00	1,29
Lastfahrt [min/Fuhre]	1,01	0,49	1,34
Entladen [min/Fuhre]	4,31	2,61	6,06
Zeit Fuhre [min/Fuhre]	5,81	3,73	8,15
Rückedistanz (RD) [m]	36,6	20,00	47,00
Fuhrevolumen [m ³]	4,60	1,93	5,52
Fuhrenmasse [kg]	1.887,56	791,66	2.264,84

Das Produktivitätsmodell für den Forwarder mit Fäller-Sammler MOIPU 300ES (Formel 1) setzt sich aus den Submodellen *Ernten* (Formel 2) und *Fahren* (Formel 3) zusammen. Die Effizienz (als Kehrwert der Produktivität) gibt den Zeitbedarf (min) pro Bezugsgröße (in diesem Fall kg_{atro} bzw. t_{atro}) an.

$$Produktivität_{Moipu} \left[\frac{t_{atro}}{PSH_{15}} \right] = \frac{60}{[k * (Effizienz_{Ernten} + Effizienz_{Fahrt})] * 1000}$$

Formel 1

$$Effizienz_{Ernten} \left[\frac{min}{kg} \right] = 0,014 + 6,507 * BHD_{cm}^{-4} - 0,001 * Wuchsart_{1...Kernwuchs;0...Ausschlag}$$

Formel 2

$$Effizienz_{Fahrt} \left[\frac{min}{kg} \right] = \frac{2,601 + 0,088 * RD_m}{Fuhrenmasse_{kg}}$$

Formel 3

k...Korrekturfaktor von PSH_0 auf PSH_{15} (1,3)

Bei einem BHD von 7 cm, 36,6 m Rückedistanz und einer durchschnittlichen Fuhrenmasse von 1887,56 kg, liegt die Produktivität für das Ernten und Rücken in der Wuchsart Stockausschlag bei 2,33 t_{atro}/PSH_{15} bzw. 5,69 m^3/PSH_{15} . In der Wuchsart Kernwuchs, steigt die Produktivität geringfügig auf 2,46 t_{atro}/PSH_{15} bzw. auf 5,99 m^3/PSH_{15} (Abbildung 12).

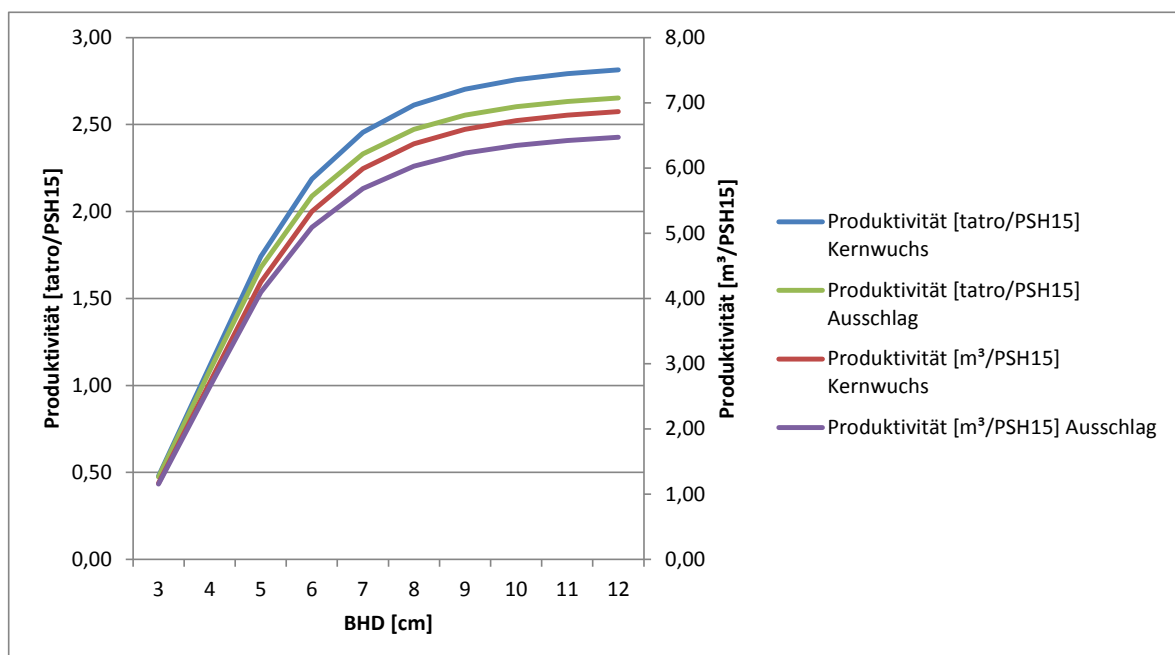


Abbildung 12: Produktivitätskurven Forwarder mit Fäller-Sammler MOIPU 300ES

3.2 Kettenbagger mit Fäll-Sammler Woodcracker C350

Pro Bündel wurden 46,88 kg bzw. 0,11 m³ geerntet. Der durchschnittliche Zeitbedarf lag bei 0,62 min pro Bündel (Tabelle 14).

Tabelle 14: Statistische Beschreibung der Kovariaten und abhängigen Variablen bezogen auf das Bündel

Bezeichnung (N=524)	Mittelwert	Quantile ₅	Quantile ₉₅
BHD Ø [cm]	7,07	4,88	9,50
Baumvolumen Ø [m ³]	0,03	0,01	0,05
Baummasse Ø [kg]	11,55	5,31	19,99
Bündelvolumen [m ³]	0,11	0,04	0,20
Bündelmasse [kg]	46,88	17,92	80,13
Zwicken [min/Bündel]	0,40	0,19	0,71
Ablegen [min/Bündel]	0,09	0,04	0,18
Manipulation [min/Bündel]	0,10	0,00	0,49
Fortbewegen [min/Bündel]	0,03	0,00	0,10
Zeit Bündel [min/Bündel]	0,62	0,31	1,02

Der BHD ist die einzige Variable, welche in das Produktivitätsmodell vom Woodcracker C350 eingeht (Formel 4).

$$Produktivität_{Woodcracker} \left[\frac{t_{atro}}{PSH_{15}} \right] = \frac{60}{(k * Effizienz_{Westtech}) * 1000}$$

Formel 4

$$Effizienz_{Woodcracker} \left[\frac{min}{kg} \right] = 0,009 + 11,275 * BHD_{cm}^{-4}$$

Formel 5

k...Korrekturfaktor von PSH₀ auf PSH₁₅ (1,3)

Bei einem BHD von 7 cm erhält man für die Ernte eine Produktivität von 3,37 t_{atro}/PSH₁₅ bzw. 8,22 m³/PSH₁₅ (Abbildung 13).

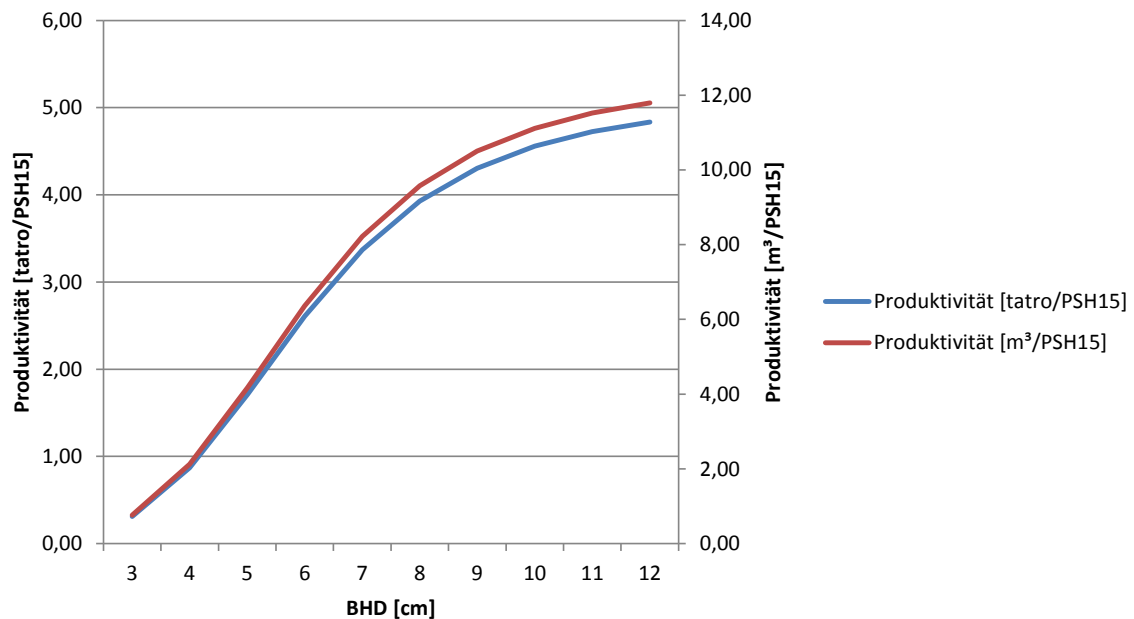


Abbildung 13: Produktivitätskurven Woodcracker C350

3.3 Motorsäge

Bei der Ernte mit der Motorsäge war in der Planung der Arbeitsschritt „Gehen“ vorgehensehen. Da aber „Gehen“ und „Fällen“ während der Aufnahmen nicht eindeutig abgrenzbar und somit nicht den Arbeitsschritten separat zuordenbar war, wurde „Gehen“ unter „Fällen“ subsummiert. Das Einkürzen („Trennen“) fand nur auf den Flächen mit der Wuchsart Stockausschlag statt. Da zuerst immer eine Reihe geerntet wurde und danach die Trennschnitte durchgeführt worden sind, kam der Arbeitsschritt Trennen nur selten vor, wodurch man sich entschied, die gesamte Zeit für das Trennen auf jeden einzelnen Baum (auf der Fläche mit Wuchsart Stockausschlag) zu gleichem Anteil zu verteilen. Die durchschnittliche Zeit für das Fällen und Einkürzen betrug pro Baum 0,17 Minuten, ohne Einkürzen lag der Zeitbedarf bei 0,15 Minuten pro Baum (Tabelle 15).

Tabelle 15: Statistische Beschreibung der Kovariaten und abhängigen Variablen bezogen auf den Baum in Abhängigkeit des Einkürzens

Bezeichnung	Einkürzen (N=485)			Nicht einkürzen (N=362)		
	Mittelwert	Quantile ₅	Quantile ₉₅	Mittelwert	Quantile ₅	Quantile ₉₅
BHD Ø [cm]	7,10	3,00	12,00	7,14	3,00	10,00
Baumvolumen Ø [m ³]	0,03	0,003	0,08	0,02	0,003	0,04
Baummasse Ø [kg]	12,71	1,14	33,29	9,21	1,03	17,36
Fällen [min/Baum]	0,16	0,07	0,31	0,15	0,07	0,30
Trennen [min/Baum]	0,0095	0,0095	0,0095	0,00	0,00	0,00
Zeit Baum [min/Baum]	0,17	0,08	0,32	0,15	0,07	0,30

Die Produktivität bei der Ernte mit Motorsäge ist eine Funktion aus dem zu berechneten BHD und dem Faktor Einkürzen (Formel 6 und 7).

$$Produktivität_{Motorsäge} \left[\frac{t_{atro}}{PSH_{15}} \right] = \frac{60}{(k * Effizienz_{Motorsäge}) * 1000}$$

Formel 6

$$Effizienz_{Motorsäge} \left[\frac{min}{kg} \right] = 0,018 + 1,529 * BHD_{cm}^{-3} + 0,002 * Einkürzen_{1...Ja;0...Nein}$$

Formel 7

k...Korrekturfaktor von PSH₀ auf PSH₁₅ (1,3)

Bei einem BHD von 7 cm und der Notwendigkeit des Einkürzens, erreicht man eine Produktivität von 1,89 t_{atro}/PSH₁₅ bzw. 4,60 m³/PSH₁₅; ohne Einkürzen steigt die Produktivität auf 2,06 t_{atro}/PSH₁₅ bzw. 5,01 m³/PSH₁₅ (Abbildung 14).

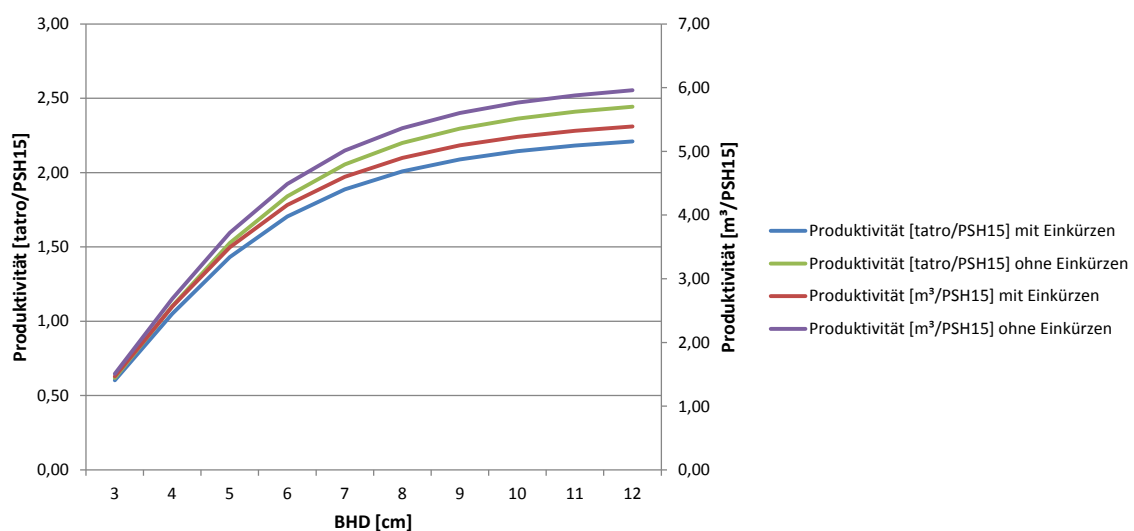


Abbildung 14: Produktivitätskurven der Motorsäge

3.4 Traktor mit Krananhänger

Die geernteten und vorkonzentrierten Stämme des Woocrackers, sowie die geernteten und teilweise eingekürzten Stämme der Motorsägenvariante wurden von einem Traktor mit Krananhänger gerückt. Die Analyse der Daten hat gezeigt, dass kein signifikanter Unterschied bestand, ob die Sortimente eingekürzt waren oder nicht. Die Hypothese, dass das Einkürzen mit einer geringeren Beladung und mit mehr Kranbewegungen einhergeht, wurde nicht bestätigt. Aufgrund der relativ kurzen Rückedistanz (Tabelle 16), hatte diese ebenfalls keinen signifikanten Einfluss auf die Produktivität. Einen positiven Einfluss hat hingegen das Vorkonzentrieren der Stämme durch den Woodcracker.

Tabelle 16: Statistische Beschreibung der Kovariaten und abhängigen Variablen bezogen auf die Fuhre

Bezeichnung	Mit Vorkonzentrieren (N=18)			Ohne Vorkonzentrieren (N=14)		
	Mittelwert	Quantile ₅	Quantile ₉₅	Mittelwert	Quantile ₅	Quantile ₉₅
Leerfahrt [min/Fuhre]	1,14	0,91	1,40	0,84	0,22	1,59
Laden [min/Fuhre]	18,43	12,21	21,34	13,56	7,16	17,72
Fortbewegen [m/Fuhre]	2,14	1,45	2,81	0,71	0,34	1,28
Lastfahrt [min/Fuhre]	1,75	1,00	3,52	0,80	0,06	1,51
Entladen [min/Fuhre]	6,53	4,60	9,64	6,62	2,99	9,57
Zeit pro Fuhre [min/Fuhre]	29,98	22,18	35,70	22,53	13,21	28,47
Rückedistanz (RD) [m]	76,32	6,00	135	63,75	5	135
Fuhrenvolumen [m ³]	3,20	2,52	4,02	3,43	1,72	4,65
Fuhrenmasse [kg]	1.312,67	1.031,25	1.648,72	1.405,16	704,50	1.905,62

Das Effizienzmodell – und in weiterer Folge auch das Produktivitätsmodell – besteht somit nur aus einer Konstanten und dem Faktor Vorkonzentrieren, welcher, je nachdem ob dieser Schritt stattfindet, abgezogen wird oder nicht. Die Effizienz für das Rücken mit dem Krananhänger beträgt bei vorkonzentrierten Stämmen 0,016 min/kg (entspricht 2,89 t_{atro}/PSH_{15} bzw. 7,04 m³/PSH₁₅); bei der Rückung manuell gefällter Stämme entsteht ein Zeitbedarf von 0,023 min/kg (entspricht 2,01 t_{atro}/PSH_{15} bzw. 4,89 m³/PSH₁₅).

3.5 Hacken und Transportieren

3.5.1 Kurzumtriebsfläche 1

Auf der Kurzumtriebsfläche 1 wurden 20 Hackzyklen beobachtet, was gleichzeitig 20 Transportzyklen entspricht. Es standen 4 Traktoren mit jeweils einem Zweiachskipper zum Transport des Hackgutes zur Verfügung. Die Transportdistanz von der Fläche, auf der

gehackt wurde, bis zur Entladestelle betrug 1,5 km. Die Zeit für das Verwiegen der Gespanne und für das Proben ziehen (Ermittlung des Wassergehaltes) wurde in der Lastfahrt subsummiert. Für die Wassergehaltsbestimmungen standen insgesamt 55 Proben zur Verfügung, die jeweils einer Fuhre zugeordnet werden konnten. Pro Fuhre wurde dann ein arithmetisches Mittel errechnet. Der durchschnittliche Wassergehalt pro Fuhre lag bei 32,32 %; die mittlere Produktivität beträgt beim Hacker 9,41 t_{atro}/PSH_{15} und beim Traktortransport bei 2,32 t_{atro}/PSH_{15} (Tabelle 17). Bringt man beim Traktortransport die Wartezeit am Hackort in Abzug, beträgt die Produktivität 2,94 t_{atro}/PSH_{15} . Um Stillstandzeiten beim Hacker zu verhindern, benötigte man in diesem konkreten Fall 3,2 Transporteinheiten; durch das Verwenden von vier Einheiten konnte die ablaufbedingte Wartezeit des Hackers auf ein Minimum reduziert werden. Insgesamt wurden 28,27 t_{atro} (41,76 t_{frisch}) an Hackgut produziert.

Tabelle 17: Statistische Beschreibung der Kennwerte für Hacken und Transportieren auf der KU 1 Fläche (Faktor PSH_0 : $PSH_{15} = 1 : 1,3$)

	Bezeichnung (N=20)	Mittelwert	Quantile ₅	Quantile ₉₅
Hacker	Ablaufbedingtes Warten [min]	0,52	0,10	1,66
	Fortbewegen [min]	0,10	0,00	1,03
	Hacken [min]	6,27	3,00	9,20
	Zeit pro Fuhre [min]	6,89	3,32	9,68
	Wassergehalt [%]	32,32	24,20	42,55
	Gewicht pro Fuhre [t_{atro}]	1,41	0,60	2,01
	Produktivität Hacker [t_{atro}/PSH_{15}]	9,41	5,42	11,91
Traktortransport	Leerfahrt [min]	3,65	2,00	5,00
	Warten [min]	6,45	0,50	15,50
	Laden [min]	6,30	2,50	9,50
	Lastfahrt [min]	5,70	5,00	7,50
	Entladen [min]	6,50	3,00	11,00
	Zeit pro Fuhre [min]	28,60	21,00	35,50
	Produktivität Transport [t_{atro}/PSH_{15}]	2,32	0,92	3,54

3.5.2 Kurzumtriebsfläche 2

Auf der Kurzumtriebsfläche 2 wurden 10 Hack- bzw. Transportzyklen beobachtet. Die Transportdistanz betrug 7,8 km. Zum vereinbarten Hackzeitpunkt standen 7 Traktoren mit 13 Anhängern zur Verfügung (6 Traktoren mit 2 Anhänger, 1 Traktor mit einem Anhänger). Das Hackgut wurde auf den Anhängern zwischengelagert, da die Entladung erst am Folgetag – aufgrund von Platzmangel - stattfinden konnte. Somit entfiel der

Arbeitsschritt „Entladen“. Da die Ladekapazität der bereitgestellten 13 Anhänger nicht für das gesamte Hackgut ausreichte, kam es zu längeren ablaufbedingten Wartezeiten des Hackers, da noch zusätzlich drei Fahrten organisiert werden mussten. Insgesamt wurden 48,29 t frisch an Hackgut produziert. Bei einem durchschnittlichen Wassergehalt von 40,44 % (44 Proben) ergibt das 28,27 tatro. Die Produktivität des Hackers beträgt 8,96 tatro/PSH15 (Tabelle 18).

Tabelle 18: Statistische Beschreibung der Kennwerte für Hacken und Transportieren auf der KU 2 Fläche (Faktor PSH₀: PSH₁₅ = 1 : 1,3)

	Bezeichnung (N=10)	Mittelwert	Quantile ₅	Quantile ₉₅
Hacker	Ablaufbedingtes Warten [min]	5,89	0,00	36,98
	Fortbewegen [min]	0,03	0,00	0,35
	Hacken [min]	11,86	8,54	15,54
	Zeit pro Fuhre [min]	17,79	9,05	48,51
	Wassergehalt [%]	40,44	34,80	47,10
	Gewicht pro Fuhre [t _{atro}]	2,84	1,12	4,28
	Produktivität Hacker [t _{atro} /PSH ₁₅]	8,96	2,70	11,68
Traktortransport	Leerfahrt [min]	15,40	14,00	18,00
	Warten [min]	21,30	0,00	60,00
	Laden [min]	11,60	6,00	16,00
	Lastfahrt [min]	25,30	15,00	33,00
	Zeit pro Fuhre [min]	73,60	40,00	121,00
	Produktivität Transport [t _{atro} /PSH ₁₅]	2,41	1,29	3,24

3.6 Kosten Ernten und Rücken

Die Kombination aus Ernte mit der Motorsäge und Rücken mit Traktor und Krananhänger ist die kostengünstigste Alternative, basierend auf den Untersuchungen (Tabelle 19). Die grau hinterlegten Zeilen geben die Kosten der Gesamtsysteme (Fällen UND Rücken) wieder. Die drei Möglichkeiten ergeben sich dadurch, dass bei der Wuchsart Ausschlag unterschieden wird, ob eingekürzt wird oder nicht (Möglichkeit 2 bzw. 3), was bei der Wuchsart Kernwuchs (Möglichkeit 1) nicht der Fall ist. Mit rund 31 €/t_{atro} ist das System Motorsäge den beiden anderen Systemen mit rund 44 bzw. 50 €/t_{atro} deutlich überlegen (Abbildung 15).

Tabelle 19: Kostenvergleich der Systeme

Eingangsdaten							
Bezeichnung	Einheit	Möglichkeit 1	Möglichkeit 2	Möglichkeit 3			
BHD	[cm]	7,00	7,00	7,00			
Rückedistanz	[m]	36,60	36,60	36,60			
Fuhrevolumen	[kg]	1.887,00	1.887,00	1.887,00			
Wuchsart [1...Kernwuchs; 0...Ausschlag]	[1;0]	1	0	0			
Einkürzen der Stämme [1...Ja; 0...Nein]	[1;0]	0	1	0			
Rohdichte	[kg/m ³]	410,00	410,00	410,00			
Kosten Moipu 300ES	[€/PSH ₁₅]	120,00	120,00	120,00			
Kosten Woodcracker C350	[€/PSH ₁₅]	95,00	95,00	95,00			
Kosten Motorsäge	[€/PSH ₁₅]	17,00	17,00	17,00			
Kosten Traktor und Krananhänger	[€/PSH ₁₅]	45,00	45,00	45,00			
Produktivität		[t _{atro} /PSH ₁₅]	[m ³ /PSH ₁₅]	[t _{atro} /PSH ₁₅]	[m ³ /PSH ₁₅]	[t _{atro} /PSH ₁₅]	[m ³ /PSH ₁₅]
Moipu 300ES		2,46	5,99	2,33	5,69	2,33	5,69
Woodcracker C350		3,37	8,21	3,37	8,21	3,37	8,22
Motorsäge		2,06	5,01	1,89	4,60	2,06	5,01
Krananhänger (Woodcracker)		2,89	7,04	2,89	7,04	2,89	7,04
Krananhänger Motorsäge		2,01	4,89	2,01	4,89	2,01	4,89
Ergebnisse							
		[€/t _{atro}]	[€/m ³]	[€/t _{atro}]	[€/m ³]	[€/t _{atro}]	[€/m ³]
Moipu 300ES		48,87	20,04	51,47	21,10	51,47	21,10
Woodcracker C350		28,19	11,56	28,19	11,56	28,19	11,56
Motorsäge		8,27	3,39	9,01	3,69	8,27	3,39
Krananhänger Woodcracker		15,60	6,40	15,60	6,40	15,60	6,40
Krananhänger Motorsäge		22,43	9,19	22,43	9,19	22,43	9,19
Kombination Woodcracker, Traktor und Krananhänger		43,79	17,95	43,79	17,95	43,79	17,95
Kombination Motorsäge, Traktor und Krananhänger		30,70	12,59	31,43	12,89	30,70	12,59

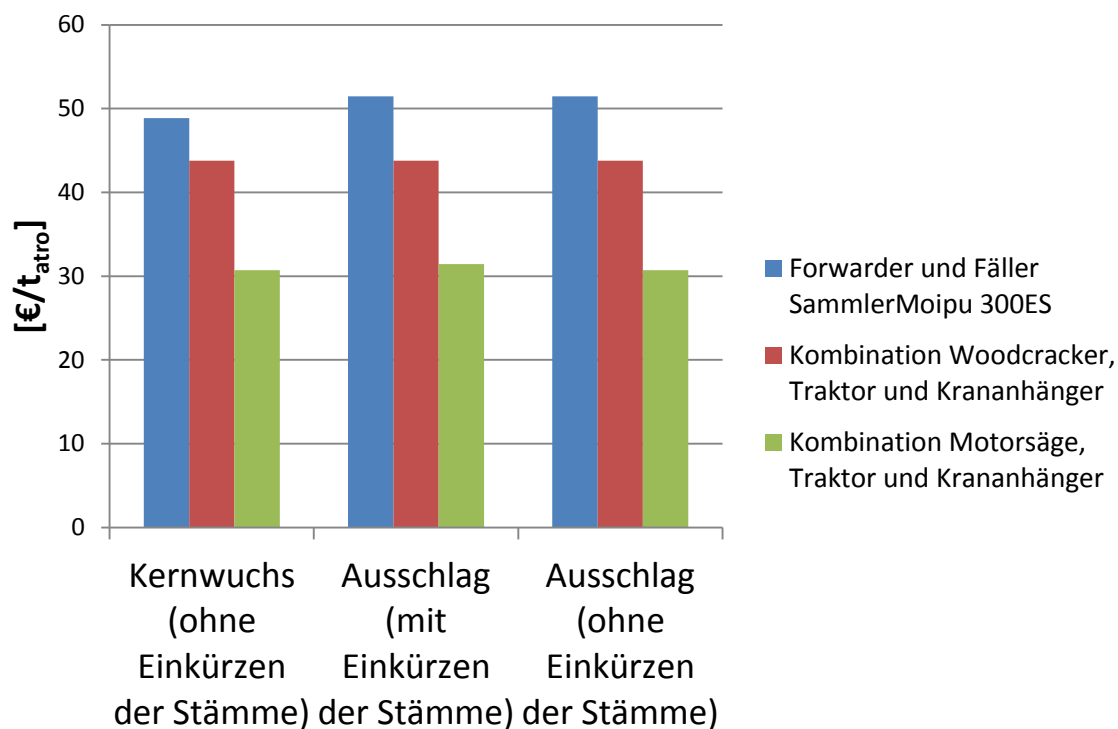


Abbildung 15: Arbeitssystemkosten in €/t_{atro} in Abhängigkeit von der Erntetechnologie

3.7 Kosten Hacken und Transportieren

Die summierten Kosten für Hacken und Transportieren auf der Kurzumtriebsfläche 1 betragen 45,86 €/t_{atro}, auf der Kurzumtriebsfläche 2 49,57 €/t_{atro} (Tabelle 20).

Tabelle 20: Kostenvergleich für Hacken und Transportieren

Bezeichnung	KU 1	KU 2
Produktivität Hacker [t _{atro} /PSH ₁₅]	9,41	8,96
Kosten Hacker [€/PMH ₁₅]	210,00	210,00
Kosten Hacken [€/t_{atro}]	22,32	23,44
Produktivität Transport [t _{atro} /PSH ₁₅]	2,32	2,41
Kosten Traktor [€/PMH ₁₅]	34,27	34,27
Kosten Anhänger [€/PMH ₁₅]	8,36	16,72
Kosten Fahrer [€/h]	12,00	12,00
Gesamtkosten Transportieren [€/PSH ₁₅]	54,63	62,99
Kosten Transportieren [€/t _{atro}]	23,55	26,14
Kosten Hacken und Transportieren [€/t_{atro}]	45,86	49,57

4 Schlussfolgerungen

Die Kombination Ernte mit der Motorsäge und Rücken mit Krananhänger ist die kostengünstigste Variante in diesem Versuch. Es sei aber erwähnt, dass die Motorsägenproduktivität bei der vorliegenden Studie auffallend hoch war und eine entsprechende Ausbildung und Geübtheit des Motorsägenführers erfordert. Auch entsprachen die Pausenzeiten nicht den geforderten 10 min pro einer Arbeitsstunde. Bei einer Reduktion der Produktivität um 60 % bzw. bei Kosten für Motorsägearbeit von 44 €/PSH₁₅ würde das System Woodcracker einen Kostenvorteil bringen. Weiters ist anzumerken, dass diese Art von Motorsägearbeit durch die gebückte Haltung beim Fällschnitt sehr belastend ist und aus ergonomischer Sicht die mechanisierte Ernte zu bevorzugen ist. Dennoch können durch die eigenständige Beerntung solcher Flächen Leerlaufzeiten in der Haupterwerbstätigkeit produktiv genutzt werden und schaffen somit zusätzliche Wertschöpfung im Betrieb.

Durch die Lagerung der Stämme vor dem Hacken konnte der Wassergehalt ohne zusätzliche Investitionen gesenkt werden. Geht man von einem durchschnittlichen Wassergehalt von über 50 % (Schuster, 2011) bei frisch gehackten Pappeln aus, sank dieser im Durchschnitt auf rund 40 % bzw. 32 % ab. Wichtig ist dabei die Art und Weise der Lagerung. Die Stämme von KU 1 wurde auf der angrenzenden, ebenen Fläche abgelegt. Dies bedingte eine bessere Trocknung durch Wind. Bei KU 2 wurden die Stämme bei der Ernte mit dem Woodcracker vorkonzentriert und verdichtet, wodurch es zu einer dichteren Lagerung kam. Zusätzlich wurden die Bäume auf der Böschung abgelegt, welche eine schützende Wirkung gegenüber dem Wind hatte. Diese zwei Faktoren könnten der Grund für den höheren Wassergehalt im Vergleich zu KU 1 sein.

Wichtig bei der Hackguterzeugung ist die lückenlose Abfuhr des Materials, um Wartezeiten des Hackers zu verringern und somit eine uneingeschränkte Produktivität der Maschine zu erreichen. Aufgrund des Kostenverhältnisses Transport zu Hacker von 1 : 4 sind Leerzeiten bei einem Transportfahrzeug, das auf die Befüllung wartet, eher vertretbar als ein stillstehender Hacker.

5 Literaturverzeichnis

Hochbichler, E., Bellos, N., Diwold, G., Hofmann, H., Zeitlhofer, C., Liebhard, P. (2011): Produktionsmodelle und Bewirtschaftung - Biomassefunktionen für Pappel und Weide zur Ermittlung von Ertragsleistung und Produktivität von Kurzumtriebsflächen. 16. Österreichischer Biomasse - Tag - Kurzumtriebstagung, Wieselburg, 16. - 18.11.2011 In: Schuster Karl, NÖ-Landeslandwirtschaftskammer, BLT Francisco Josephinum Wieselburg, Innovative Energiepflanzen - Erzeugung und Verwendung von Kurzumtriebsholz.

Elmer, G., Rottensteiner, C., Stampfer, K. (2011): Energieholzbereitstellung mit Forwarder und Fäller-Sammler Moipu 300ES. Fallstudie im Forstbetrieb Fürst Esterházy'sche Privatstiftung Lackenbach im Auftrag des Kooperationsabkommens Forst-Holz-Papier (FHP). Durchgeführt am Institut für Forsttechnik, Universität für Bodenkultur Wien.

Schuster, K. (2011): 5 Jahre Kurzumtrieb in NÖ – ein Rückblick. 16. Österreichischer Biomasse - Tag - Kurzumtriebstagung, Wieselburg, 16. - 18.11.2011 In: Schuster Karl, NÖ-Landeslandwirtschaftskammer, BLT Francisco Josephinum Wieselburg, Innovative Energiepflanzen - Erzeugung und Verwendung von Kurzumtriebsholz.

Maschinenring Klagenfurt (2013): Agrarpreisliste 2013/2014. Eigenverlag. Online verfügbar unter:

http://www.maschinenring.at/1/mr_ktn_6/141178/artikel/kaernten/maschinenring_klagenfurt/141178.html (16.10.2013).

Statistik Austria (2013): Agrarstrukturerhebung 2010. Online verfügbar unter:

http://www.statistik.at/web_de/services/publikationen/8/index.html (29.10.2013).