



DIPLOMARBEIT

Biomasse Logistik für KWK - Anlagen

Erarbeitung eines kostenoptimalen Logistikkonzeptes für drei KWK – Anlagen
Standorte im Waldviertel

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom-Ingenieurs unter der Leitung von

Ao.Univ.-Prof. Dr. Kurt MATYAS

und

Ass.-Prof. Dr. Peter KUHLANG

Institut für Managementwissenschaften

Bereich Betriebstechnik und Systemplanung

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften

von

Harald Krauskopf

0326259 (E740)

Altweitra 14

3970 Weitra

Wien, im März 2008

Vorname Nachname

Vorwort

Die vorliegende Diplomarbeit entstand am Institut für Managementwissenschaften an der Technischen Universität Wien unter der Betreuung von Herrn Ao.Univ.-Prof. Dr. Kurt Matyas und Herrn Ass.-Prof. Dr. Peter Kurlang, denen ich an dieser Stelle für die sehr hilfreiche und professionelle Betreuung bei der Durchführung und Abfassung der Diplomarbeit danken möchte.

Die Aufgabenstellung und inhaltliche Betreuung der Diplomarbeit erfolgte durch Herrn Mag. (FH) Thomas Roitmeier, ehemals Geschäftsführer der Nawaro Energie Betrieb GmbH, dem für die konstruktive und unkomplizierte Zusammenarbeit mein Dank gebührt.

Weiters möchte ich mich bei allen Mitarbeitern der Nawaro Energie Betrieb GmbH, sowie bei Herrn Ing. Uwe Geissler, Verkaufsleiter der Firma Vecoplan AG, herzlich bedanken, die stets ein offenes Ohr für meine Anliegen hatten und mir fachlich zur Seite standen.

Schließlich möchte ich meiner Familie, vor allem meinen Eltern, Dank für die Ermöglichung meines Studiums und deren Unterstützung aussprechen.

Besonderer Dank gilt meiner Freundin Karina, die mich während der Studienzeit begleitet und mich in jeglicher Hinsicht tatkräftig unterstützt hat.

Wien, März 2008

Harald Krauskopf

Kurzzusammenfassung

Im ersten Teil der Diplomarbeit sollten die gängigsten Logistikketten zur Bereitstellung von Waldhackgut dargestellt und leistungs- und kostenmäßig bewertet werden. Dabei wurden elf Logistikketten in Abhängigkeit vom Hackort ausgewählt und hinsichtlich ihrer Arbeitsweise näher betrachtet.

Als kostengünstigste und sogleich leistungsstärkste Logistikkette erwies sich das Harvester System bei Direktbeladung des Transportmittels mit einer Leistung von 8,17 Srm/Stunde und dabei anfallenden Kosten von € 11,19/Srm Hackgut, gefolgt vom Harvester System und der Transportmittel – Selbstbeladung. Forstspezialmaschinen wie Harwarder oder Hackschnitzelharvester brachten keine Kosten- oder Leistungsvorteile mit sich. Auch die Logistikketten „Hacken am Werksgelände“ konnten aufgrund der höheren Kosten beim Transport von Rundholz und der zusätzlichen Lagerungskosten keine Vorteile erzielen.

Im zweiten Teil der Diplomarbeit sollten drei Logistikszenerarien für drei KWK Kraftwerksstandorte im Waldviertel simuliert und hinsichtlich deren Kosten bewertet werden. Weiter zu klärende Fragen waren dabei die Festlegung eines kostenoptimalen zentralen Hack- und Lagerplatzstandortes zur Versorgung der drei Heizwerke, sowie der Kostenvergleich einer stationären und mobilen Hackanlage bzw. –maschine.

Der zentrale Hack- und Lagerplatzstandort müsste demnach im Bezirk Zwettl Niederösterreich in der Katastralgemeinde Hörmanns liegen. Die zentralen Versorgungssysteme brachten aufgrund der hohen Transportkosten bei der Auslieferung des Hackgutes keine Kostenvorteile mit sich.

Bei der dezentralen Logistikvariante wurden wesentlich bessere Kostenergebnisse erzielt. Das kostengünstigste Gesamtsystem umfasst die Aufbereitung der Biomasse mittels einer stationären Hackanlage und verursacht Kosten von € 2,56/Srm Hackgut. Auch die Systemvariante mit der mobilen Hackmaschine erreicht ein gutes Kosten – Leistungsergebnis.

Beim Kostenvergleich der Hackguterzeugung mit einem stationären und einem mobilen Hacker erwies sich die mobile Einheit bei geringem Materialbedarf als effektiver. Erst ab einem Jahresbedarf von mehr als 316.000 Srm Hackgut brachte die stationäre Hackanlage Kostenvorteile mit sich. Als Schwächen der mobilen Einheit können die geringere Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit gegenüber der stationären Hackanlage, sowie die Lärmentwicklung genannt werden.

Schlagworte:

Hackgut, Logistikkette, mobile Hackmaschine, stationäre Hackanlage

Abstract

In the first part of the diploma thesis, the various possibilities of supply chains for wood chips should be described and valued by their productivity and their costs. Therefore, eleven supply chains were selected and analyzed.

The most cost – efficient supply chain and also the one with the highest output was the “harvester system” with direct – filling of the transport system, with a productivity of 8,17 m³/h and costs of € 11,19/m³ wood chips. New harvester technology machines such as a harwarder or a woodchip – harvester didn’t offer any advantages in terms of productivity or costs. Because of the storage costs and the higher costs at the transport of round wood, the supply chains “Chipping at the power plant storage” couldn’t reach any satisfactorily cost results.

In the second part of the project, three logistic scenarios for three combined heat and power generation plants in Woodquarter, Lower Austria, should be simulated and valued by their costs. Furthermore, a cost – efficient and central location for the round wood storage and the chipping, for the supply of all power plants, should be calculated. A next important aim was the comparison of a stationary and a mobile chipping system.

To minimize the transport costs, the central chipping and storage location should be placed in the cadastral community Hörmanns in the district of Zwettl, Lower Austria. The central logistic scenarios didn’t offer any cost advantages because of the high transport costs for the delivery of the wood chips to the power plants.

The peripheral supply of the power plants reached better cost results. The most cost – efficient logistic scenario contains the preparation of the wood chips with a stationary chipping system and creates cost in the high of € 2,56/m³ wood chips. Also the mobile chipping system reaches a good cost – productivity – ratio.

At the cost comparison between the stationary chipping complex and the mobile chipping truck, the stationary system didn’t offer any cost advantages under an annual requirement of 316.000 m³ wood chips. Therefore a high-power mobile chipping truck was more cost – efficient. The lower reliability and availability in comparison to the stationary chipping system, as well as the noise development are the disadvantages of the mobile chipping system.

Keywords:

mobile chipping truck, stationary chipping system, supply chain, wood chips

Inhaltsverzeichnis:

1	EINLEITUNG	11
1.1	Energetische und politische Situation in Österreich	12
1.2	Zielsetzung.....	15
2	ALLGEMEINE GRUNDLAGEN.....	16
2.1	Erneuerbare Energieträger	16
2.2	Grundlagen der Biomasse.....	18
2.2.1	Einteilung der Biomasse	19
2.2.1.1	Feste Biomasse	20
2.2.1.2	Flüssige Biomasse.....	20
2.2.1.3	Gasförmige Biomasse.....	21
2.2.2	Energiegewinnung aus Biomasse.....	21
2.2.3	Vorteile und Motivation zur Nutzung von Biomasse	22
3	THEORETISCHE GRUNDLAGEN	23
3.1	Wassergehalt und Heizwert.....	23
3.1.1	Wassergehalt	23
3.1.2	Heizwert	24
3.2	Umrechnungsfaktoren handelsüblicher Holzvolumina	24
3.3	Größenklassen des Holzhackgutes	25
3.4	Schüttdichte des Hackgutes	25
4	BEREITSTELLUNGSMÖGLICHKEITEN VON HACKGUT	26
4.1	Gliederung der Bereitstellungsketten	26
4.1.1	Hacken im Waldbestand	27
4.1.2	Hacken an der Rückegasse	27
4.1.3	Hacken an der Waldstraße.....	27
4.1.4	Hacken am Werksgelände	27
4.2	Bereitstellungsmöglichkeiten: Hacken im Waldbestand	28
4.3	Bereitstellungsmöglichkeiten: Hacken an der Rückegasse.....	29
4.4	Bereitstellungsmöglichkeiten: Hacken an der Waldstraße.....	30
4.5	Bereitstellungsmöglichkeiten: Hacken am Werksgelände	31
4.6	Bereitstellungsmöglichkeiten: Hacken von Schlagrücklass.....	32
4.7	Gekoppelte, entkoppelte und unabhängige Bereitstellungsverfahren	33
4.7.1	Gekoppelte Bereitstellungsverfahren	33
4.7.2	Entkoppelte Bereitstellungsverfahren.....	33
4.7.3	Unabhängige Bereitstellungsverfahren	33
5	LEISTUNGSWERTE BEI DER HACKGUTBEREITSTELLUNG.....	34

5.1	Modell der Leistungsdarstellung	34
5.2	Leistungswerte der einzelnen Teilarbeitsschritte	35
5.2.1	Fällen, Aufarbeiten	35
5.2.1.1	Motormanuelles und Teilmechanisiertes Fällen und Aufarbeiten	36
5.2.1.2	Vollmechanisiertes Fällen und Aufarbeiten	38
5.2.2	Rücken	39
5.2.3	Hacken	43
5.2.3.1	Konzentration des Hackholzes	43
5.2.3.2	Abstimmung des Hack- und Transportvorganges	43
5.2.3.3	Leistungswerte Hacken	44
5.2.4	Bündeln	47
5.2.5	Transport	48
5.2.5.1	Transport von Hackholz	49
5.2.5.2	Transport von Hackgut	50
5.2.5.3	Beladesysteme beim Hackguttransport	52
5.2.5.4	Vergleich Transport Hackholz – Hackgut	54
5.2.5.5	Hinweis zur Berechnung der Transportkosten und -leistung	55
6	LAGERPLATZGESTALTUNG	58
6.1	Lagerbestimmungen	58
6.2	Hinweise zur Gestaltung eines Energieholzlagerplatzes	60
7	KOSTEN BEI DER HACKGUTBEREITSTELLUNG	61
7.1	Lohnkosten	61
7.2	Maschinenkosten	61
7.2.1	Selbstkostenrechnung Forstmaschinen und mobile Großhacker	62
7.2.2	Selbstkostenrechnung für den gewerblichen Güterverkehr	64
7.3	Übersicht Maschinenkosten	67
7.4	Gesamtkostenübersicht	68
7.5	Lagerungs- und Manipulationskosten	69
8	BERECHNUNG DER SYSTEMLEISTUNG UND –KOSTEN	70
9	BESCHREIBUNG DER AUSGEWÄHLTEN LOGISTIKKETTEN	71
9.1	Hacken im Waldbestand	71
9.1.1	Logistikkette: „Hackschnitzel – Harvester, vollmechanisiert“	71
9.2	Hacken in der Rückegasse	74
9.2.1	Logistikkette: „Aufbauhacker auf Forwarder (Timberchipper), vollmechanisiert“	74
9.3	Hacken an der Waldstraße	77
9.3.1	Logistikkette: „Forstschlepper mit Funkseilwinde, teilmechanisiert“	77
9.3.2	Logistikkette: „Forstschlepper mit Kranrückewagen, teilmechanisiert“	79
9.3.3	Logistikkette: „Zangenschlepper, teilmechanisiert“	82
9.3.4	Logistikkette: „Harvester, vollmechanisiert“	85
9.3.5	Logistikkette: „Harwarder (Forvester), vollmechanisiert“	89

9.4	Hacken am Werksgelände	92
9.4.1	Logistikkette: „Harvester - Kurzholzzug, vollmechanisiert“	92
9.4.2	Logistikkette: „Forstschlepper mit Kranrückewagen – Kurzholzzug, teilmechanisiert“	95
9.5	Hacken von Schlagrücklass	98
9.5.1	Logistikkette: „Bündelmaschine - Schlagrücklass, vollmech.“	98
9.5.2	Logistikkette: „Forstschlepper mit Kranrückewagen - Schlagrücklass, vollmechanisiert“	101
10	GESAMTKOSTEN UND -LEISTUNGEN DER LOGISTIKKETTEN	104
11	SITUATIONSBESCHREIBUNG NAWARO ENERGIE BETRIEB GMBH ...	108
11.1	Eingangsdaten zur Simulation der Logistikketten	108
11.2	Kostenberechnung der Logistik - Szenarien	109
11.2.1	Modell der Kostenkalkulation	109
11.2.2	Übersicht der Kostenkalkulation (Kostenartenrechnung)	111
11.2.3	Überlegung zur Kostenrechnung.....	112
12	SZENARIO A: „ZENTRALER HACK- UND LAGERPLATZ“	113
12.1	Darstellung des zu untersuchenden Versorgungsszenarios	113
12.2	Standortbestimmung zentraler Holzlager- und Hackplatz.....	115
12.2.1	Mögliche Fest-, Mindest- und Wunschanforderungen bei der Auswahl eines optimalen Betriebsstandortes	116
12.2.2	Eingangsdaten zur Standortauswahl des Lager- und Hackplatzes ...	116
12.2.3	Standortoptimierung.....	117
12.2.3.1	Formeln zur Berechnung des Standortschwerpunktes	117
12.2.3.2	Lokale Anforderungen bei der Standortauswahl	119
12.2.4	Beurteilung der möglichen Standorte	119
12.2.4.1	Standort Germanns.....	119
12.2.4.2	Standort Hörmanns bei Zwettl.....	119
12.2.4.3	Alternativer Standort	120
12.3	Auslegung des Energieholzlagerplatzes.....	121
12.3.1	Benötigte Lagerkapazität	121
12.3.2	Übersicht Hack- und Lagerplatz	121
12.4	Stationäre Hackanlage.....	123
12.5	Auslegung des Hackgutvorratslagers.....	125
12.6	Abstimmung des Hackguttransportes zu den KWK – Anlagen.....	126
12.6.1	Auslieferungsmenge an Hackschnitzel pro Tag	126
12.6.2	Benötigte Leistung der Hackanlage	127
12.6.3	Abtransport der Hackschnitzel	128
12.6.3.1	Berechnung der Zykluszeit je Transportstrecke	129
12.6.3.2	Benötigte LKWs zur Versorgung der KWK – Anlagen	130
12.7	Auslegung der Lagerhalle an den KWK – Standorten	135
12.8	Beschickung der Hackschnitzelbunker.....	136

12.9	Personalbedarf	138
12.10	Beispiel zur Versorgung der Heizwerke bei Lieferengpässen	139
12.11	Kostenberechnung Szenario A.....	141
12.11.1	Energieholzbeschaffung	141
12.11.2	Lagerplatz und Materialzufuhr	141
12.11.3	Hackvorgang, stationäre Hackanlage	142
12.11.4	Auslieferung der Hackschnitzel	143
12.11.5	Lagerung und Beschickung der Hackschnitzelbunker	144
12.11.6	Gesamtkostenübersicht Szenario A „zentraler Hack- und Lagerplatz“	146
13	SZENARIO B: „ZENTRALE HOLZLAGERUNG – MOBILER HACKER“ ..	148
13.1	Darstellung des zu untersuchenden Versorgungsszenarios	148
13.2	Geeignete Logistikketten zur Waldhackgut Selbstbeschaffung beim Szenario B.....	150
13.3	Verbesserungsvorschläge bei der Waldhackguterzeugung.....	151
13.4	Abstimmung Hack- und Transportvorgang	153
13.5	Standort und Auslegung des zentralen Energieholzlagerplatzes.....	154
13.5.1	Optimaler Standort des Energieholzlagerplatzes	154
13.5.2	Lagerkapazität und Infrastruktur des Rundholzlagerplatzes	155
13.5.2.1	Benötigte Lagerkapazität	155
13.5.2.2	Ausführung und Infrastruktur des Lagerplatzes	155
13.5.2.3	Übersicht Lagerplatz	155
13.6	Auslieferung des Hackgutes	156
13.7	Arbeitszeit der mobilen Hackmaschine.....	158
13.8	Lagerung und Beschickung beim Heizwerk	158
13.9	Arbeitsablaufsbeschreibung Szenario B	158
13.10	Personalbedarf.....	159
13.11	Kostenberechnung Szenario B.....	160
13.11.1	Zentraler Lagerplatz	160
13.11.2	Hackvorgang	161
13.11.3	Auslieferung.....	161
13.11.4	Lagerung und Beschickung	162
13.11.5	Gesamtkostenübersicht, Szenario B	163
14	SZENARIO C: „DEZENTRALE HOLZLAGERUNG – UNGEHACKT“	165
14.1	Darstellung des zu untersuchenden Versorgungsszenarios	165
14.2	Entscheidungsgrundlagen „Mobiler oder stationärer Hacker“	167
14.3	Stationäre Hackanlage	168
14.3.1	Allgemeines.....	168
14.3.2	Technische Ausführungen	168
14.4	Mobile Hackmaschinen.....	172

14.4.1	Allgemeines.....	172
14.4.2	Technische Ausführungen	172
14.5	Stationäre Hackanlage am Beispiel Altweitra	175
14.5.1	Größenwahl der stationären Hackmaschine	175
14.5.2	Eingangsdaten zur Hackerauswahl am Standort Altweitra.....	175
14.5.2.1	Mindestens erforderliche Hackerleistung	175
14.5.2.2	Eingangsdaten bezüglich des Rohstoffes	175
14.5.3	Auswahl der stationären Hackmaschine	178
14.5.4	Lagebeschreibung der stationären Hackanlage.....	180
14.5.5	Technische Beschreibung, Materialfluss.....	181
14.5.5.1	Materialzufuhranlage mit Hackmaschinengebäude	181
14.5.5.2	Hackschnitzelpile (Hackschnitzelvorratslager)	182
14.5.5.3	Hackgutbunker mit Förderbandbeschickung.....	183
14.5.6	Auslegung des Energieholzlagerplatzes	184
14.5.7	Arbeitsablaufbeschreibung stationäre Hackguterzeugung.....	185
14.5.8	Personalbedarf.....	186
14.5.9	Kostenberechnung Szenario C „dezentraler Holzlagerplatz – ungehackt, stationäre Hackanlage“	187
14.5.9.1	Hackvorgang.....	187
14.5.9.2	Lagerung, Materialzufuhr und Bunkerbeschickung	188
14.5.9.3	Gesamtkostenübersicht Szenario C „dezentraler Holzlagerplatz – ungehackt, stationäre Hackanlage“	190
14.6	Mobile Hackguterzeugung am Beispiel Altweitra.....	191
14.6.1	Eingangsdaten zur Auswahl eines mobilen Hackguterzeugers.....	191
14.6.2	Lagerhalle (Vorratslager) und Energieholzlagerplatz	193
14.6.3	Arbeitsablaufbeschreibung mobile Hackguterzeugung	194
14.6.3.1	Holzzufuhr mittels Materialumschlaggerät	194
14.6.3.2	Hackvorgang.....	195
14.6.3.3	Bunkerbeschickung.....	195
14.6.4	Personalbedarf.....	195
14.6.5	Kostenberechnung Szenario C „dezentraler Holzlagerplatz – ungehackt, mobiler Hacker“	197
14.6.5.1	Hackvorgang.....	197
14.6.5.2	Lagerung, Materialzufuhr und Bunkerbeschickung	198
14.6.5.3	Gesamtkostenübersicht Szenario C „dezentraler Holzlagerplatz – ungehackt, mobiler Hacker“	200
14.7	Vergleich Insourcing und Outsourcing der Hackguterzeugung	201
14.7.1	Selbstkosten einer mobilen Hackmaschine.....	201
14.7.2	Unternehmer - Stundensatz mobile Hackmaschine	202
14.7.3	Kostenvergleich in Abhängigkeit der Einsatzstunden.....	202
14.7.4	Entscheidungskriterien beim Ankauf eines mobilen Hackers.....	203
14.8	Kostenvergleich Stationärer – mobiler Hacker.....	204
15	ERGEBNISVERGLEICH DER LOGISTIKSZENARIEN	206
15.1	Zentrale Holzlagerung, Szenario A und B	206
15.2	Dezentrale Holzlagerung, Szenario C	207
15.3	Bewertung der Logistikszenarios.....	208

16	VERZEICHNISSE	209
16.1	Abbildungsverzeichnis	209
16.2	Tabellenverzeichnis	212
16.3	Formelverzeichnis.....	215
16.4	Literaturverzeichnis und Websites.....	216
16.5	Schriftliche Mitteilungen.....	219
16.6	Mündliche Mitteilungen	219
17	ANHANG	220
17.1	Kostenübersicht Szenario A, Standort Altweitra.....	220
17.2	Kostenübersicht Szenario B, Standort Altweitra.....	221
17.3	Kostenübersicht Szenario C, stationäre Hackanlage, Standort Altweitra	222
17.4	Kostenübersicht Szenario A, mobile Hackmaschine, Standort Altweitra	223
17.5	Daten Energieholz - Lagerplatz und Hackgutlagerung	224
17.6	Daten Personal	224
17.7	Daten Maschinen.....	225
17.8	Daten Stationäre Hackanlage.....	227
17.9	Daten Mobile Hackmaschine	229
17.10	Abkürzungen.....	230

1 Einleitung

Klimaschutz und Energieproduktion sind stark miteinander verbunden. Für den Klimawandel wird der stark ansteigende Ausstoß von treibhauswirksamen Gasen, wie Kohlendioxid, Methan, Distickstoffoxid, usw. verantwortlich gemacht. Die Emission von Treibhausgasen verstärkt den natürlichen Treibhauseffekt und führt zu einer globalen Erderwärmung. Laut den Aussagen des UNO – Klimaberichtes¹ stieg der CO₂ - Gehalt in der Luft in den Jahren von 1995 bis 2005 mit 1,9 ppm pro Jahr höher als seit es Messungen gibt (1960 - 2005: 1,4 ppm pro Jahr). Hauptgrund für den massiven Anstieg der CO₂ – Konzentration ist die Verbrennung fossiler Energieträger, die hauptsächlich zur Erzeugung von Energie verwendet werden.

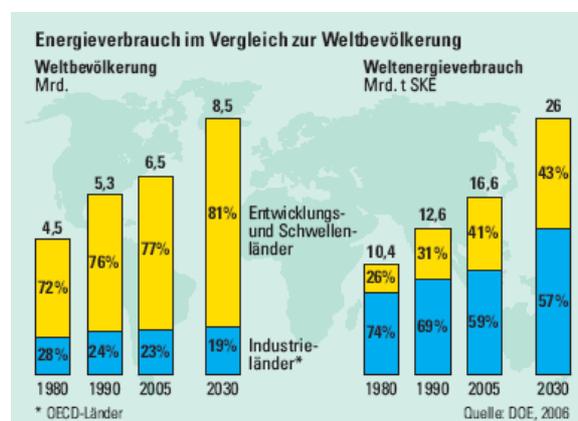


Abbildung 1: Energieverbrauch im Vergleich zur Weltbevölkerung²

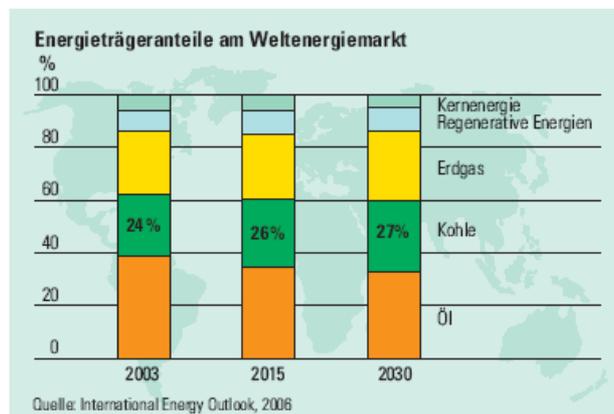


Abbildung 2: Energieträgeranteile am Weltenergiemarkt³

Aus der Abbildung 1 und Abbildung 2 ist zu erkennen, dass auch in Zukunft der Weltenergieverbrauch unaufhaltsam ansteigen wird. Auch bei den Energieträgern ist kein Umdenken in Aussicht. Bis 2030 werden weiterhin fast mehr als 90 % der gesamten Energie durch Einsatz von fossilen Brennstoffen erzeugt. Dies steht

¹ vgl. <http://www.biomasseverband.at> (20.08.07)

² vgl. http://www.qvst.de/site/steinkohle/versorgungssicherheit_oel_gas.htm (20.08.07)

³ vgl. http://www.qvst.de/site/steinkohle/versorgungssicherheit_oel_gas.htm (20.08.07)

natürlich wieder direkt im Zusammenhang mit einem weiteren Anstieg des CO₂ – Gehaltes in der Luft. Dadurch sind der Klimawandel und die globale Erderwärmung kaum aufzuhalten.

Bei einem weiteren Anstieg der Treibhauskonzentration in der Luft würde das zu schwerwiegenden Veränderungen im Ökosystem führen.

Auswirkungen des globalen Klimawandels sind:

- die Luft- und Meerestemperaturen steigen an
- die Gletscher schmelzen weltweit ab
- der Meeresspiegel steigt
- extreme Wetterereignisse: Hitzewellen, Wirbelstürme, Überflutungen, Dürren,...
- Einschränkung der Biodiversität → z.B. Höhenwanderung der Tier- und Pflanzenarten in den Alpen

Um die Veränderungen im globalen Ökosystem zu stoppen oder zu vermindern sind grundsätzlich vier Möglichkeiten vorhanden:

- Einsparen von Energien
- Rationelle und effiziente Energienutzung
- Einsatz von kohlenstoffarmen und erneuerbaren Energien
- Teilweise Anpassung an den Klimawandel

1.1 Energetische und politische Situation in Österreich

Der Bruttoinlandsverbrauch in Österreich steigt seit dem Jahr 1970 kontinuierlich an. Auch von 2004 bis 2005 ist der BIV um 3,6 % gestiegen. Das heißt, dass der weltweite Trend des immer höheren Energieverbrauches auch in Österreich aktuell ist. Die Anteile der erneuerbaren Energieträger am Bruttoinlandsverbrauch sind jedoch günstiger verteilt als im weltweiten Durchschnitt.

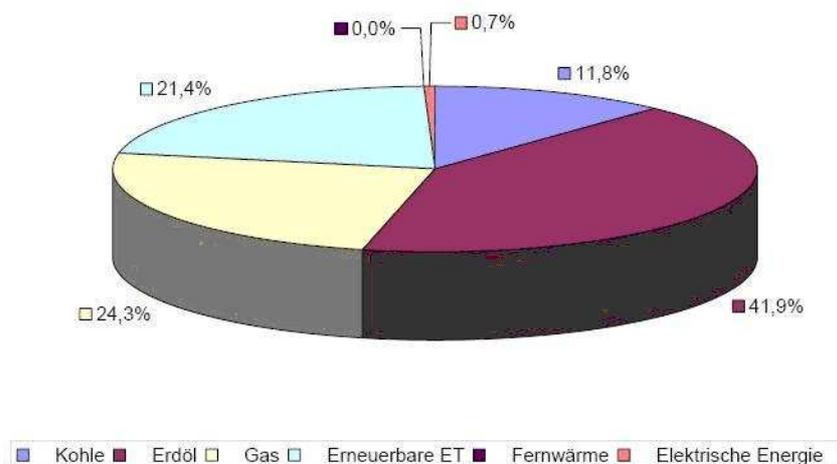


Abbildung 3: Energiebilanz Österreich 2005, Bruttoinlandsverbrauch⁴

⁴ vgl.

http://www.statistik.at/web_de/static/die_energiesituation_oesterreichs_im_jahr_2005_mit_statistische_n_uebersich_022671.pdf (21.08.07)

Fast schon ein Viertel der verbrauchten Gesamtenergie wird durch erneuerbare Energieträger erzeugt (vergleiche Abbildung 3). Trotz dieser positiven Erscheinung sind die Treibhausgasemissionen seit 1990 um fast 15 Mio. Tonnen angestiegen (siehe Abbildung 4). Damit rangiert Österreich im europäischen Vergleich bei der Entwicklung der CO₂ – Emissionen/Kopf im hinteren Feld.

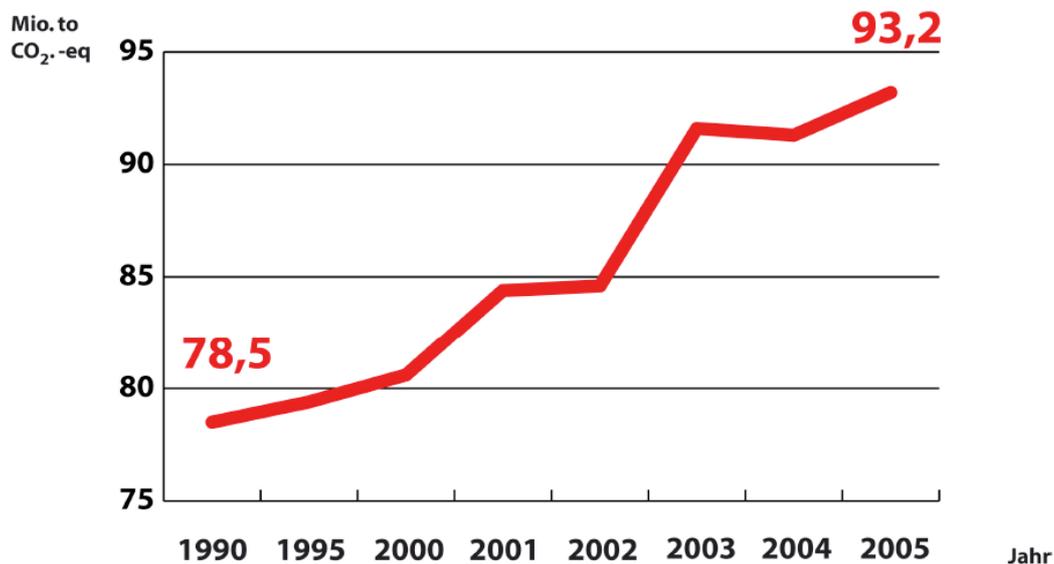


Abbildung 4: Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Österreich⁵

Bei einer Beibehaltung der derzeitigen Energiepolitik, wird Österreich weit an den Vorgaben des Kyoto – Protokolls von 1997 vorbeischnappen. Das Kyoto – Protokoll beinhaltet ein verbindliches Treibhausgas – Reduktionsziel das an die Industriestaaten gerichtet ist und vorsieht die sechs wichtigsten Treibhausgase (CO₂, CH₄, N₂O, H-FKW, P-FKW, SF₆) um 5,2 % gegenüber dem Jahre 1990 zu senken.⁶ Österreich hat sich mit der Unterzeichnung verpflichtet, bis zur Kyoto – Zielperiode von 2008 bis 2012, seine Treibhausgase um 13 % zu verringern. Durch die negative Entwicklung der Emissionen in Österreich hat sich bis 2004 eine Veränderung der Treibhausgase von + 3 % anstatt – 6,5 % ergeben. Damit würde das Kyotoziel um 23 bis 32 Mio. Tonnen CO₂-eq von Österreich verfehlt werden.

Zugleich wird die österreichische Energiepolitik auch von den Vorgaben der Europäischen Union bestimmt. Der EU – Rat vom 9. März 2007 beschloss bis 2020 folgende Ziele:

- 20 % weniger CO₂ – Emissionen gegenüber 1990
- 20 % erneuerbare Energien (derzeit 7 %)
- 10 % Biotreibstoffe

Im Hinblick auf die Erreichung der Kyoto – Ziele und der Vorgaben der EU – Richtlinien wurden vom österreichischen Ministerrat im März 2007 Anpassungen der Klimastrategie und Klimapolitik vorgenommen.

⁵ vgl.

http://www.biomasseverband.at/static/mediendatenbank/root01/6.%20Presse/6.4%202007/Oekostrom_gesetz%20neu%20%E2%80%93%20aber%20welches/KlimaEnergie_Fakten.pdf (21.08.07)

⁶ vgl. <http://homepage.univie.ac.at/robert.prevedel/Kyoto-Protokoll.ppt#3> (21.08.07)

Diese Anpassungen beinhalten folgende Forderungen an die Umweltstrategie:⁷

- Effizienz bei der Energieverwendung steigern
- Erneuerbare Energien fördern → Anteil erneuerbarer Energieträger am Gesamtenergieverbrauch auf mindestens 25 % bis 2010 und auf 45 % bis 2020 aufkommensneutral zu steigern
 - Ökostromförderung → 10 % Ökostrom bis 2010
 - Erhöhung des Anteiles der erneuerbaren Stromerzeugung auf 85 % bis 2020
 - Ausbau leitungsgebundener Biomasse – Wärme
 - Forcierung von Biokraftstoffen einschließlich Biogas → Anteil von alternativen Kraftstoffen bis 2010 auf 10 % zu steigern
- Erhöhung des Biomasseeinsatzes um 75 %

Anhand dieser Fakten ist es ersichtlich, dass in Zukunft die fossilen Energieträger immer mehr durch die erneuerbare Energien substituiert werden sollen. Aufgrund des bereits am 1. Jänner 2003 in Kraft getretenen Ökostromgesetzes, sollte die Erzeugung von Elektrizität aus erneuerbaren Energien attraktiv gemacht werden. Durch den damit ausgelösten Boom zur Planung und Errichtung von Biomassekraftwerken steigt seitdem die Nachfrage nach fester Biomasse stetig an.

Eine effiziente Gestaltung der Bereitstellungslogistik von Waldhackgut, sowie die Motivation zur Bereitstellung von Hackgut durch die Land- und Forstwirtschaft ist nötig um diesen Bedarf an Hackgut decken zu können.

Neben dem Problem der Bedarfsdeckung der Biomasse, wird die kontinuierliche Versorgung der Kraftwerke mit Hackgut in entsprechender Qualität für die Kraftwerksbetreiber immer schwieriger. Platzmangel bei der Lagerung des Energieholzes beim Heizwerk, sowie die starke Staub- und Lärmbelastung der Anrainer bei der Aufbereitung des Hackgutes, stellt die Betreiber vor immer größere Probleme bei der Versorgung der Heizwerke. Aufgrund dieser Restriktionen ist eine gut durchdachte und kosten- als auch leistungseffiziente Logistikkette zur Versorgung eines Biomasseheizwerkes unabdingbar.

⁷ vgl. <http://umwelt.lebensministerium.at/filemanager/download/20039/> (21.08.07)

1.2 Zielsetzung

Der erste Teil der vorliegenden Diplomarbeit umfasst eine Übersicht über die Vielzahl an Logistikketten zur Bereitstellung von Waldhackgut. Ausgewählte Logistiksysteme werden dabei hinsichtlich deren Leistung und den dabei auftretenden Selbstkosten bewertet und beschrieben.

Im zweiten Teil werden drei Versorgungs- und Aufbereitungsszenarien für drei Standorte von Biomasseheizwerke der Firma NAWARO Energie Betrieb GmbH simuliert und kostenmäßig erfasst. Im Detail sollen dabei folgende Fragen geklärt werden:

- Berechnung eines kosten- und transportleistungsoptimalen Hack- und Lagerplatzstandortes zur Versorgung der drei Kraft – Wärme – Kopplungsanlagen
- Planung der Arbeitsabläufe der zu untersuchenden Szenarien
- Kostenkalkulation der Versorgungsszenarien und Kostenüberwälzung auf das bereitgestellte Hackgut
- Beschreibung und Kostenvergleich zwischen den Hackgutaufbereitungsvarianten „Stationäre Hackanlage“ und „Mobile Hackmaschine“

2 Allgemeine Grundlagen

2.1 Erneuerbare Energieträger

Unter erneuerbarer Energie versteht man Energie aus nachhaltigen Quellen, die nach menschlichem Ermessen unerschöpflich sind. Das Prinzip ihrer Nutzung besteht darin, dass aus den in der Umwelt laufend stattfindenden Prozessen Energie abgezweigt und der technischen Verwendung zugeführt wird.

Die Energieströme der erneuerbaren Energien entspringen unterschiedlichen Primärquellen. Diese Quellen sind

- die thermonukleare Umwandlung in der Sonne,
- der radioaktive Zerfall im Erdinneren und
- die Erdrotation und den damit verbundenen Effekten (Gezeiten).

Aus diesen Energiequellen ergeben sich nun folgende nutzbare Energieströme:

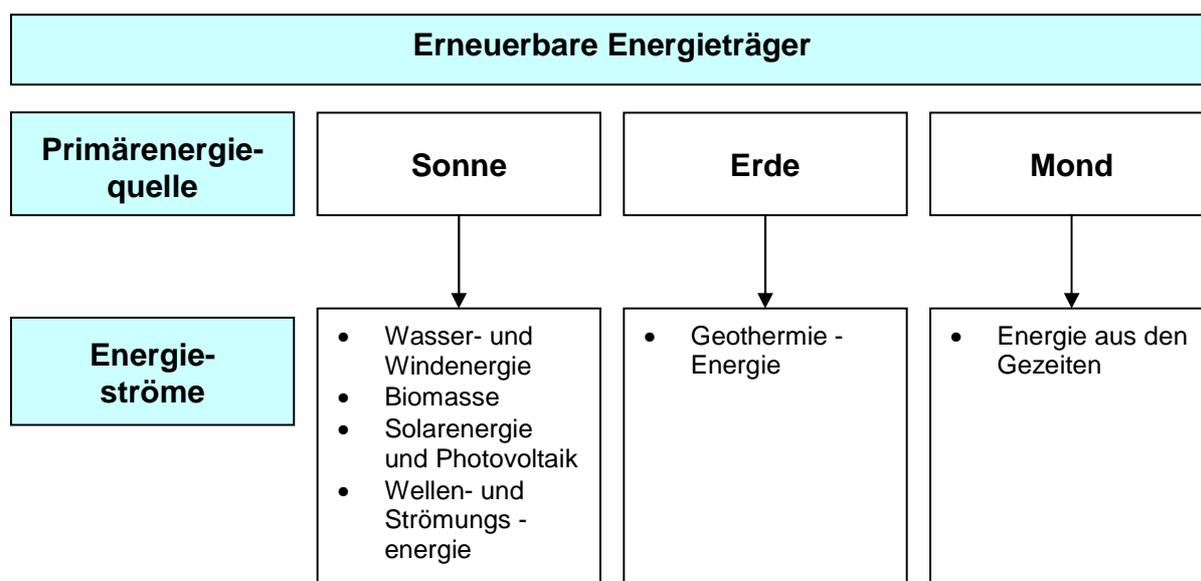


Abbildung 5: Quellen der erneuerbaren Energieträger

Um das unermessliche Potential der erneuerbaren Energien abschätzen zu können ist folgender Hinweis gegeben:⁸

Die Sonne bestrahlt die äußere Erdatmosphäre jährlich mit $1,5 \cdot 10^{18}$ kWh. Dabei werden von der Erdoberfläche etwa 30 % direkt reflektiert. Zur Erwärmung der Landmassen tragen 11 %, also $1,7 \cdot 10^{17}$ kWh, der gesamten Sonneneinstrahlung bei. Im Vergleich dazu beläuft sich der menschliche Energieverbrauch von 2005 auf $16,6 \cdot 10^9$ to SKE, was in etwa $1,35 \cdot 10^{14}$ kWh sind. Somit kann festgestellt werden, dass es nicht an der Verfügbarkeit von Energie mangelt, sondern an der Technologie diese zu nutzen.

⁸ vgl. Kornell u.a., 2006, S.26

Der vermehrte Einsatz von erneuerbarer Energie in der Energieproduktion kann eine Strategie zur Abwendung oder zur Eindämmung der globalen Erderwärmung sein. Da bei ihrer Nutzung kaum Treibhausgase entstehen bzw. nur so viele, als sie im Laufe ihrer Lebensdauer aufgenommen haben (Biomasse), tragen sie maßgeblich zum Umweltschutz bei.

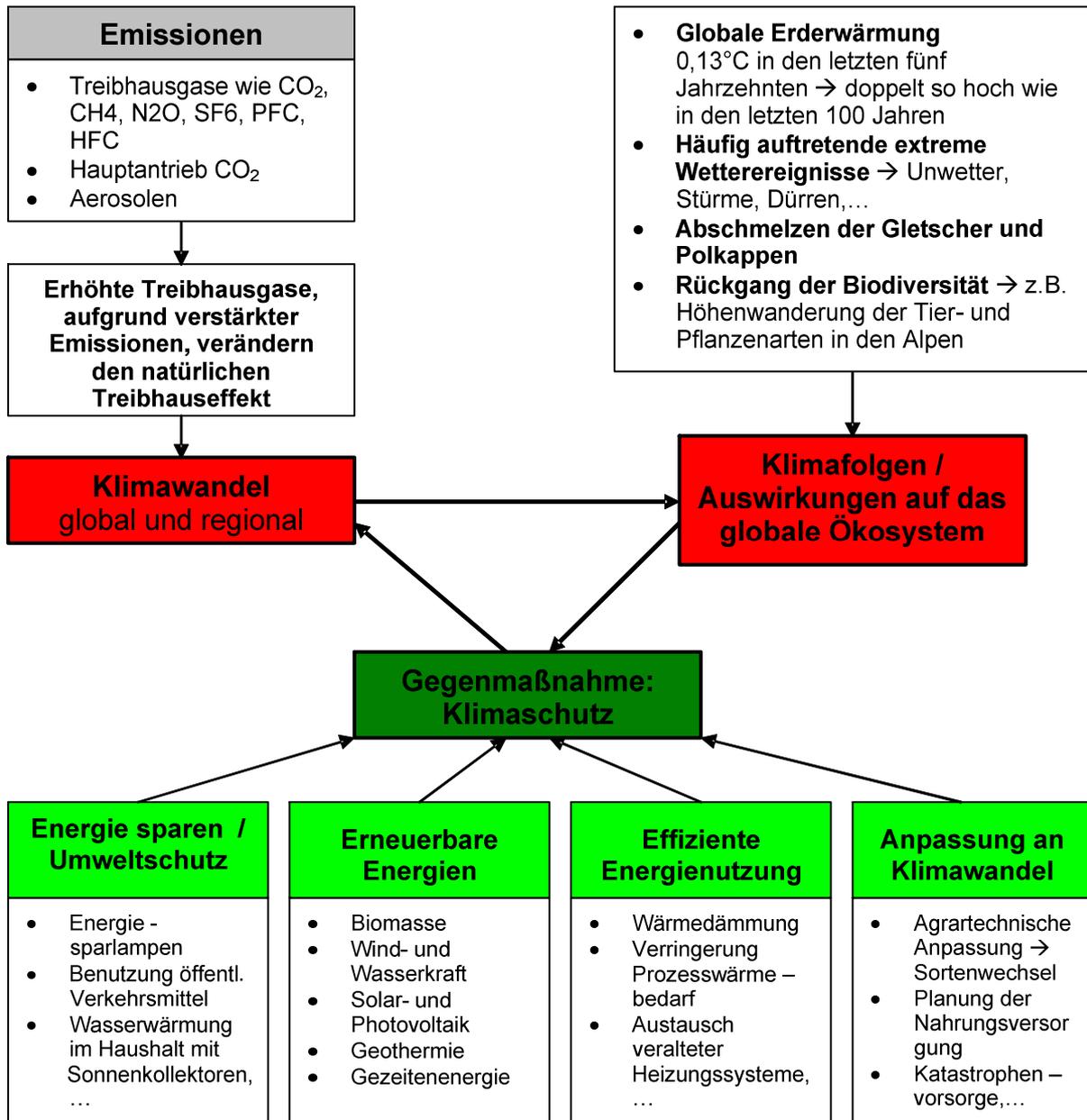


Abbildung 6: Zusammenwirkung von Klimawandel, Klimafolgen und Klimaschutz

2.2 Grundlagen der Biomasse

Laut ÖNORM M 7101 ist „Biomasse“ wie folgt definiert: "Unter dem Begriff Biomasse versteht man alle organischen Stoffe biogener, nicht fossiler, Art und umfasst also in der Natur lebende und wachsende Materie und daraus resultierende Abfallstoffe, sowohl von der lebenden als auch schon abgestorbener organischer Masse“.

Biomasse ist also chemisch gespeicherte Sonnenenergie, die Pflanzen mit Hilfe der Photosynthese, unter der Einbindung von Kohlendioxid CO_2 in der Luft, in organische Substanz, unter anderem Kohlenhydrate und Sauerstoff, umwandeln. Bei der Verbrennung von Biomasse, also Holz, Pflanzen oder organischen Abfällen, wird diese gespeicherte Energie wieder freigesetzt. Dadurch ist Biomasse in ihrer Gesamtbilanz vom Beginn des Wachstums bis zum Ende der Verbrennung als CO_2 – neutral zu sehen und kann so zur Verminderung des CO_2 – Belastung in der Luft beitragen.

CO_2 – neutraler Kreislauf der Biomasse:

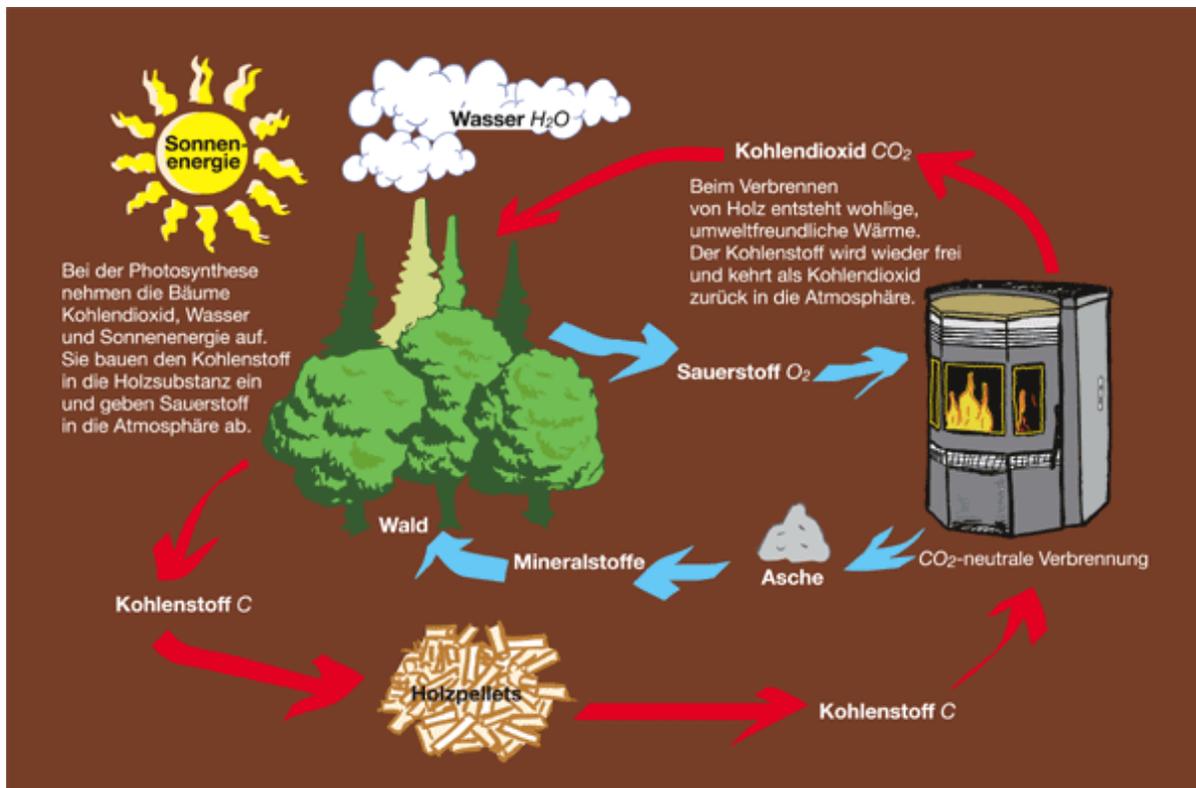
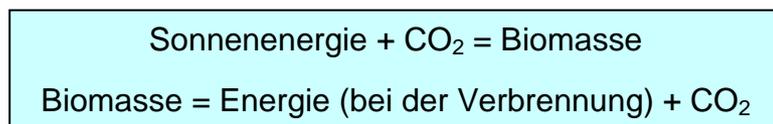


Abbildung 7: CO_2 - neutraler Kreislauf der Biomasse⁹

⁹ vgl. <http://www.biomasseverband.at/biomasse/?cid=1749> (21.08.07)

2.2.1 Einteilung der Biomasse

Biomasse lässt sich in drei verschiedene Gruppen von Energieträgern einteilen:

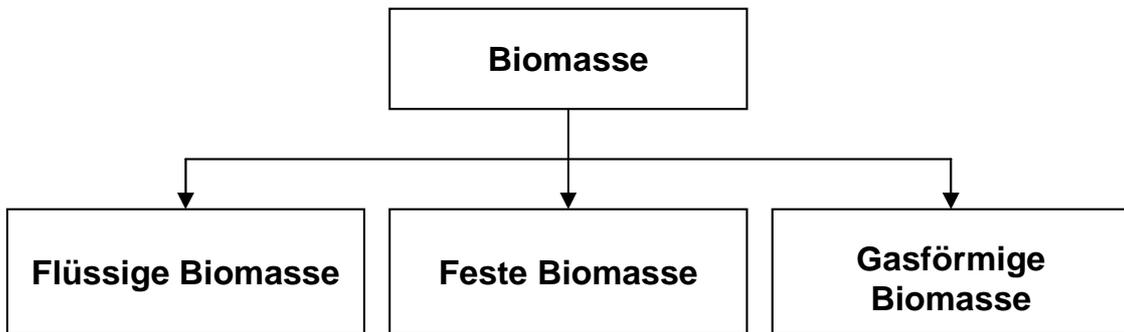


Abbildung 8: Einteilung der Biomasse

Weiters können den unterschiedlichen Formen der Biomasse noch die Herkunft der Energiequellen zugeteilt werden.

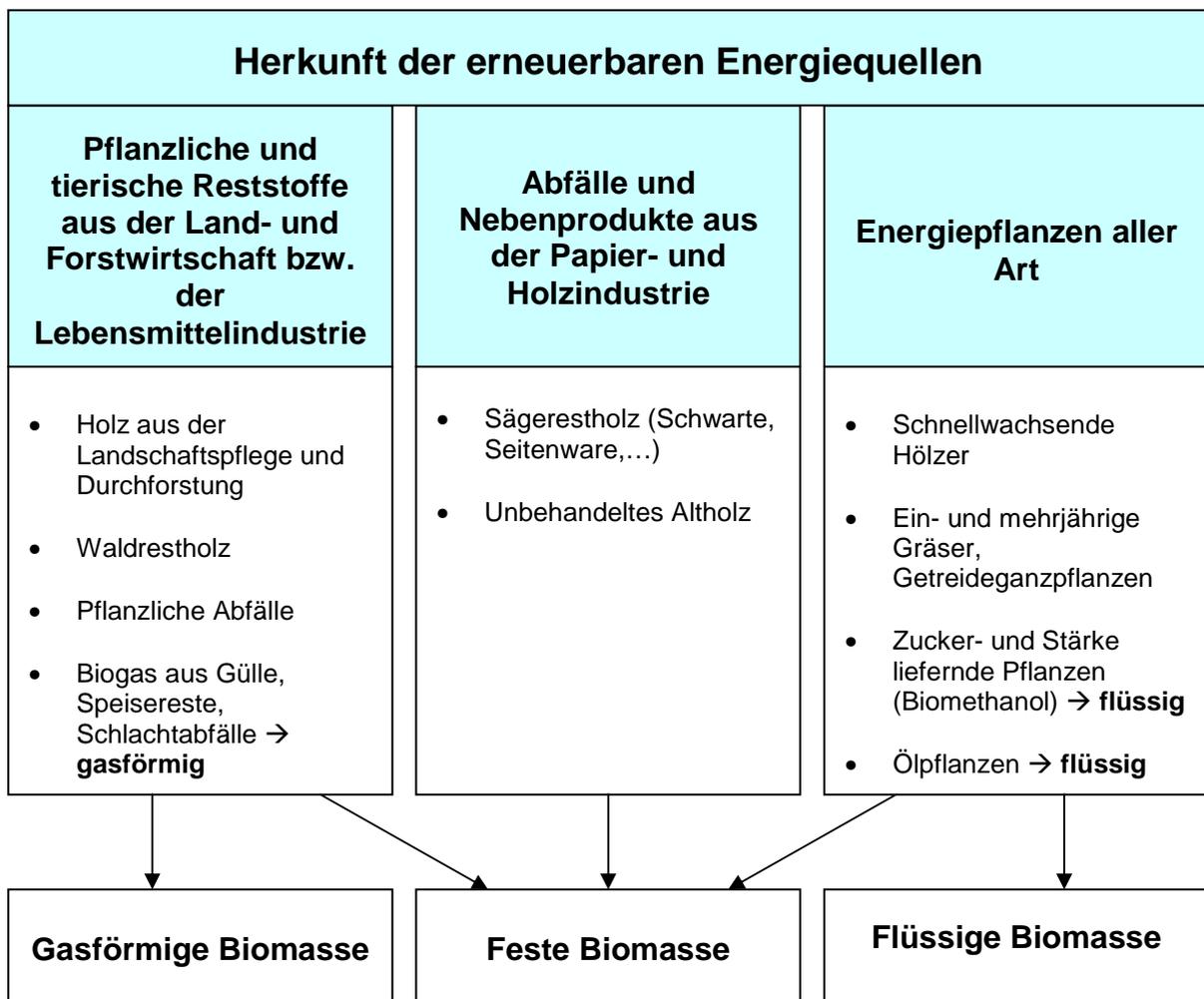


Abbildung 9: Energiequellen der Biomasse

2.2.1.1 Feste Biomasse

Biomasse, die als Festbrennstoff eingesetzt werden kann, resultiert aus verschiedenen Ausgangsmaterialien und ist damit auch teilweise durch sehr unterschiedliche Eigenschaften gekennzeichnet.

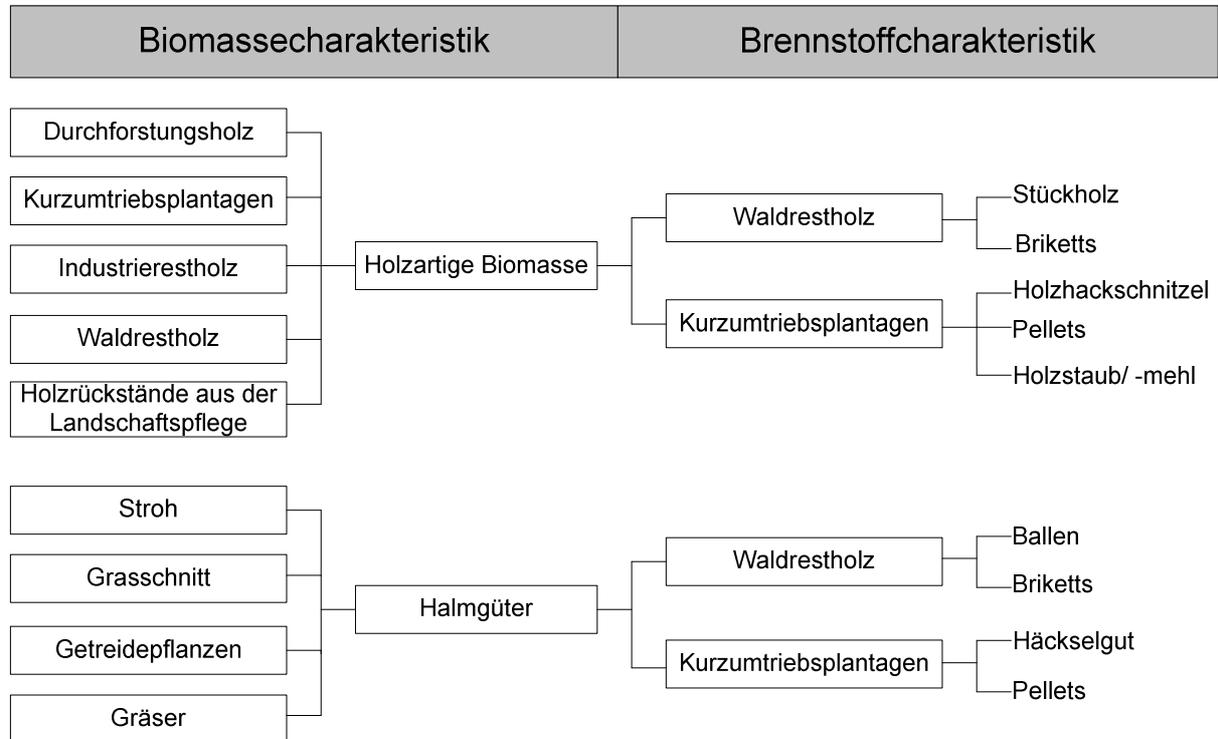


Abbildung 10: Übersicht Feste Biomasse- und Brennstoffcharakteristik¹⁰

Die biogenen Rohstoffe lassen sich in Hölzer und Halmgüter unterteilen. In Österreich überwiegt dabei der Anteil der holzartigen Biomassebrennstoffe die sich aus Durchforstungsholz, Energiewäldern, Waldrestholz, Industrierestholz und Holzrückstände aus der Landschaftspflege zusammensetzen. Zu den halmgutartigen Brennstoffen werden Stroh, Getreideganzpflanzen und Gräser aus der Landschaftspflege gezählt. Unter dem in der Skizze nicht berücksichtigten Begriff „Biomasse aus Früchten“, versteht man Früchte von Sträuchern und Bäumen die als Biomasse genutzt werden.

2.2.1.2 Flüssige Biomasse

Unter flüssiger Biomasse versteht man das aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnene Pflanzenöl und deren Raffinerieprodukten. Das Pflanzenöl wird dabei hauptsächlich aus ölreichen Pflanzen wie Raps oder Sonnenblumen gewonnen. Durch den hohen Ölgehalt im Samen des Rapses (bis zu 45 %) eignet sich dieser zur Herstellung von Biodiesel. Weiters werden auch Altspeiseöle und Fette aus dem Haushalt und der Gastronomie gesammelt und zu Biodiesel verarbeitet.

Große Bedeutung hat die Erzeugung von so genanntem Agraralkohol, besser bekannt als Bioethanol aus Biomasse. Dabei wird aus Pflanzen mit hohem Stärke

¹⁰ vgl. Kaltschmitt, 1997, S.17

und Zuckergehalt, wie Getreide oder Zuckerrüben, ein Substitut für Benzin hergestellt.

2.2.1.3 Gasförmige Biomasse

Als Ausgangsstoffe für die Gewinnung von Biogas zählen

- vergärbare, biomassehaltige Speisereste, Bioabfall oder Klärschlamm,
- Dünger und Ernterückstände aus der Landwirtschaft (Gülle),
- gezielt angebaute nachwachsende Rohstoffe (Energiepflanzen),
- Pflanzen aus der Landschaftspflege und Reste aus der Gemüseverarbeitung.

2.2.2 Energiegewinnung aus Biomasse¹¹

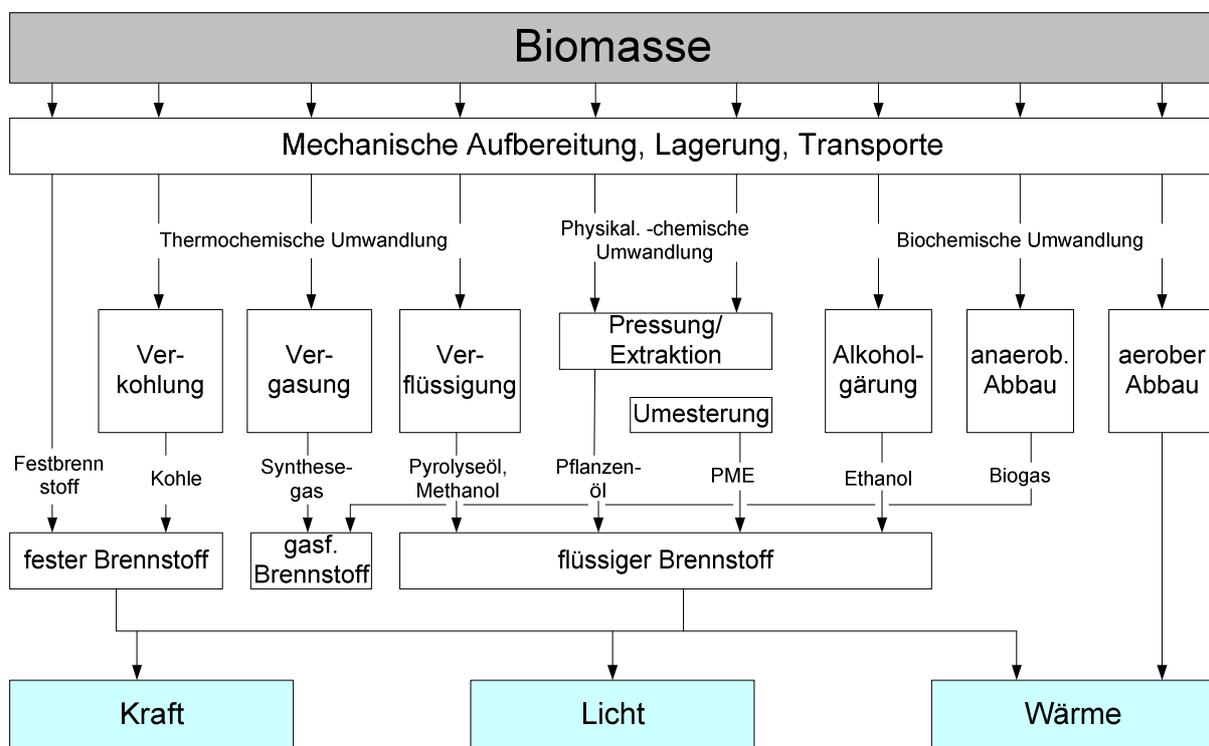


Abbildung 11: Energiegewinnung aus Biomasse¹²

Bei den thermochemischen Veredelungsverfahren erfolgt die Umwandlung unter Einfluss von Wärme. Dabei muss zwischen Vergasung, Verkohlung und Verflüssigung unterschieden werden.

Bei der Vergasung wird die Biomasse bei hohen Temperaturen möglichst vollständig in Brenngase umgewandelt. Dabei wird dem Prozess ein sauerstoffhaltiges Vergasungsmittel zugeführt (z.B. Luft). Die Verkohlung beschreibt die Veredelung der Biomasse mit dem Ziel eine möglichst hohe Ausbeute an Festbrennstoff zu erlangen. Die Biomasse wird dabei thermisch zersetzt, wobei die erforderliche Prozesswärme häufig durch Teilverbrennung des Rohstoffes bereitgestellt wird. Bei

¹¹ vgl. Kaltschmitt, 1997, S.16f

¹² vgl. Kaltschmitt, 1997, S.22f

der Verflüssigung werden die organischen Stoffe unter dem Einfluss von Wärme, mit dem Ziel einer möglichst hohen Ausbeute an flüssigen Energieträgern, veredelt. Zu den gängigsten Verfahren zählen hierbei die Pyrolyse, die chemische Reduktion und die Methanolsynthese.

Die physikalisch-chemische Umwandlung wird durch Pressung und/oder Extraktion der Raps- oder Sonnenblumensaat Pflanzenöl erzeugt. Durch die Pressung wird die flüssige Biomasse mechanisch von der festen Phase, vom Presskuchen, getrennt. Durch eine nachfolgende chemische Umwandlung, die Umesterung, kann das Pflanzenöl an die Eigenschaften von Dieselkraftstoff angepasst werden.

Bei der biochemischen Veredelung der Biomasse erfolgt die Umwandlung von Biomasse in Energie mit Hilfe von Mikroorganismen. Beim anaeroben Abbau organischer Stoffe, das heißt unter Sauerstoffabschluss, entsteht ein wasserdampfgesättigtes Mischgas (Biogas), das zu 50 bis 70 % aus Methan besteht. Es kann in Gasbrennern oder Motoren genutzt werden. Beim aeroben Abbau wird die Biomasse mit Luftsauerstoff unter Wärmefreisetzung oxidiert. Die freigesetzte Wärme kann mit Hilfe von Wärmepumpen gewonnen werden und in Form von Niedertemperaturwärme genutzt werden.

Zucker-, stärke- und zellulosehaltige Biomasse kann durch alkoholische Gärung in Ethanol übergeführt und durch Destillation nahezu in Reinform gewonnen werden. Ethanol kann als Treib- oder Brennstoff in Motoren oder Verbrennungsanlagen genutzt werden.

2.2.3 Vorteile und Motivation zur Nutzung von Biomasse

Die Argumente für das Engagement der Biomassenutzung sind vielfältig. Für die verstärkte Nutzung von Biomasse sprechen insbesondere:

- Energiepolitische Gründe
 - Streckung der fossilen Energieträger
 - Hohe Flexibilität, Unabhängigkeit und Versorgungssicherheit bei der Wahl der Energieträger
- Ökonomische Gründe
 - Neues Betätigungsfeld der Wirtschaft
 - Entlastung des Schwachholzmarktes
- Ökologische Gründe
 - Nahezu geschlossener CO₂ – Kreislauf
 - Sichere Lagerung und Transport (keine Explosionsgefahr)
 - Bewusster Umgang mit der Energie
- Agrarpolitische Gründe
 - Alternative Möglichkeit zur Nutzung landwirtschaftlicher Flächen, die zur Nahrungsmittelerzeugung nicht mehr benötigt werden
 - Neue Einkommensquelle für Land- und Forstwirtschaft
- Regionalpolitische Gründe
 - Höhere Wertschöpfung der regionalen Wirtschaft, da die Geldflüsse zur Versorgung der Biomasseheizwerke in der Region bleiben

3 Theoretische Grundlagen

Das Naturprodukt Holz hat je nach Holzart eine unterschiedliche und breite Streuung hinsichtlich seiner Eigenschaften. Für Energieberechnungen sind vor allem der Wassergehalt und der Heizwert von Bedeutung. Weiters ist eine einheitliche Umrechnung der handelsüblichen Holzvolumina für eine vergleichbare Kalkulation unabdingbar. Die angeführten Begriffe und Abbildungen sind aus der ÖNORM M - 7132 „Energiewirtschaftliche Nutzung von Holz und Rinde als Brennstoff“ und aus der ÖNORM M - 7133 „Energiehackgut und Prüfbestimmungen“ entnommen.

3.1 Wassergehalt und Heizwert

3.1.1 Wassergehalt

Wassergehalt und Holzfeuchtigkeit sind in der Formel 1 ineinander umzurechnen:

$$w = \frac{100 * u}{100 + u} \quad \text{und} \quad u = \frac{100 * w}{100 - w}$$

Formel 1: Zusammenhang Wassergehalt und Holzfeuchte (ÖNORM M 7132)

w....Wassergehalt in % der Masse

u.....Holzfeuchtigkeit in % der Masse

Klasseneinteilung des Hackgutes in Abhängigkeit des Wassergehaltes (ÖNORM M 7133):

- Holzhackgut W 20:
Wassergehalt $w \leq 20$ % (lufttrockenes Holzhackgut)
- Holzhackgut W 30:
Wassergehalt $20 \% < w \leq 30$ % (lagerbeständiges Holzhackgut)
- Holzhackgut W 35:
Wassergehalt $30 \% < w \leq 35$ % (beschränkt lagerbeständiges Holzhackgut)
- Holzhackgut W 40:
Wassergehalt $35 \% < w \leq 40$ % (feuchtes Holzhackgut)
- Holzhackgut W 50:
Wassergehalt $40 \% < w \leq 50$ % (erntefrisches Holzhackgut)

3.1.2 Heizwert

Der Heizwert der feuchten Gesamtsubstanz mit einem Wassergehalt (w) ist mit der Formel 2 zu berechnen:

$$H_{u,w} = \frac{H_{u,wf} * (100 - w) - 2,44 * w}{100}$$

Formel 2: Heizwert (ÖNORM M 7132)

$H_{u,w}$...Heizwert in MJ/kg bei einem Wassergehalt von w

$H_{u,wf}$...Heizwert der wasserfreien Substanz in MJ/kg

2,44...Verdampfungswärme des Wassers in MJ/kg, bezogen auf 25 °C

3.2 Umrechnungsfaktoren handelsüblicher Holzvolumina

Sortiment	1 Raummeter bzw. Schüttraummeter enthält Festmeter
Rollen, Scheiter, Prügel 1 m lang, geschichtet	0,70 fm/rm
Knüppel, Äste, Reisig geschichtet	0,35 fm/rm
Waldhackgut/Sägehackgut geschüttet	
G 30	0,40 fm/Srm
G 50	0,33 fm/Srm
Schwarten: - lose; geschichtet	0,60 fm/rm
- gebündelt	0,65 fm/rm
Spreißel: - lose	0,55 fm/rm
- gebündelt	0,60 fm/rm
Sägespäne, geschüttet	0,33 fm/Srm
Hobelspäne, geschüttet	0,20 fm/Srm
Rinde geschüttet	0,30*) fm/Srm
*) Dieser Wert ist sehr stark von der Art der Rinde abhängig.	

Tabelle 1: Mittlere Umrechnungswerte (Richtwerte) von Raummeter und Schüttraummeter in Festmeter handelsüblicher Holzvolumina (ÖNORM M 7132)

3.3 Größenklassen des Holzhackgutes

Gesamtmasse 100 %		Hackgut - Größenklassen		
		G 30 fein	G 50 mittel	G 100 grob
Grobanteil max. 20 %	Querschnitt max. cm ²	3	5	10
	Länge max. cm ²	8,5	12	25
	Grobsieb-Nenn-Maschenweite mm	16	31,5	63
Hauptanteil 60 % bis 100 %	Mittelsieb-Nenn-Maschenweite mm	2,8	5,6	11,2
Feinanteil (inkl. Feinstanteil) max. 20 %	Feinsieb-Nenn-Maschenweite mm	1	1	1

Tabelle 2: Größenklassen des Holzhackgutes

3.4 Schüttdichte des Hackgutes

Die Schüttdichte des Holzhackgutes hängt vom Wassergehalt, von der Holzart, vom Wuchsstandort, von der Form der Teilchen und von der Verdichtung ab. Sie beeinflusst Lager- und Transportvolumen sowie die Konstruktion von Förder- und Dosiereinrichtungen.

Im wasserfreien Zustand gilt:

- Holzhackgut S 160 (geringe Schüttdichte):
Holzhackgut mit einer Schüttdichte bis 160 kg/m³,
z.B. Fichte, Tanne, Pappel, Weide
- Holzhackgut S 200 (mittlere Schüttdichte):
Holzhackgut mit einer Schüttdichte über 160 kg/m³ bis 200 kg/m³,
z.B. Kiefer, Lärche, Birke, Erle
- Holzhackgut S 250 (hohe Schüttdichte):
Holzhackgut mit einer Schüttdichte über 200 kg/m³,
z.B. Buche, Eiche, Robinie

4 Bereitstellungsmöglichkeiten von Hackgut

4.1 Gliederung der Bereitstellungsketten

Bei einer Logistikkette zur Bereitstellung von Hackschnitzel, die aus den Arbeitsschritten Fällen und Aufarbeiten, Rücken, Hacken und Transport bestehen, verursacht der Hackvorgang im Regelfall die höchsten Maschinenkosten je Arbeitsstunde. Darum sollte die Bereitstellungskette auf den Hackvorgang ausgerichtet sein und die Hackmaschine als Schlüsselement angesehen werden.

Die Bereitstellungsketten bei der Hackschnitzelerzeugung können somit nach dem Hackort gegliedert werden.

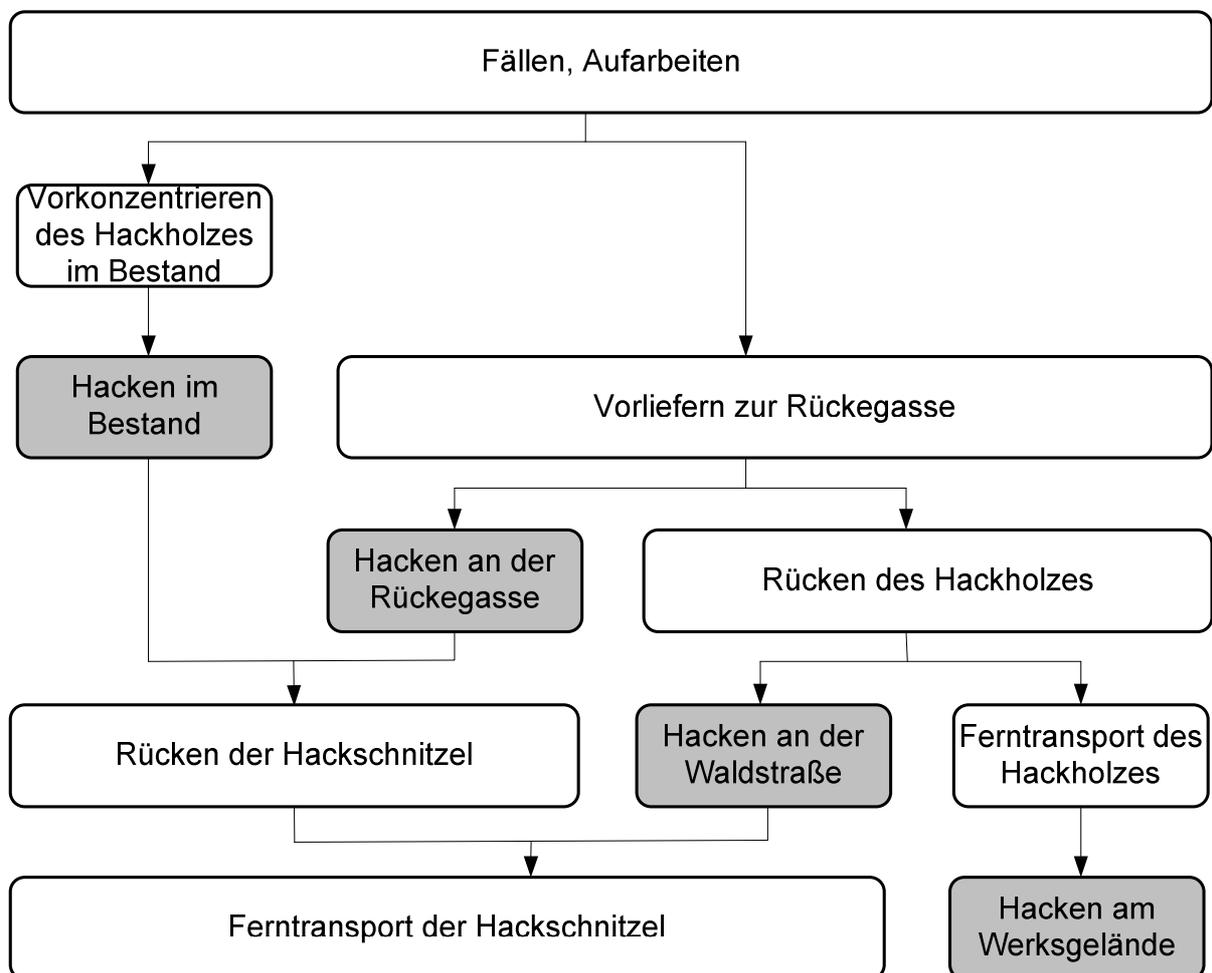


Abbildung 12: Bereitstellungskette von Waldhackgut gegliedert nach dem Hackort

In Abbildung 12 werden nun die verschiedensten Logistikketten zur Bereitstellung von Waldhackgut in Form eines Flussdiagramms in Kapitel 4.2 bis 4.6 dargestellt. Dabei wurde die Bringung des Energieholzes mittels Seilgeräten nicht berücksichtigt. Weiters ist keine Gewährleistung auf Vollständigkeit gegeben.

4.1.1 Hacken im Waldbestand

Die Durchführung des Hackvorganges im Waldbestand ist sehr kritisch zu betrachten. Üblicherweise kommen dabei Hackschnitzelharvester oder Schlepper mit Aufbauhacker zum Einsatz. Durch das unkoordinierte Befahren des Waldbestandes werden bei hoher Bestandsdichte vermehrt Schäden an den Bäume verursacht. Weiters ist beim Hacken des Holzes ein häufiges Umstellen der Hackmaschine nötig, da das Hackholz nur in geringen, vorkonzentrierten Mengen und verstreut im Bestand liegt. Dadurch ist der Einsatz einer Hackmaschine im Waldbestand oftmals unwirtschaftlich.

4.1.2 Hacken an der Rückegasse

Beim Hackvorgang in der Rückegasse werden Aufbauhacker auf Forwarder und Antriebshacker mittlerer Leistung verwendet. Wichtig bei dieser Bereitstellungskette ist, dass das Hackholz in ausreichender Menge an der Rückegasse konzentriert ist damit die Hackmaschinen möglichst gut ausgelastet sind. Die Hackschnitzel werden danach mit einem Shuttle – Transporter oder einem Schlepper mit Anhänger an die Waldstraße gerückt.

4.1.3 Hacken an der Waldstraße

Durch die Möglichkeit das Hackholz in großen Mengen am Waldrand zu lagern, ist der wirtschaftliche Einsatz von großen Antriebshackern oder eines Aufbauhackers auf einem LKW bei diesen Bereitstellungsketten der Regelfall. Dabei entfallen nahezu jegliche Umstellungsarbeiten der Hackmaschine und somit kann eine hohe Leistung gewährleistet werden. Der Abtransport der großen Mengen an Hackschnitzel erfolgt hauptsächlich durch bereitgestellte LKW – Container im Rotationssystem oder mittels Hackgut LKWs.

Weiters ist zu bedenken, dass der Platzbedarf für einen mobilen Großhacker bei bis zu 15 m x 30 m liegen kann.¹³ Bei der Direktbeladung eines Hackgut LKWs ist der Platzbedarf noch größer anzusetzen. Wichtig ist daher eine gute Planung bei der Festlegung eines Polterplatzes am Waldrand.

4.1.4 Hacken am Werksgelände

Bei der Erzeugung der Hackschnitzel am Werksgelände erfolgt die Anlieferung des Hackholzes in Form von Rundholz. Durch das Poltern des Rundholzes am Lagerplatz kann das Hackholz optimal abtrocknen und ist für den Hackvorgang ideal vorkonzentriert. Zum Hacken werden wieder mobile Großhacker (Aufbauhacker auf LKW) mit hoher Hackleistung eingesetzt.

Als Nachteil dieser Bereitstellungskette sind die höheren Kosten beim Transport von Rundholz im Vergleich zum Hackschnitzeltransport zu sehen.

¹³ vgl. Feller u.a., 2003, S.35

4.2 Bereitstellungsmöglichkeiten: Hacken im Waldbestand

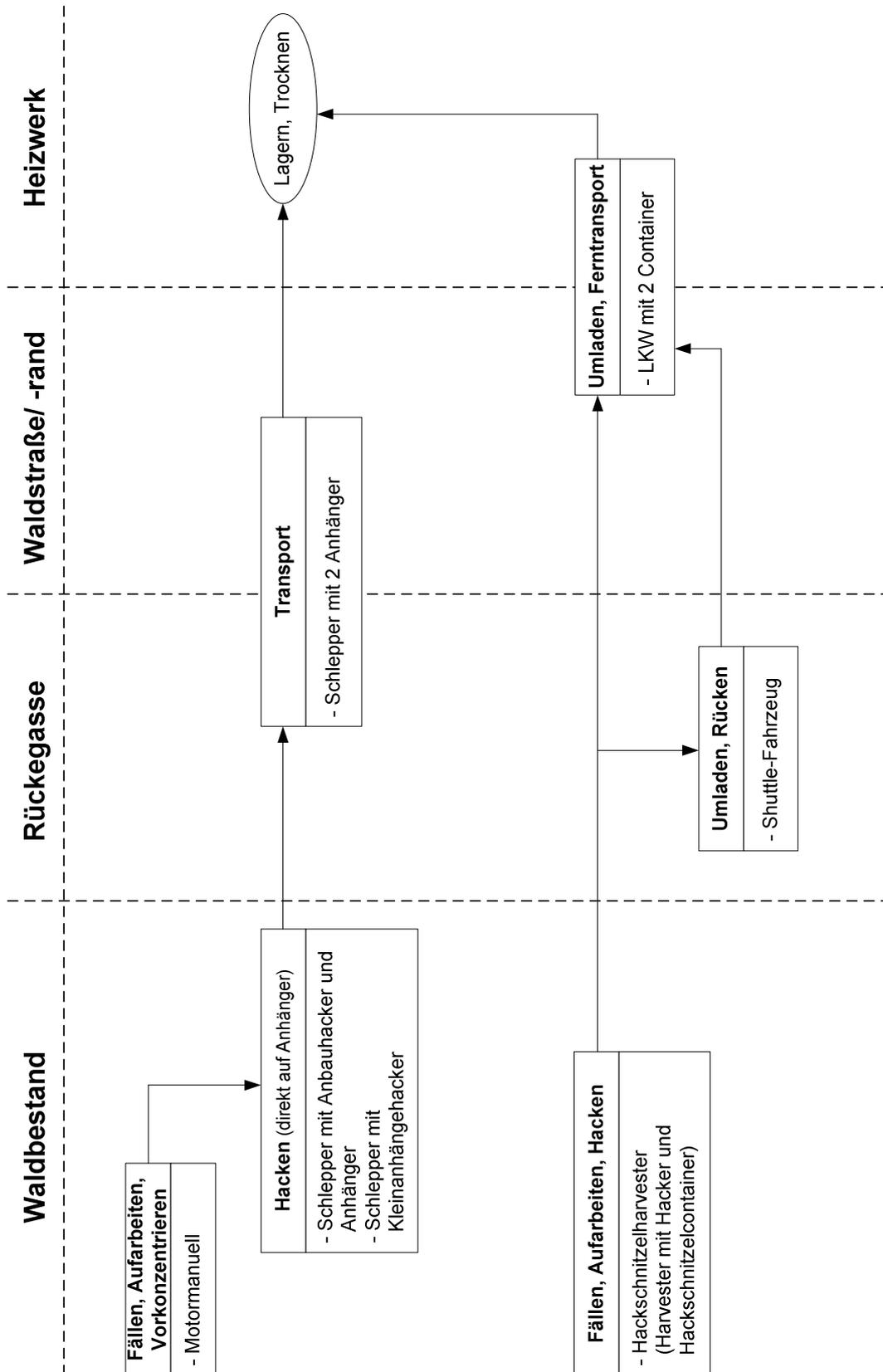


Abbildung 13: Bereitstellungsmöglichkeiten: Hacken im Waldbestand

4.3 Bereitstellungsmöglichkeiten: Hacken an der Rückegasse

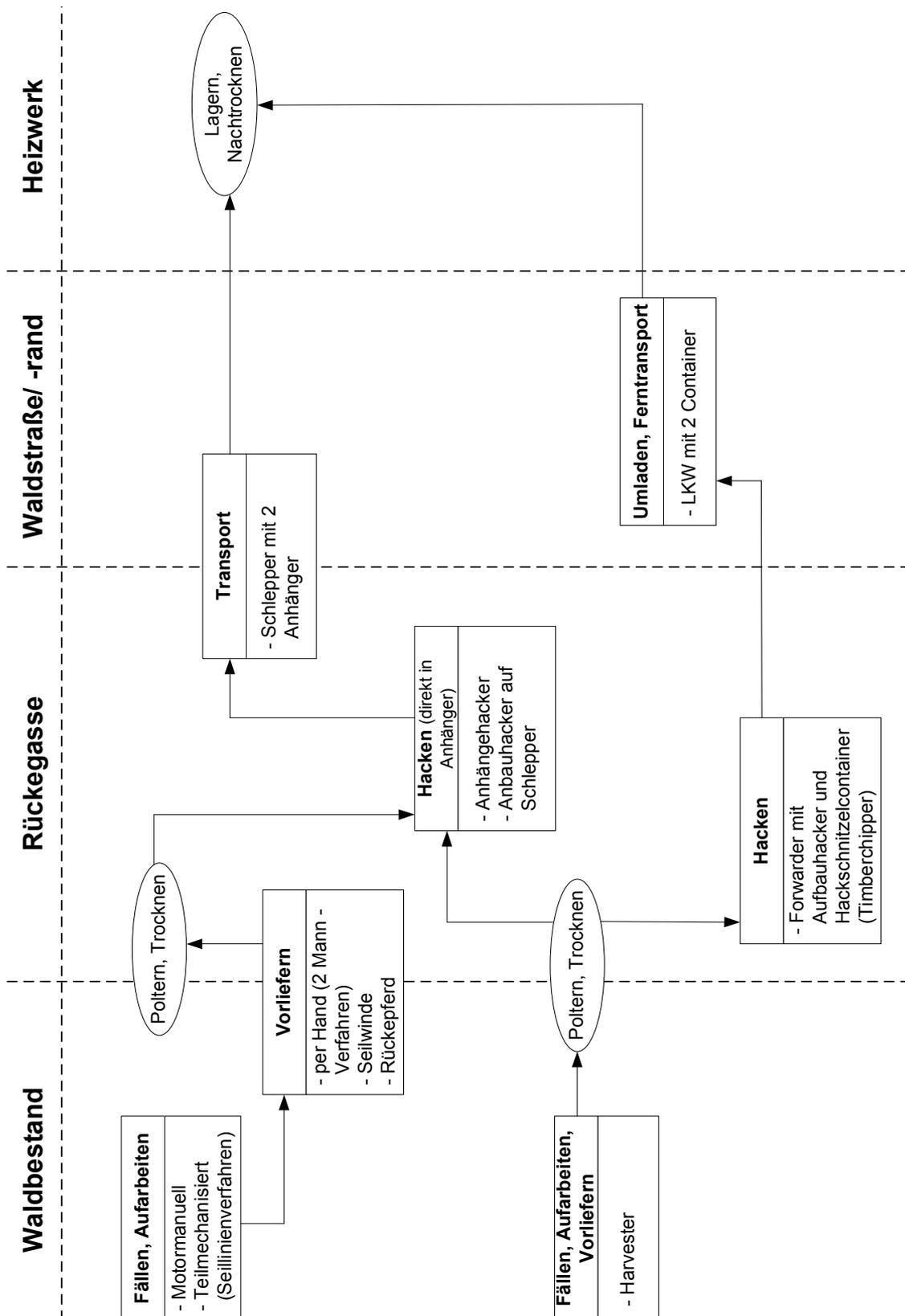


Abbildung 14: Bereitstellungsmöglichkeiten: Hacken an der Rückegasse

4.4 Bereitstellungsmöglichkeiten: Hacken an der Waldstraße

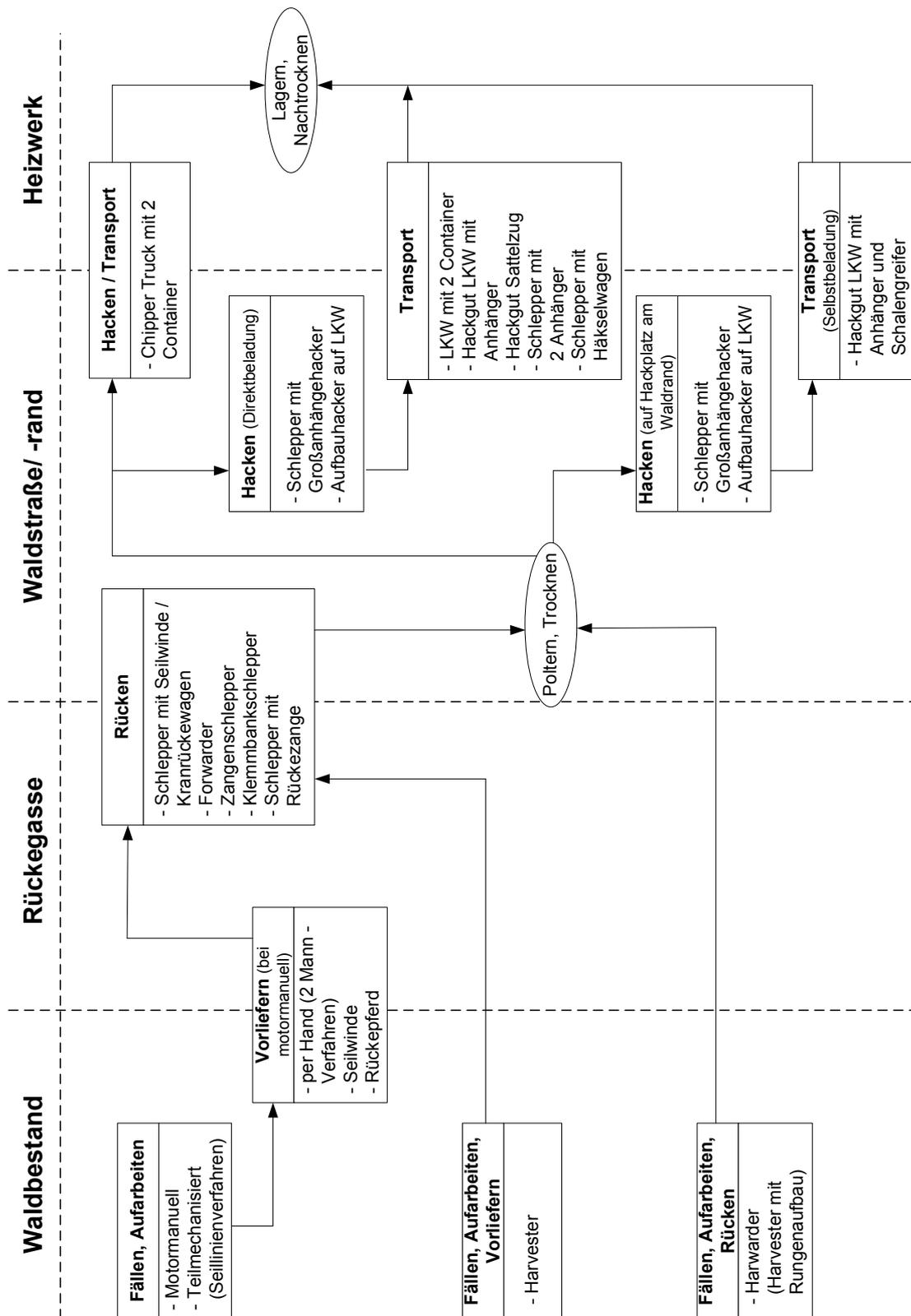


Abbildung 15: Bereitstellungsmöglichkeiten: Hacken an der Waldstraße

4.5 Bereitstellungsmöglichkeiten: Hacken am Werksgelände

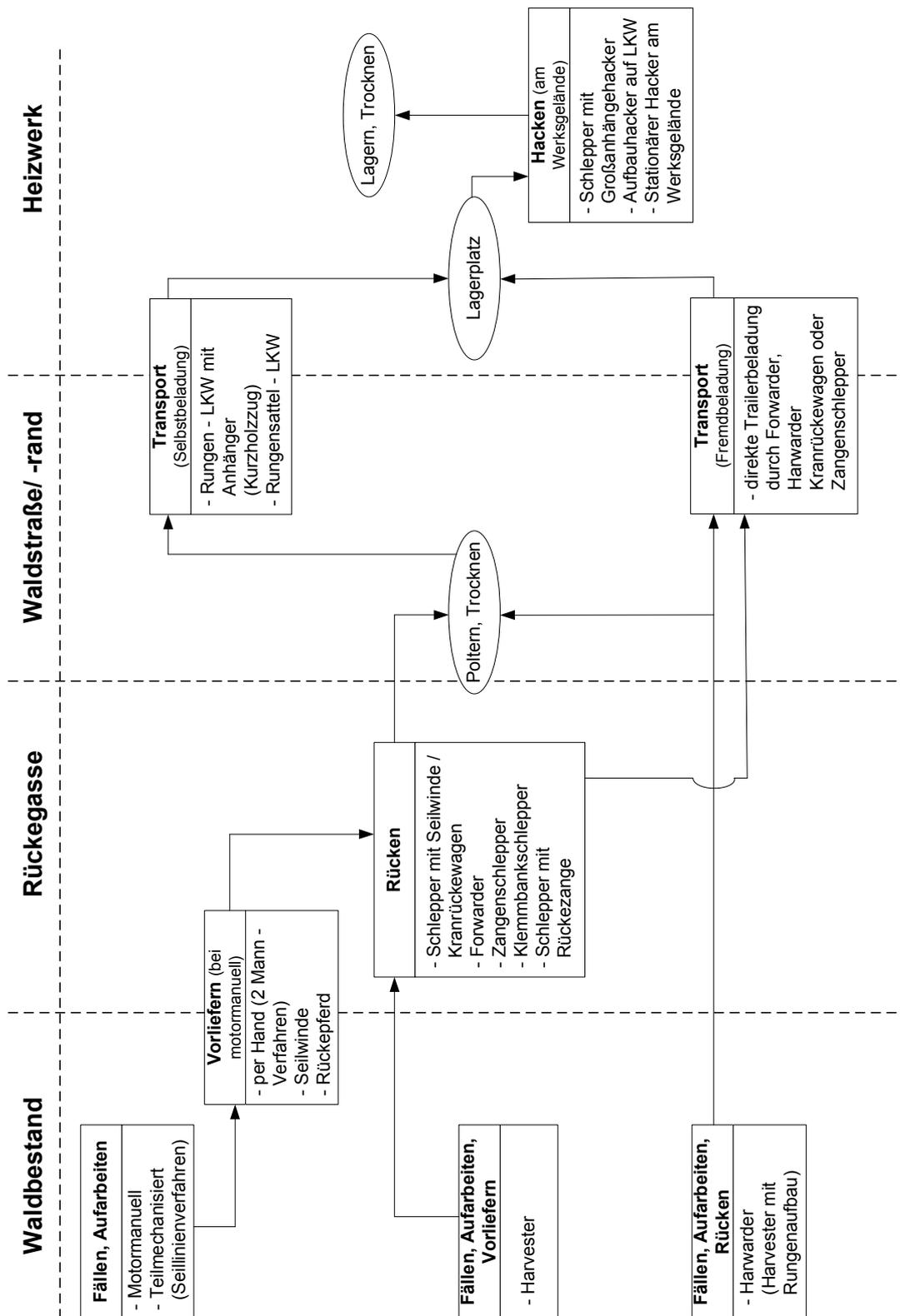


Abbildung 16: Bereitstellungsmöglichkeiten: Hacken am Werksgelände

4.6 Bereitstellungsmöglichkeiten: Hacken von Schlagrücklass

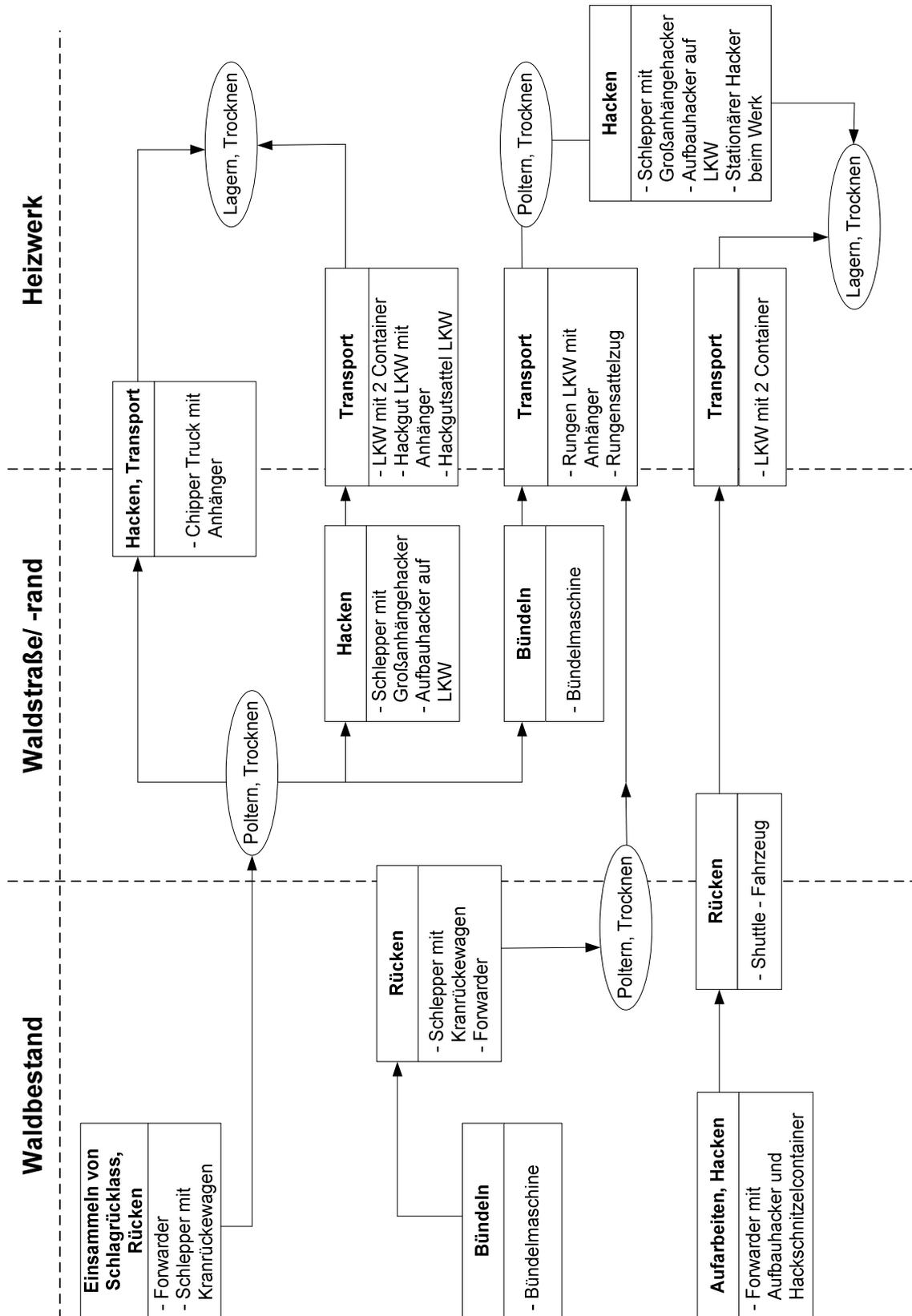


Abbildung 17: Bereitstellungsmöglichkeiten: Hacken von Schlagrücklass

4.7 Gekoppelte, entkoppelte und unabhängige Bereitstellungsverfahren

4.7.1 Gekoppelte Bereitstellungsverfahren

Von einem gekoppelten Bereitstellungsverfahren spricht man, wenn der Hack- und Transportvorgang direkt im Anschluss an die Holzbringung erfolgt. Solche Verfahren stellen hohe Anforderungen an die Arbeitsorganisation und Transportlogistik. Dabei muss der Arbeitsablauf genau geplant sein um Störungen und Stillstandszeiten an den Maschinen möglichst zu vermeiden. Der Ausfall einer Maschine im Arbeitssystem bewirkt den Totalausfall des gesamten Arbeitsablaufes. Dies wiederum wirkt sich sehr negativ auf die dabei entstehenden Kosten aus.

Wichtig ist es auch den Hack- und Transportvorgang aufeinander abzustimmen. Üblicherweise wird dabei die tatsächliche Hackerleistung je Stunde als Grundlage für die Ermittlung der notwendigen Transporteinheiten verwendet. Da der mobile Großhacker normalerweise die höchsten Kosten im Bereitstellungsverfahren verursacht sollte er möglichst keinen Stillstandszeiten ausgesetzt sein. Dadurch erreicht er eine hohe Produktivität und die anfallenden Kosten werden dabei minimiert.

4.7.2 Entkoppelte Bereitstellungsverfahren

Bei einer entkoppelten Bereitstellungskette wird der Hack- und Transportvorgang zeitlich versetzt zur Holzbringung durchgeführt. Dies hat den Vorteil, dass das Arbeitssystem weniger störungsanfällig ist. Ein Maschinenausfall im Holzbringungsverfahren bewirkt nur eine Störung in der Holzbereitstellung, nicht aber beim Hack- und Transportvorgang.

Üblich ist jedoch auch bei entkoppelten Systemen, dass der Hack- und Transportvorgang zeitgleich erfolgen. Deshalb ist auch hier eine Abstimmung dieser beiden Arbeitsvorgänge hinsichtlich der Hackerleistung nötig.

Durch die Entkopplung gestaltet sich die Arbeitsorganisation im Vergleich zum gekoppelten Verfahren als relativ einfach.

4.7.3 Unabhängige Bereitstellungsverfahren

Systeme und Logistikketten bei dem jeder Arbeitsschritt unabhängig vom vorherigen oder nachfolgenden Arbeitsvorgang ist, können als unabhängige Bereitstellungsverfahren bezeichnet werden. Bei diesen Arbeitsverfahren ist nicht nur die Holzbringung vom Hackvorgang getrennt, auch der Abtransportvorgang der Hackschnitzel erfolgt zeitlich versetzt zum Hacken. Dies kann zum Beispiel eintreten wenn ein mobiler Großhacker Hackgut produziert und diese am Waldrand zwischengelagert werden oder wenn bereitgestellte Wechselcontainer vom Hacker ohne Unterbrechung gefüllt werden und erst danach, zeitlich versetzt, vom Container – LKW abtransportiert werden.

Bei solch einem System sind nur geringe Anforderungen an die Arbeitsorganisation und der Arbeitsaufteilung gestellt, da bei auftretenden Störungen oder Maschinenstillstandszeiten der Gesamtarbeitsablauf nicht unterbrochen wird.

5 Leistungswerte bei der Hackgutbereitstellung

Um die Wirtschaftlichkeit einer Bereitstellungskette für Hackschnitzel beurteilen zu können, benötigt man die Leistung und die Kosten der einzelnen Arbeitsabschnitte. Die wichtigsten Kenngrößen zur Berechnung der Kosten je Schüttraummeter Hackschnitzel einer Bereitstellungskette, sind die durchschnittlichen Leistungen der jeweiligen angewendeten Arbeitsverfahren. Anhand dieser Leistungswerte kann die Gesamtproduktivität jeder Logistikkette ermittelt werden und unter Berücksichtigung der Systemkosten kann eine Wirtschaftlichkeitsaussage über die untersuchte Bereitstellungskette getroffen werden.

5.1 Modell der Leistungsdarstellung

Die Darstellung der Leistungen der einzelnen Arbeitsschritte erfolgt einheitlich in der Form Schüttraummeter Hackschnitzel pro Stunde Gesamtarbeitszeit (Srm/h GAZ), abhängig vom Brusthöhendurchmesser (BHD) der geernteten Bäume. Die Gesamtarbeitszeit setzt sich dabei aus der reinen Arbeitszeit und den allgemeinen Zeiten zusammen.

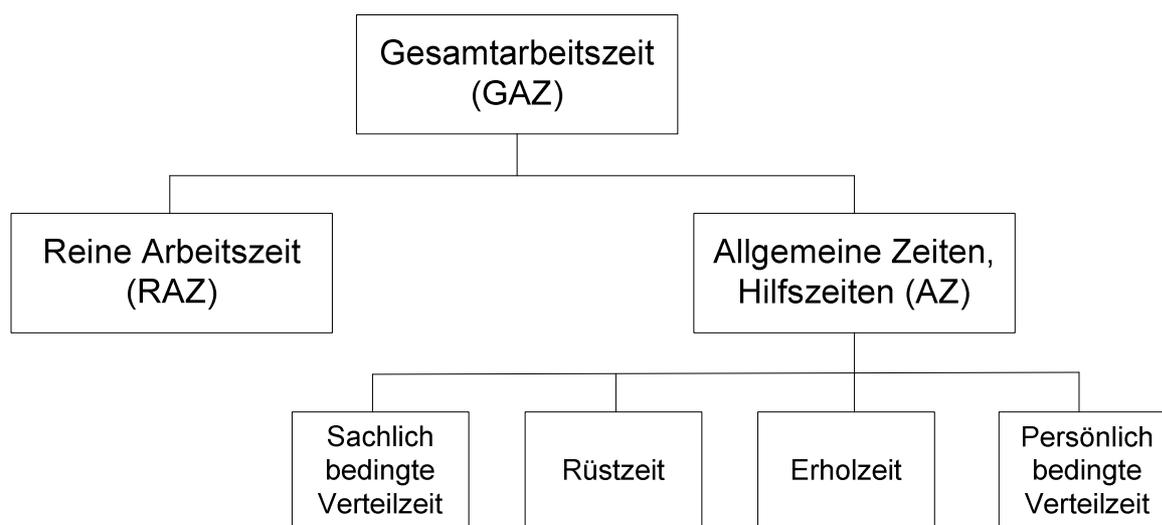


Abbildung 18: Zusammensetzung der Gesamtarbeitszeit (GAZ)

Der Aufschlag für die allgemeinen Zeiten (AZ) wurde einheitlich mit 25 % angesetzt, wenn die Leistungswerte in der Literatur nur in reiner Arbeitszeit oder in Gesamtarbeitszeiten mit anderen Hilfszeitenanteilen angegeben waren. Weiters erfolgte die Umrechnung der Leistungswerte von Festmeter in Schüttraummeter mit dem Faktor 2,5 nach ÖNORM M - 7132.

Großteils waren die erbrachten Leistungen bereits in Abhängigkeit des BHD angegeben. Bei Darstellung der Werte in Abhängigkeit der Stückmasse in Festmeter ohne Rinde (fm o.R.) oder mit Rinde (fm m.R.) wurden diesen anhand der folgenden Formeln auf den BHD umgerechnet:

$$BHD = 0,0009 * V_{(o.R.)}^2 - 0,0076 * V_{(o.R.)} + 0,0209 \quad V_{(o.R.)} = 34,178 * BHD^{0,3694}$$

Formel 3: Umrechnung FMO - BHD, BHD - FMO¹⁴

$$BHD = 0,0009 * V_{(m.R.)}^2 - 0,0063 * V_{(m.R.)} + 0,0146 \quad V_{(m.R.)} = 33,985 * BHD^{0,3918}$$

Formel 4: Umrechnung FMM - BHD, BHD - FMM¹⁵

Bei Angaben der Leistungswerte in Abhängigkeit vom Mittendurchmesser MDM wurden diese anhand des Umrechnungsprogramms „Mediaschätzung“ auf der CD „ÖBf – Leistungstabellen“¹⁶ auf den BHD umgerechnet.

Weiters ist anzumerken, dass es sich bei den angegebenen Leistungswerten um reine Orientierungswerte handelt.

5.2 Leistungswerte der einzelnen Teilarbeitsschritte

Da in der Fachliteratur nur vereinzelt Angaben von Leistungswerten bei der Hackguterzeugung gefunden werden konnten, wurden die nachfolgenden Leistungswerte aus bereits veröffentlichten Daten bei der Schwachholzernte und der Durchforstung ermittelt.

5.2.1 Fällen, Aufarbeiten

Der Arbeitsschritt „Fällen, Aufarbeiten“ inkludiert das zu Fall bringen des Baumes, das grobe Entasten sowie das Zopfen der Baumkrone. Eine sorgfältige Aufarbeitung des Baumes ist beim Hackholz üblicherweise nicht nötig, da dies nur ein zusätzlicher Zeitaufwand wäre, der die Leistung negativ beeinflusst.

Weiters lässt sich das Fällen in unterschiedliche Mechanisierungsgrade einteilen. Je nach Mechanisierungsgrad lassen sich gleich mehrere Arbeitsschritte miteinander verbinden.

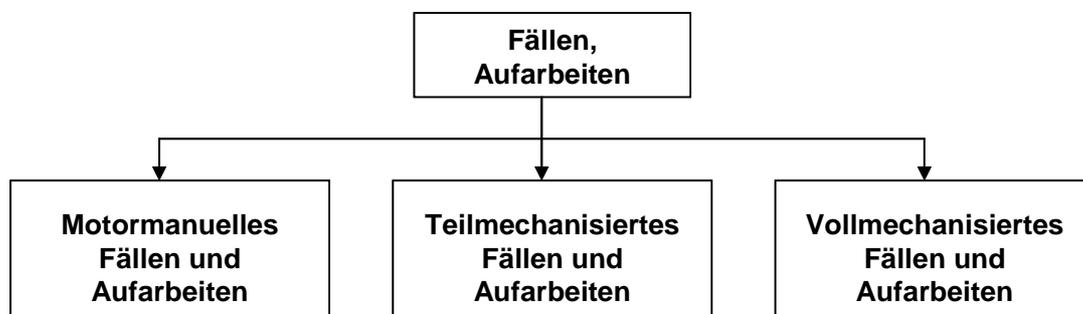


Abbildung 19: Mechanisierungsgrade beim Fällen und Aufarbeiten

¹⁴ vgl. Wittkopf, 2005, S.192

¹⁵ vgl. ebenda, S.36

¹⁶ vgl. CD - Rom ÖBf - Leistungstabellen, 2001

5.2.1.1 Motormanuelles und Teilmechanisiertes Fällen und Aufarbeiten

➤ Motormanuelles Fällen und Aufarbeiten

Übersicht Motormanuelles Fällen und Aufarbeiten					
Arbeitskräfte	Betriebsmittel	Hilfsmittel	Durchschnittliche Leistung je Forstarbeiter (Srm/h GAZ)		
			BHD 10 cm	BHD 15 cm	BHD 20 cm
1	Motorsäge	- Fällheber - Persönl. Schutzausrüstung	5,72	9,33	12,95

Tabelle 3: Übersicht der Leistungswerte beim motormanuellen Fällen und Aufarbeiten

Die ermittelten Leistungswerte stammen aus dem Verfahren „Neustadt“¹⁷ indem die teilmechanisierte Bereitstellung von Waldhackgut untersucht wurde. Dabei waren zwei eingespielte und erfahrene Forstarbeiter im Einsatz. Die Arbeitsschritte beschränkten sich dabei auf das Fällen und Zopfen der Bäume. Die erbrachte Leistung war dabei stark abhängig vom Brusthöhendurchmesser (BHD) des bearbeiteten Baumes (siehe Tabelle 3).

Zum Vergleich wurden die Leistungswerte der ÖBf – Sortimentstabelle für Nadelholz in Abbildung 20 dargestellt. Daraus ist ersichtlich, dass beim Bereitstellen von Energieholz durch das beinahe gänzliche Wegfallen des Arbeitsschrittes Entasten wesentliche Leistungsvorteile erreicht werden können.

➤ Teilmechanisiertes Fällen und Aufarbeiten

Beim teilmechanisierten Fällen und Aufarbeiten erfolgt das Fällen des Baumes mit der Motorsäge und einer funkferngesteuerten Trommelseilwinde, die an der Rückegasse bereitsteht. Üblicherweise wird im Seillinienverfahren gearbeitet. Das Arbeitsteam besteht dabei aus einem Motorsägenführer und einem Windenführer. Der Windenführer zieht das Seil bis zum letzten Baum aus. Das Anhängen des Seiles kann vor oder nach dem Trennschnitt erfolgen.¹⁸ Danach kann der Baum durch das Einziehen des Windenseiles zu Fall gebracht und gleich direkt zum nächsten Entnahmebaum vorgeliefert werden. In dieser Arbeitsabfolge können gleichzeitig bis zu sechs Bäume entnommen und an die Rückegasse geliefert werden.

Das heißt, beim teilmechanisierten Fällen und Aufarbeiten mit einer Seilwinde werden die Arbeitsschritte

- Fällen und Aufarbeiten sowie der Arbeitsschritt
- Vorliefern miteinander vereinigt.

¹⁷ vgl. Feller, 1998, S.17f

¹⁸ vgl. Feller u.a., 2003, S.8

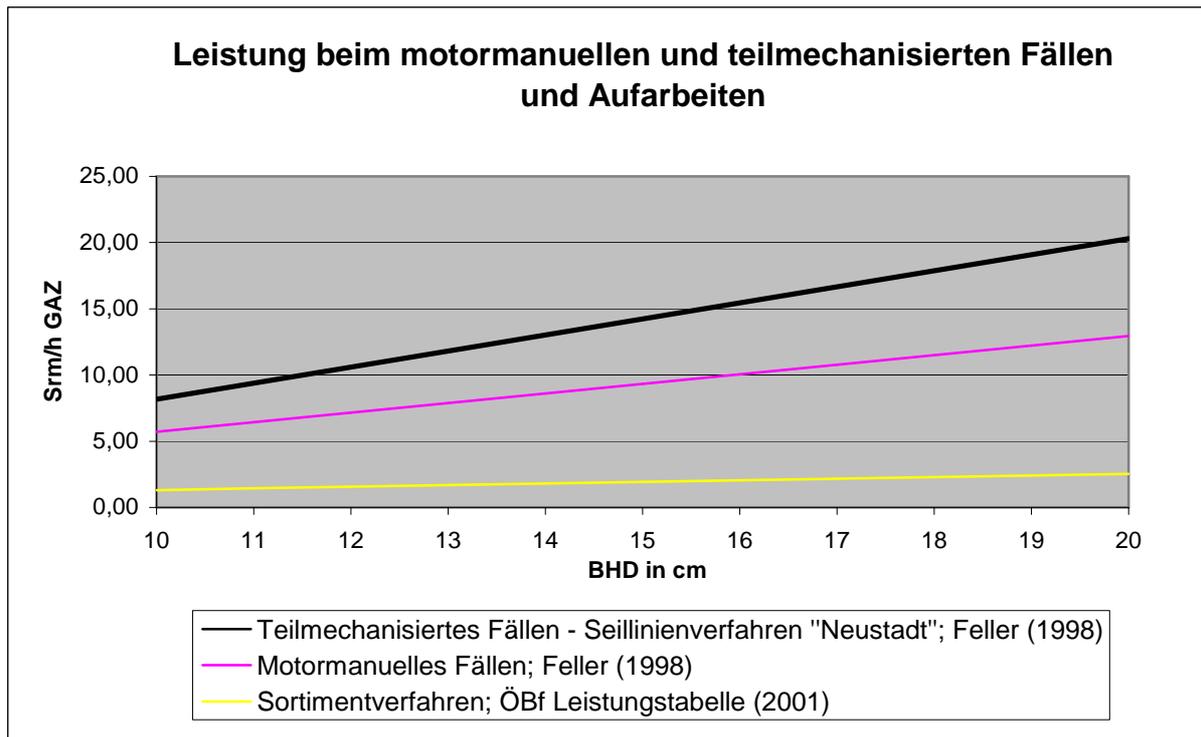


Abbildung 20: Leistungen beim motormanuellen und teilmechanisierten Fällen

Übersicht teilmechanisierten Fällen und Aufarbeiten		
Durchschnittliche Leistungen (Srm/h GAZ)		
BHD 10 cm	BHD 15 cm	BHD 20 cm
8,16	14,23	20,29

Tabelle 4: Übersicht der Leistungswerte beim motormanuellen und teilmechanisierten Fällen

Zur Bestimmung der durchschnittlichen Leistung beim Seillinienvorfahren wurde wieder das Verfahren „Neustadt“ herangezogen. Dabei ist zu erkennen, dass die erbrachten Leistungen wesentlich über dem Durchschnitt der motormanuell erbrachten Leistungen liegen und wieder stark vom BHD der entnommenen Bäume abhängen.

5.2.1.2 Vollmechanisiertes Fällen und Aufarbeiten

Zum vollmechanisierten Fällen und Aufarbeiten dienen Harvester. Diese sind multifunktionale Holzerntemaschinen die außer dem Teilarbeitsschritt Fällen die gesamte Aufarbeitungstätigkeit wie das Entasten, Zopfen, Vermessen und Abschneiden auf Kurzholz sowie das Vorliefern an die Rückegasse übernehmen können.

Aufgrund der verschiedenen Ausführungen von Harvester - Aggregaten sind diese integrierten Teilarbeiten nicht immer gleich. Der Harwarder oder auch Forvester genannt, hat zum Beispiel einen Arbeitsbereich der vom Fällen der Bäume bis zum Rücken des Hackholzes reicht.

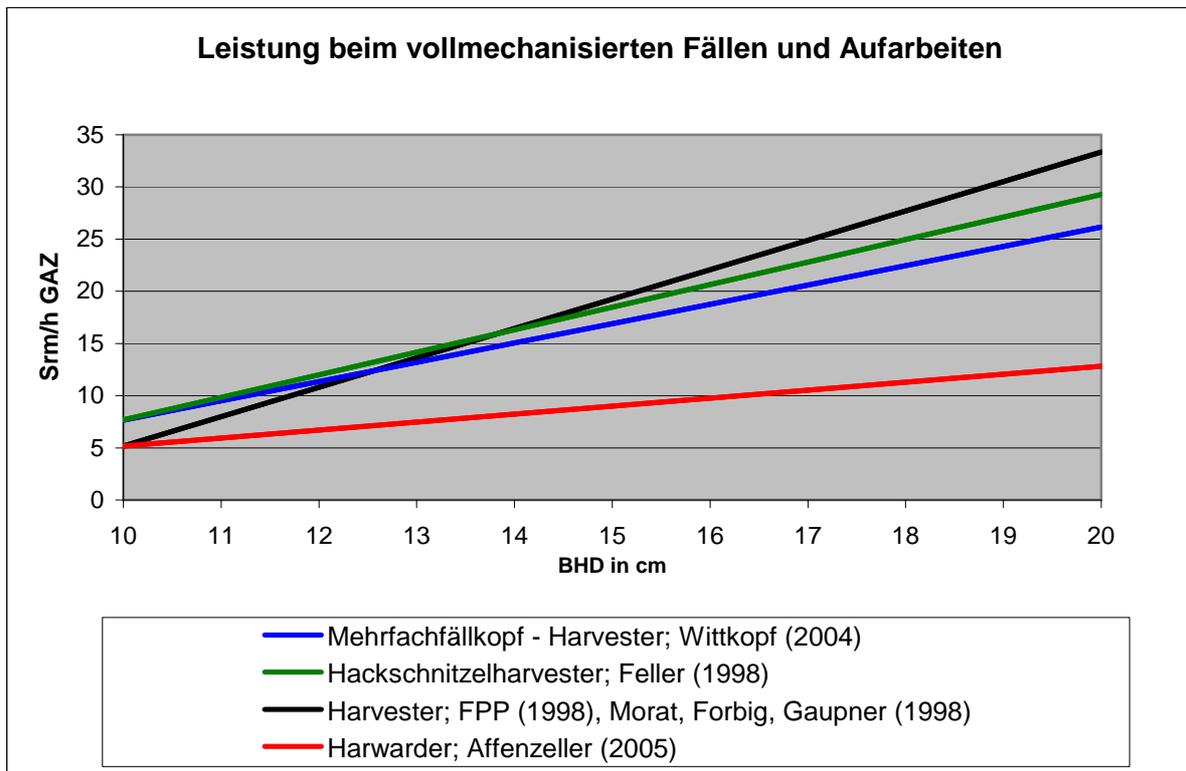


Abbildung 21: Leistung beim vollmechanisierten Fällen und Aufarbeiten

Übersicht vollmechanisiertes Fällen und Aufarbeiten			
Maschine	Durchschnittliche Leistung (Srm/h GAZ)		
	BHD 10 cm	BHD 15 cm	BHD 20 cm
Mehrfachfällkopf – Harvester	7,65	16,9	26,15
Hackschnitzelharvester	7,67	18,48	29,28
Harvester	5,16	19,25	33,33
Harwarder	5,16	9,0	12,75

Tabelle 5: Übersicht der Leistungswerte beim vollmechanisierten Fällen und Aufarbeiten

Die Leistungswerte des Harvesters mit Mehrfachfällkopf beziehen sich auf ein Arbeitsverfahren bei dem nur Vollbäume an der Rückegasse abgelegt werden. Der Harvester zwickt in einem Arbeitsschritt mehrere Bäume ab und behält diese im Fällaggregat. Danach werden die Bäume an die Rückegasse vorgeliefert.

Beim Hackschnitzelharvester ergeben sich die Leistungsdaten aus den Arbeitsschritten Fällen, Vorliefern, Aufarbeiten und Hacken.

Bei der Ermittlung der Leistungsdaten beim Fällen mit einem Harvester wurden Versuchsreihen herangezogen und aus dieser der Mittelwert der erreichten Leistung errechnet. Die Leistungsdaten beziehen sich bei Morat auf Harvester der Leistungsklasse 2 (9 – 13 to) und 3 (13 – 15 to) bzw. bei der Leistungstabelle der FPP auf einen Harvester FMG 1270.

Die Leistungswerte beim Verfahren mit dem Harvester DUAL Konzept¹⁹ beinhalten die Arbeitsschritte Fällen, das Aufarbeiten und das Rücken an die Waldstraße. Beim DUAL Konzept kann der Rungenkorb mit der Ladezange abgekoppelt und abgelegt werden. Mittels Schnellkupplung wird die Ladezange gegen ein Harvesteraggregat ausgetauscht und umgekehrt. Das heißt, der Harwarder fällt die Bäume, arbeitet sie auf und legt sie konzentriert an der Rückegasse ab. Danach fährt er aus dem Bestand, nimmt die Ladezange auf und setzt den Rungenkorb auf. Nach der Umrüstphase arbeitet der Harwarder als Forwarder und sammelt die vorkonzentrierten Bäume ein. Die erfassten Leistungswerte beziehen sich dabei auf eine durchschnittliche Rückedistanz von 170 m und einer Eingriffsstärke von 75 Efm/ha. Die Produktivität des DUAL Konzeptes liegt wesentlich unter den erreichten Werten der Vergleichssysteme.

Bei einer Arbeitsstudie mit einem Harwarder COMBI²⁰ Konzept konnten im Vergleich zum DUAL Verfahren wesentlich höhere Leistungswerte erreicht werden. Beim DUAL – Konzept besitzt der Harwarder einen fix aufgebauten Rungenkorb. Die Bäume werden gefällt und direkt in den Rungenkorb aufgearbeitet. Danach wird das Energieholz an die Waldstraße gerückt. Bei einer Rückedistanz von 320 m und einer Eingriffsstärke von 60 Efm/ha konnte bei einem mittleren BHD von 15 cm eine Leistung von etwa 17,30 Srm/h GAZ erreicht werden, die wesentlich höher als die erreichte Produktivität mit dem DUAL Konzept liegt.

5.2.2 Rücken

Beim Arbeitsschritt „Rücken“ muss zwischen dem Rücken von Hackholz und dem Rücken von Hackschnitzel, wie es beim Hackschnitzelharvester – System vorkommt, unterschieden werden.

Die erbrachten Leistungen beim Rücken von Hackholz variieren je nach Arbeitsverfahren und eingesetzten Maschinen sehr groß. Diese Streuung hängt dabei hauptsächlich von den Rückegeräten selbst und von der Transportentfernung ab.

¹⁹ vgl. Affenzeller, 2005, S.7-43

²⁰ vgl. Bodenschwingh, 2003 S.23ff

Wesentlichen Einfluss auf die Leistung beim Rücken von Hackschnitzel mittels eines Shuttle – Transporters haben

- die Rückeentfernung auf der Rückegasse,
- die Rückeentfernung auf der Waldstraße,
- die geladene Hackschnitzelmenge (Volumen) und
- die Wartezeiten des Shuttles auf den Hackschnitzelharvester zur Überladung.²¹

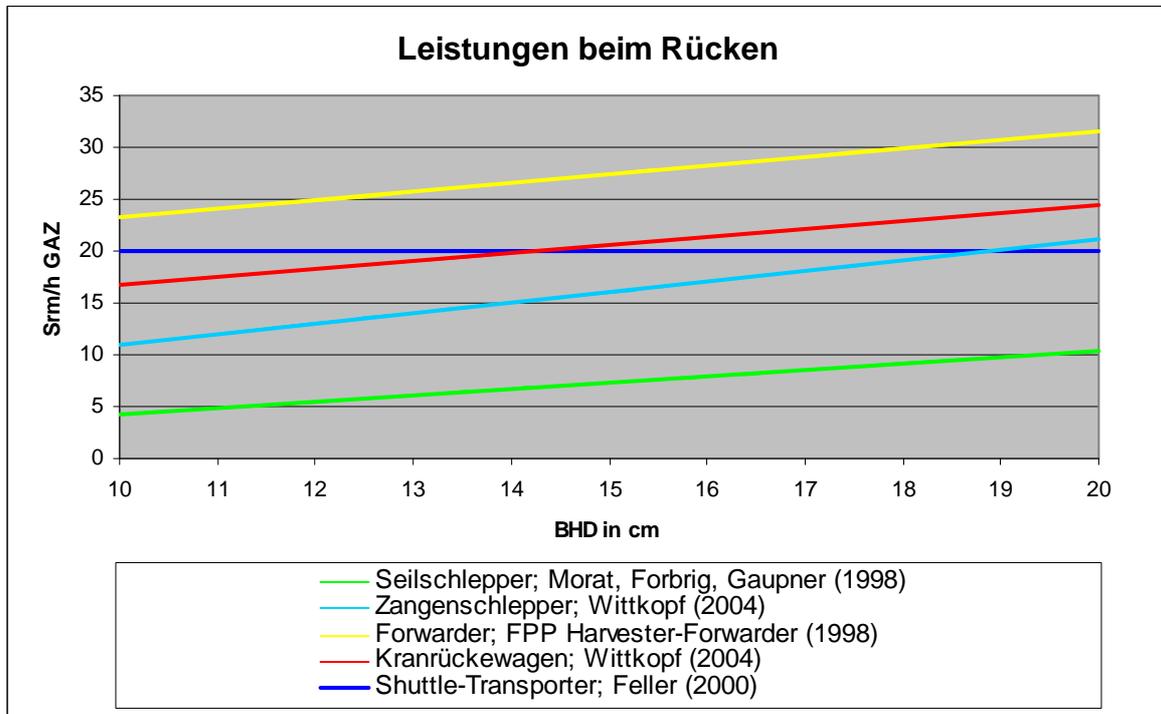


Abbildung 22: Leistung in Abhängigkeit vom BHD beim Rücken

Übersicht Rücken			
Rücke- maschine	Durchschnittliche Leistung (Srm/h GAZ)		
	BHD 10 cm	BHD 15 cm	BHD 20 cm
Seilschlepper	4,20	7,30	10,40
Zangenschlepper	11,00	16,00	21,00
Kranrückewagen	16,73	20,53	24,33
Forwarder	23,21	27,41	31,60
Shuttle-Transporter	20	20	20

Tabelle 6: Übersicht der Leistungswerte beim Rücken

Die durchschnittliche Leistung eines Seilschleppers beim Rücken von Schwachholz ist relativ gering. Die großen Vorteile dieses Verfahren sind jedoch die niedrigen Maschinenkosten und die hohe Verfügbarkeit von landwirtschaftlichen Schleppern, die zu Forstschleppern umgerüstet werden können, und Seilwinden. Der Einsatzschwerpunkt von Seilschleppern liegt im Rücken und Vorrücken von Langholz

²¹ vgl. Feller, 1998, S.26

im ebenen Gelände.²² Besonders bei großen Rückegassenabständen (30 – 70 m) ist eine Erschließung des Geländes mittels Seilwinde und Forstschlepper relativ einfach.

Beim Zangenschlepper wurden die Leistungswerte bei einem durchschnittlichen ausfallenden Bestand von 16 cm Brusthöhendurchmesser ermittelt.²³ Diese liegen fast doppelt so hoch wie beim Verfahren mit einem Seilschlepper. Um diesen Leistungswert überhaupt zu erreichen, ist eine gute Vorkonzentration des Hackholzes an der Rückegasse erforderlich. Üblicherweise erfolgt dies durch eine Fällung der Bäume im Seillinienverfahren und anschließender Vorrückung an die Rückegasse.

Ausgangspunkt zur Ermittlung der Leistung beim Rücken mit Forwarder sind Grundleistungskurven, die aus der zu rückenden Holzmenge je Laufmeter Rückegasse errechnet werden. Die Grundleistungskurven ergeben sich aus der Division von Rückevolumen durch die Erschließungslänge. Um die tatsächliche Leistung eines Forwarders für ein bestimmtes Einsatzgebiet ermitteln zu können, müssen noch bestimmte einsatzspezifische Korrekturfaktoren miteinbezogen werden, die das Leistungsergebnis positiv oder negativ beeinflussen.

Zu beachtende Korrekturfaktoren sind die

- Anzahl der Sortimente (wenige Sortimente → bessere Leistung),
- Vorkonzentration des Hackholzes (gute Vorkonzentration → bessere Leistung),
- Rückedistanz (Leistung nimmt mit der Rückedistanz ab),
- Befahrbarkeit (wenige Hindernisse und gute Bodenverhältnisse → bessere Leistung),
- Größe des Forwarders (großer Forwarder → höhere Leistung).²⁴

Zum Vergleich der einzelnen Logistikketten in Kapitel 9 wurde eine Grundleistungskurve mit einer Holzerntemenge von 0,3 fm/lfm Rückegasse verwendet. Die Korrekturfaktoren wurden in die Leistungskurve nicht miteinbezogen, da diese je nach Einsatzgebiet angepasst werden müssen und daher nur schlecht verallgemeinert werden können.

Bei einem Kranrückewagen handelt es sich neben dem Forwarder um ein Verfahren mit rein tragender Arbeitsweise. Dieses Rückeverfahren zeichnet eine hohe durchschnittliche Leistung bei relativ geringen Maschinenkosten aus. Als Nachteil ist das eingeschränkte Einsatzgebiet zu erwähnen. Kranrückewagen eignen sich nur bedingt im steilen Gelände. Bei größeren Hangneigungen ist eine angetriebene Kranwagenachse notwendig. Dies führt jedoch eine Erhöhung der Maschinenkosten mit sich.

Beim Shuttle – Transporter nach Feller²⁵ handelt es sich um einen Forwarder der mit einem Hackschnitzelcontainer ausgerüstet ist und ein Ladevolumen von maximal 15 Srm hat. Die Leistung des Shuttle – Fahrzeuges ist stark abhängig von der Rückenentfernung. Zur Darstellung der Rückeleistung des Shuttles wurde mit einer Rückegassen – Entfernung von 300 m und mit einer Waldstraßen – Entfernung von 250 m kalkuliert.

²² vgl. Morat u.a., 1997, S.77ff

²³ vgl. Wittkopf, 2004, S.104

²⁴ vgl. FPP Harvester - Forwarder, 1998, S.70f

²⁵ vgl. Feller, 1998, S.5, 26f

➤ **Leistung beim Rücken von Fichtenkronen**

Bei der Darstellung der durchschnittlichen Leistung beim Rücken von Fichtenkronen, wurden auf die Angaben von Wittkopf²⁶ zurückgegriffen. Die ermittelten Leistungsangaben beziehen sich dabei nicht mehr auf den Brusthöhendurchmesser des entnommenen Baumes, sondern auf den Durchmesser des Kronenfußes (KFD).

Die Ergebnisse stammen aus einer Arbeitsstudie von drei Verfahren („Landshut“, „München“ und „Eichstätt“). Bei diesen Verfahren wurden Fichtenkronen mit einem Durchmesserbereich von 10 bis 20 cm, im Mittel mit 14 cm, eingesammelt und mit einem Kranrückewagen bzw. mit einem Forwarder gerückt.²⁷

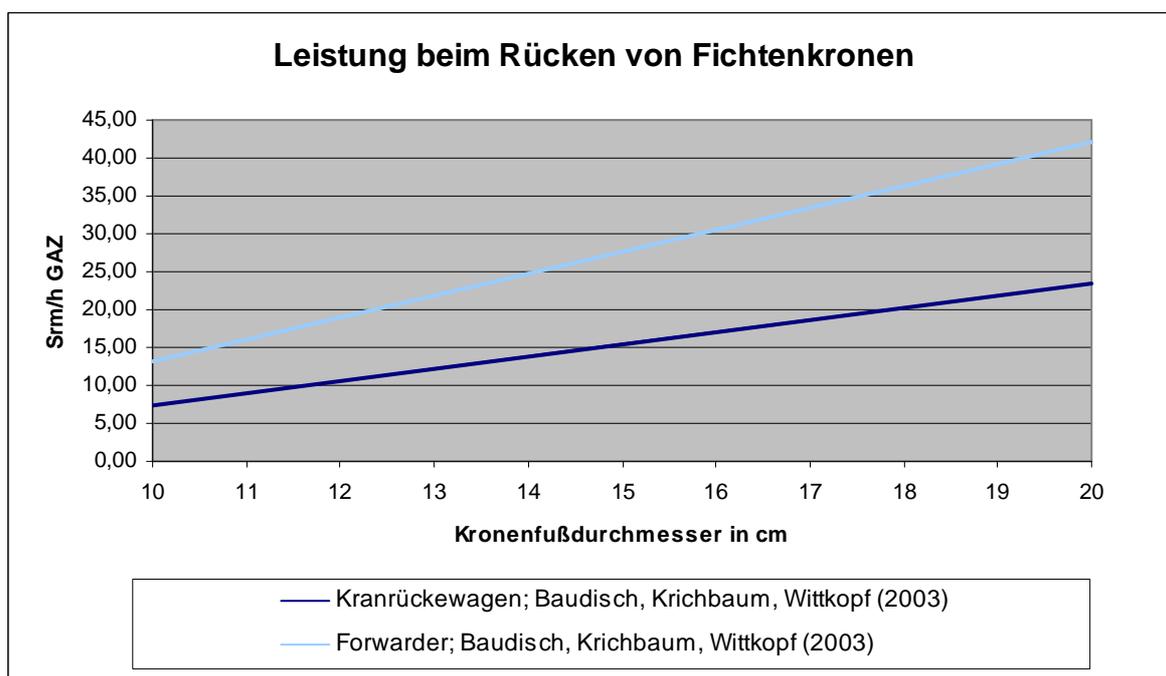


Abbildung 23: Leistung in Abhängigkeit vom BHD beim Rücken von Fichtenkronen

Übersicht Rücken von Fichtenkronen			
Rückemaschine	Durchschnittliche Leistung (Srm/h GAZ)		
	KFD 10 cm	KFD 15 cm	KFD 20 cm
Kranrückewagen	7,50	15,47	23,44
Forwarder	13,13	27,66	42,29

Abbildung 24: Übersicht der Leistungswerte beim Rücken von Fichtenkronen

²⁶ vgl. Wittkopf, 2004, S.105

²⁷ vgl.

http://www.waldwissen.net/themen/forsttechnik/holzernte/lwf_energieholz_und_waldschutz_2003_DE (17.09.07)

5.2.3 Hacken

Die angegebenen Leistungsdaten beim Hacken sind keine vom Hersteller theoretischen maximalen Leistungsangaben, sondern sind durchschnittliche Leistungswerte der jeweiligen Maschine.

Die Hackerleistungen sind sehr stark von folgenden Faktoren abhängig:

- Optimale Konzentration des Hackholzes um einen kontinuierlichen Materialfluss zu gewährleisten
- Abstimmung des Hackvorganges mit dem Transport
- Geschicklichkeit des Kranbedieners

5.2.3.1 Konzentration des Hackholzes

Eine ausreichende Konzentration des Hackholzes ist für einen kostenoptimalen Hackvorgang unabdingbar. Das Hackholz sollte dabei an einem Ort vorkonzentriert sein damit häufige Umstellungen der Hackmaschine vermieden werden können und das Hackaggregat möglichst hoch ausgelastet ist. Jede unnötige Umstellung reduziert die Hackerleistung je Stunde und bringt somit höhere Kosten mit sich.

Unter Umständen kann die Hackholzversorgung für die Hackmaschine bei einem gekoppelten System auch durch mehrere Forwarder erfolgen.

5.2.3.2 Abstimmung des Hack- und Transportvorganges

Ein weiterer wichtiger Aspekt beim Hackvorgang ist die Abstimmung des Abtransportes der Hackschnitzel mit der Hackerleistung. Je nach maximaler Hackerleistung müssen genügend Transportmittel zur Verfügung stehen, um einen kostenoptimalen Abtransport, also ohne das Wartezeiten für den Hacker auftreten, zu gewährleisten. Diese Bedingung stellt große Anforderungen an die Transportlogistik.

5.2.3.3 Leistungswerte Hacken

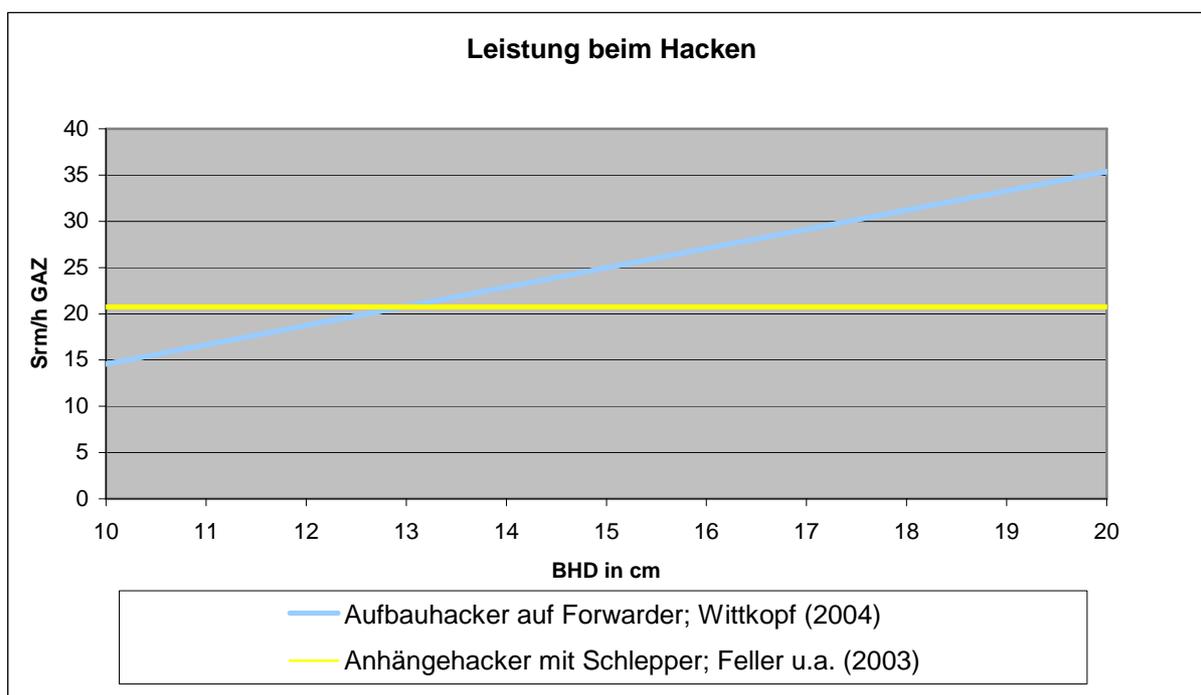


Abbildung 25: Leistung in Abhängigkeit vom BHD beim Hacken

Übersicht Hacken			
Hack-system	Durchschnittliche Leistung (Srm/h GAZ)		
	BHD 10 cm	BHD 15 cm	BHD 20 cm
Aufbauhacker auf Forwarder	14,60	25,00	35,40
Anhängehacker mit Schlepper	20,75	20,75	20,75

Tabelle 7: Übersicht der Leistungswerte beim Hacken

Bei einer Arbeitsstudie im Forstamt Pfaffenhofen²⁸ wurde die durchschnittliche Leistung eines Aufbauhackers auf einem Forwarder (Timberchipper) untersucht. Der Timberchipper war dabei folgenden Einsatzbedingungen ausgesetzt:

- Rückeentfernungen von 100 m und 300 m
- Optimale Vorlagerung des Hackholzes ausschließlich an der Rückegasse

Da sich bei Aufbau- und Anhängehackern der Einfluss der Hackholzstärke wegen der möglichen gebündelten Zuführung von kleineren Hackholzdimensionen mittels Kran reduziert, ist die durchschnittliche Leistung beim Anhängehacker konstant. Voraussetzung dafür ist aber wieder eine Vorkonzentration des zugeführten Hackholzes.

²⁸ vgl. Feller u.a., 2003, S.36

Die Produktivität beim Hacken hängt einerseits vom eingesetzten Hackertyp und andererseits auch vom eingesetzten Hackmaterial ab. Für Anhängenhacker mittelgroßer Leistungsklassen hebt sich das Stückmassegesetz zum größten Teil auf, da das Hackholz nicht einzeln sondern wegen der großen Einzugsöffnungen gebündelt und überlappend zugeführt werden kann. Die Produktivität ist dadurch vom zugeführten Volumen und der durchschnittlichen Stückzahl je Kranzyklus abhängig.²⁹

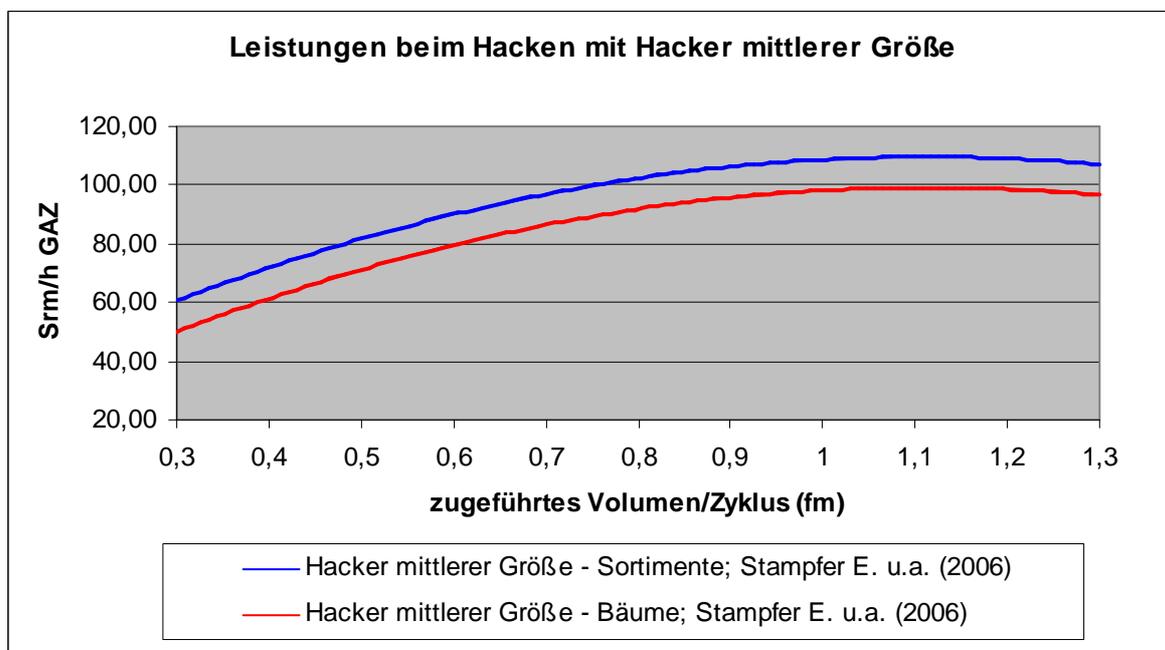


Abbildung 26: Leistung beim Hacken mit Hacker mittlerer Größe

Die maximale Produktivität bei Hackern mittlerer Größe beträgt bei einem Beschickungsvolumen von etwa 1,1 fm pro Kranzyklus mit Sortimenten maximal 110 Srm/h GAZ und bei Ganzbäumen als Beschickungsmaterial maximal 100 Srm/h GAZ.

Für die Leistungsberechnung der Bereitstellungsketten bei der Waldhackguterzeugung wird eine durchschnittliche Leistung von 90 Srm/h GAZ mit einem Beschickungsvolumen von 0,6 fm pro Kranzyklus bei Sortimenten angenommen.

Für Großaufbauhacker auf einem LKW konnten in der Literatur keine Produktivitätsmodelle gefunden werden. Zur Ermittlung der durchschnittlichen Leistungswerte beim Hacken mit Großhackern wurden einzelne Versuchswerte aus der Literatur übernommen und weitere Leistungswerte bei verschiedenen Hackgutunternehmen telefonisch erfragt. Für folgende Großhacker konnten Leistungswerte ermittelt werden:

²⁹ vgl. Stampfer E. u.a. , 2006, S.31ff

Leistungswerte beim Hacken mit Großhackern			
Hackmaterial "Rundholz"			
Maschine	max. Einzugsdurchmesser (in cm)	Quelle	Durchschnittsleistung (Srm/h GAZ)
Starchl U-1250	80	Kanzian u.a., 2006, S.68	125
		Kanzian u.a., 2006, S.76	147
Mus - Max WT 10	70	www.hackgut-schmidt.at	120
Jenz HEM 700	70	www.hackgut.com	160
Jenz HEM 800	80	www.hackgut.at	150
Durchschnittliche Leistung			140
Hackmaterial "Schlagrücklass"			
Maschine	max. Einzugsdurchmesser (in cm)	Quelle	Durchschnittsleistung (Srm/h GAZ)
Starchl U -1250	80	Fenz u.a., 2006, S.11	58
Mus - Max WT 10	70	www.hackgut-schmidt.at	55
Durchschnittliche Leistung			57
Hackmaterial "Bündel"			
Maschine	max. Einzugsdurchmesser (in cm)	Quelle	Durchschnittsleistung (Srm/h GAZ)
TIMenvipro SD 1200	–	Kanzian, 2005, S.17	95
Shredder Jenz AZ 660	66	Kanzian, 2005, S.17	74
Durchschnittliche Leistung			85

Tabelle 8: Leistungswerte in Abhängigkeit vom Material beim Hacken mit Großhackern

Die erfragten Leistungswerte werden bei optimal vorkonzentriertem Holzmaterial erreicht und wurden mit 25 % allgemeiner Zeit pro Arbeitstunde belegt. Ungeklärt sind jedoch die Leistungsunterschiede zwischen Hacker und Shredder.³⁰ Bei der Bereitstellungskette „Bündelmaschine – Schlagrücklass“ werden bei der Leistungs- und Kostenkalkulation Maschinenkosten in der Höhe eines Großhackers angenommen und die obigen Leistungswerte für das Hackmaterial „Bündel“ verwendet.

Die ermittelten Leistungswerte werden für die Kosten- und Leistungsberechnung der ausgewählten Bereitstellungsketten herangezogen.

³⁰ vgl. Kanzian u.a., 2006, S.30

5.2.4 Bündeln³¹

Bündelmaschinen werden üblicherweise auf die Chassis eines Forwarders oder auf einen LKW aufgebaut. Bündelmaschinen werden eingesetzt um den Schlagabraum energetisch nutzen zu können. Dabei werden die bei der Schlägerung angefallenen Äste und Wipfel zu meist drei Meter langen, zylindrischen Bündeln verdichtet. Der Durchmesser eines Bündels beträgt etwa 70 – 80 cm und das Gewicht beläuft sich dabei auf 400 – 600 kg. Je nach Anteil von festem Holzmaterial kann das Bündel schwerer oder leichter sein. Die Produktivität eines Energieholzbündlers beträgt je nach Maschinenhersteller zwischen 10 und 30 Bündel pro Stunde.

Bei einer Arbeitsstudie nach Kanzian wurde auf sechs verschiedenen Einsatzflächen die Leistung einer Bündelmaschine ermittelt. Bei der Bündelmaschine handelte es sich um eine Timberjack 1490D, die auf einen MAN – LKW aufgebaut wurde.

Übersicht Bündeln
Durchschnittliche Bündelanzahl
~ 11 Bündel
Durchschnittliche Leistungen (Srm/h GAZ)
~ 15 (bei ~ 1,35 Srm/ Bündel)

Tabelle 9: Leistungswerte beim Bündeln von Schlagrücklass

³¹ vgl. Kanzian, 2005, S.5ff

5.2.5 Transport

Der Transportvorgang ist ein wesentlicher Kostenfaktor bei der Bereitstellung von Energieholz. Um die Transportkosten möglichst gering zu halten müssen folgende Punkte beachtet und eingeplant werden:

- maximale Auslastung der Ladekapazität
- möglichst hohe Ladedichte
- keine Warte- oder Stillstandszeiten
- Straßen- und Platzverhältnisse
- die Transportentfernung
- Wassergehalt des zu transportierenden Holzes

Einen wesentlichen Einfluss auf die Transportkosten hat die Auslastung der Ladekapazität, vor allem bei großen Transportentfernungen. Wobei die Ladekapazität stark von der Ladedichte des zu befördernden Gutes abhängig ist.

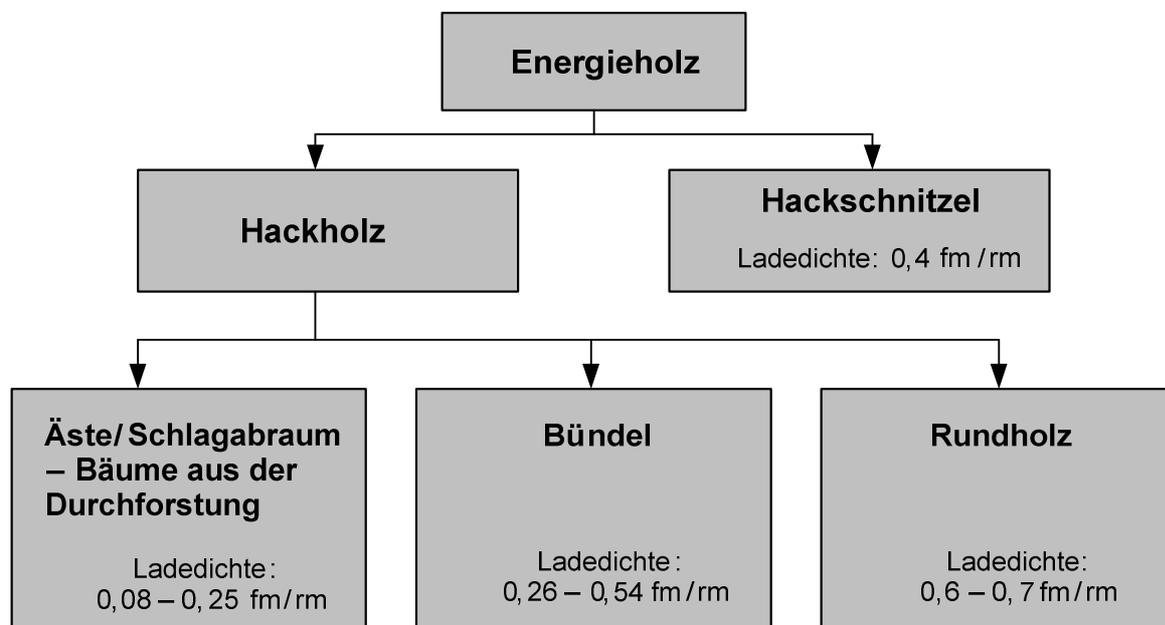


Abbildung 27: Ladedichten der verschiedenen Energieholzmaterialien³²

Anhand der Ladedichten ist festzustellen, dass der Transport von Rundholz und Hackschnitzel üblicherweise günstiger als der Transport von losen Holzmaterialien ist.

³² vgl.

http://www.wabo.boku.ac.at/fileadmin/_/H91/H915/Publikationen/Regionale_Energieholzlogistik_Mittelkaernten.pdf (15.10.2007)

5.2.5.1 Transport von Hackholz

Für die Ermittlung der Leistungsdaten beim Hackholztransport wurden aus der Fachliteratur folgende Eingangsgrößen gewählt:

Eingangsdaten zur Leistungsberechnung beim Hackholztransport			
	Rundholz-Transport³³	Bündel³⁴	Schlagrücklass – Bäume aus Durchforstung
Ladevolumen	~ 26 fm → ~ 65 Srm	~ 35 Bündel/Fuhre → ~ 47 Srm	~ 80 m ³ (Rundholz LKW mit Einsatzwänden) ³⁵ → ~ 34 Srm
Ladedichte	~ 0,7 fm/rm	~ 1,1 rm/Bündel bzw. ~ 0,50 fm/rm	~ 0,17 fm/rm (Mischfaktor Schlagrücklass –Bäume aus Durchforstung)
Hackgut in Srm/Bündel		~ 1,35 Srm/Bündel	
Ladezeit	1,13 h	1,05 h	1 h
Fahrzeitmodell	$v = -7,1 + 32,1 \cdot \log(\text{distanz})$ $R^2 = 0,51$ v = Durchschnittsgeschwindigkeit (km/h) distanz = Transportentfernung (km) R ² = Bestimmtheitsmaß Eignung für Distanzbereich von 10 – 120 km		
Entladezeit	0,5 h	0,5 h	0,5 h

Tabelle 10: Eingangsdaten zur Leistungsberechnung beim Hackholztransport

Um das Hackgutvolumen eines Rundholz LKWs bestimmen zu können, wurde die Ladung einfach von fm in Srm umgerechnet. Für den Transport von Schlagabraum wurde ein Rundholz LKW mit Einsatzwänden und einem Ladevolumen von 80 m³ herangezogen. Das Ladevolumen in Schüttraummeter für den Transport des Schlagabraumes wird nun folgendermaßen berechnet:

$$\text{Ladevolumen}_{V(Srm)} = 0,17 \frac{fm}{rm} * 80(m^3 = rm) = 13,6 fm \rightarrow 34 Srm$$

Formel 5: Berechnung des Ladevolumens beim Transport von Schlagrücklass

Umrechnung von fm auf Srm laut ÖNORM M - 7132 mit Faktor 2,5!

³³ vgl. Fenz u.a., 2005, S.12

³⁴ vgl. Kanzian, 2005, S.15

³⁵ vgl. Kanzian u.a., 2006, S.31

Durch die Annahme des gleichen Fahrzeitmodells für die drei Transportvarianten, unterscheiden sich die Leistungskurven nur durch die jeweiligen Ladekapazitäten und dem Zeitbedarf beim Be- und Entladen. Dabei ist ersichtlich, dass der Transport von Rundholz am leistungsstärksten und damit auch am kostengünstigsten ist.

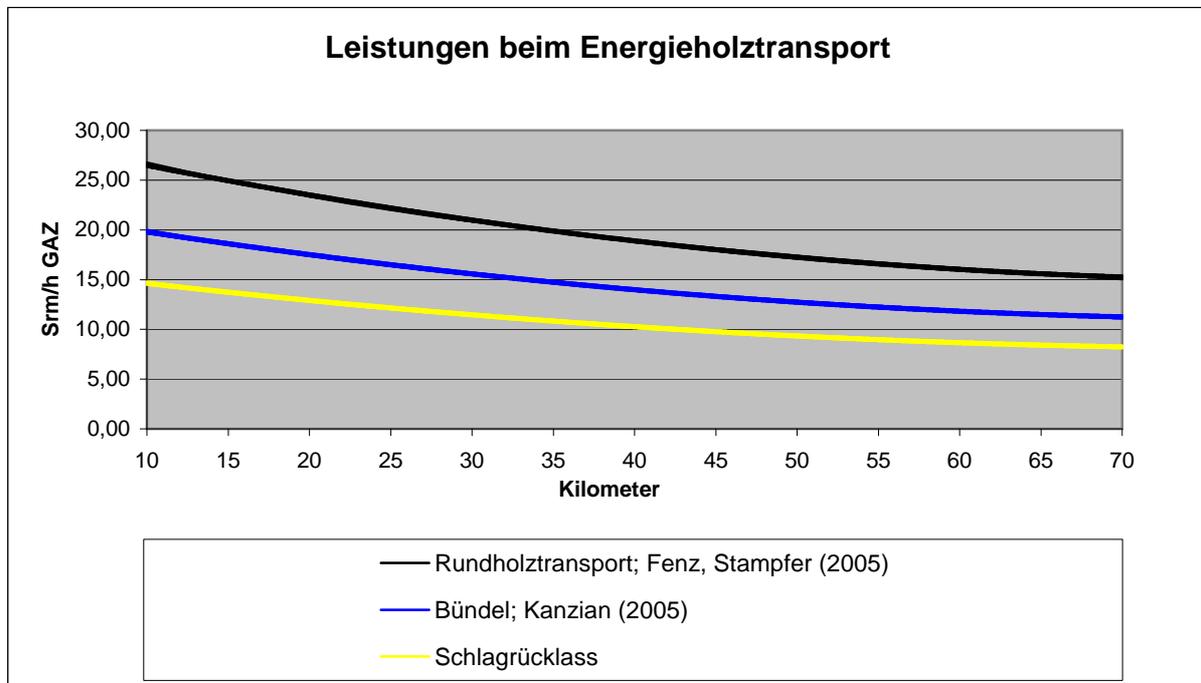


Abbildung 28: Leistung beim Transport von Energieholz

5.2.5.2 Transport von Hackgut

Für die Ermittlung der Leistungskurven beim Transport von Hackschnitzel, wurde beim Modell des Schleppers mit zwei landwirtschaftlichen Anhängern auf die Daten von Wittkopf³⁶ zurückgegriffen.

Zur Darstellung der Leistungsdaten eines Hackgut – LKWs mit Schalengreifer und dem Container LKW mit Anhänger bzw. dem Hackgut LKW mit Anhänger ohne Schalengreifer sind folgende Eingangsgrößen notwendig:

³⁶ vgl. Wittkopf, 2004, S.108

Eingangsdaten zur Leistungsberechnung beim Hackguttransport					
	Hackgut LKW mit Schalen- greifer ³⁷	Container LKW	Container LKW	Hackgut LKW	Hackgut LKW
Hackerleistung	-	90 Srm/h GAZ	140 Srm/h GAZ	90 Srm/h GAZ	140 Srm/h GAZ
Ladevolumen	~ 80 Srm	~ 80 Srm		~ 90 Srm	
Ladezeit	1,6 h	0,94 h	0,57 h	1,00 h	0,64 h
Fahrzeitmodell	$v = -7,1 + 32,1 \cdot \log(\text{distanz})$ $R^2 = 0,51$ <p>v = Durchschnittsgeschwindigkeit (km/h) distanz = Transportentfernung (km) R² = Bestimmtheitsmaß Eignung für Distanzbereich von 10 – 120 km</p>				
Entladezeit	0,25 h	0,25 h	0,25 h	0,25 h	0,25 h

Tabelle 11: Eingangsdaten zur Leistungsberechnung beim Hackguttransport

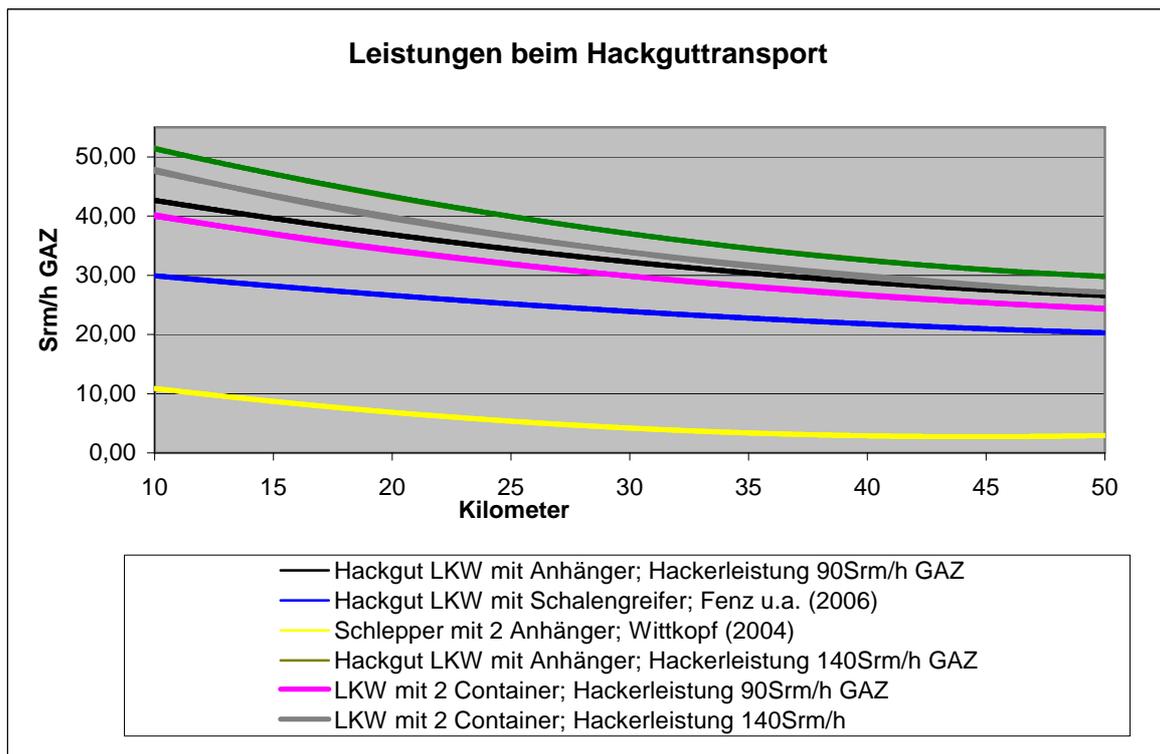


Abbildung 29: Leistung beim Transport von Hackgut

Da die Transportleistung beim Container LKW bzw. Hackgut LKW mit Anhänger wesentlich von der Leistung des Hackers abhängt, wurde die Befüllungszeit bzw. die

³⁷ vgl. Kanzian, 2006, S.31

Transportleistung jeweils für einen mittelgroßen Anhängenhacker und einen mobilen Großhacker durchkalkuliert.

Beim Transport von Hackschnitzel aus Schlagrücklass muss die Zykluszeit wiederum an die Leistung des Hackers angepasst werden. Ein mobiler Großhacker schafft dabei etwa 57 Srm Hackschnitzel/h, wie in Kapitel 5.2.3.3 ermittelt. Das führt zu einer Transportleistung von 25,93 Srm/h GAZ beim Transport von Hackschnitzel aus Schlagrücklass.

5.2.5.3 Beladesysteme beim Hackguttransport

➤ LKW – Rotationssystem

Hierbei sind einer Hackmaschine mehrere Transportsysteme wie z.B. Hackgut LKW mit Anhänger, Hackgut – Schubboden LKW oder Container LKWs mit Anhänger, zugeordnet die zeitlich versetzt, in Abhängigkeit von der Zykluszeit der LKWs, von der Hackmaschine beladen werden. Die Anzahl der Transporteinheiten muss dabei genau auf die Durchsatzleistung und der Transportentfernung angepasst werden, um keine Stillstandszeiten der Hackmaschine zu verursachen → gilt auch für die Transportsysteme „Anhänger- und Wechselcontainer – Rotationssystem“.

➤ Anhänger – Rotationssystem³⁸

Beim Anhänger – Rotationssystem werden einer LKW – Einheit zwei oder mehrere Anhänger zu geordnet. Der LKW fährt mit einem Anhänger zur Beladestelle, wird dort von der Hackmaschine direkt beladen und fährt ohne Anhänger zum Heizwerk zurück. Nach dem Abladen des Hackgutes beim Heizwerk fährt der LKW mit einem zweiten Anhänger zur Hackstelle an der Waldstraße zurück. In der Zwischenzeit wird der zurückgelassene Anhänger beladen, so dass für die nächste Lastfahrt nur mehr das Zugfahrzeug beladen werden muss. So kann die Standzeit des LKW's auf die Beladezeit des Zugfahrzeuges verkürzt werden. Zusätzlich treten jedoch Wartezeiten für den Hacker auf, da der volle Anhänger immer durch einen Leeren ersetzt werden muss. Für den Austausch der Anhänger kann mit einem Zeitaufwand von ca. 10 – 15 min gerechnet werden, da ein LKW mit Anhänger nur schwer zu manövrieren ist.

➤ Wechselcontainersystem³⁹

Das Wechselcontainersystem ist dem Anhänger – Rotationssystem ähnlich. Einem Trägerfahrzeug mit Anhänger werden vier oder mehrere Abrollcontainer zugeordnet, so dass hierbei auch für den Zugwagen die Wartezeit entfällt. Die Aufenthaltsdauer des LKWs kann somit auf den Austausch der beiden vollen Container gegen zwei leere Container beschränkt werden. Da der Austauschvorgang jedoch einen komplexen Ablauf mit sich führt, muss mit einer Manipulationszeit von bis zu ca. 40 min gerechnet werden.

Bei einem Einsatz des Container LKWs ohne Anhänger verkürzt sich der Umschlagvorgang auf den Austausch eines Containers, dass in etwa nur ca.10 – 15 min beansprucht.

³⁸ vgl. Patzak, 1981, S.62f

³⁹ vgl. Patzak, 1981, S.63f

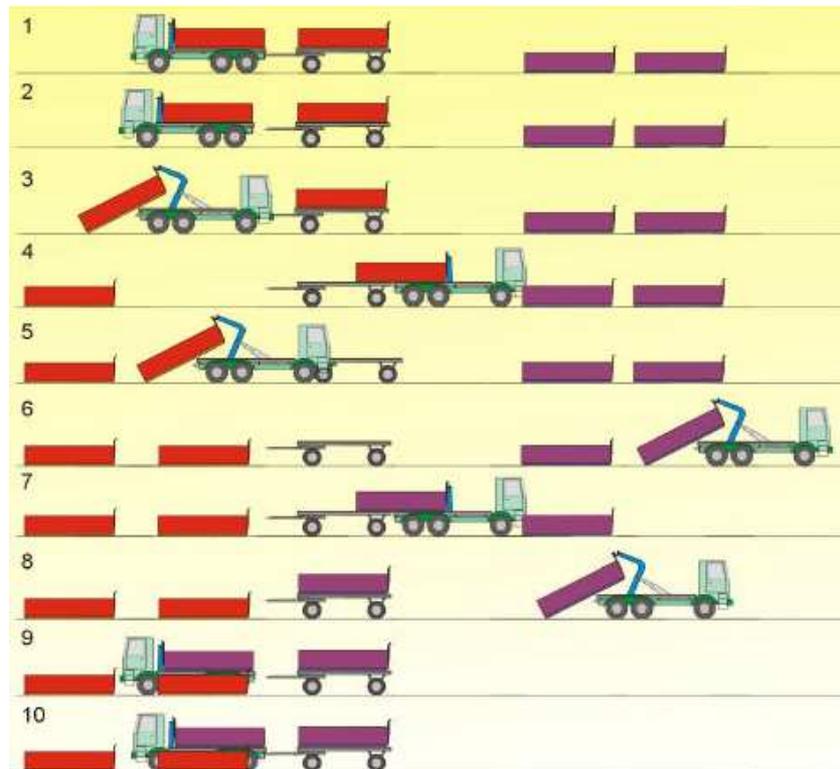


Abbildung 30: Arbeitsgänge beim Containerumschlag

Das Arbeiten mit Wechselcontainer würde theoretisch auch eine gebrochene Kette erlauben, da die benötigten Container im Vorfeld antransportiert und erst nach Beendigung des Hackvorganges wieder abgeholt werden können. Folgende Gründe sprechen aber gegen diesen Vorgang:

- Aufgrund des knappen Platzangebotes an der Waldstraße ist das Aufstellen mehrerer Container nur schwer möglich
- Die geringe Auswurfweite der Hackmaschine erfordert ein Abstellen der Container unmittelbar neben dem Hacker
- Der Vortransport der Container zur Waldstraße erfordert eine zusätzliche Fahrt zum Einsatzort und bringt daher keine wesentlichen Kostenvorteile

➤ **Schüttgut LKW mit Ladekran und Schalengreifer**

Bei Verwendung eines Schüttgut - LKWs mit Ladekran und Schalengreifer wird der Hacker an einer günstigen Stelle an der Forststraße aufgestellt. Das erzeugte Hackgut wird dabei direkt am Boden gelagert. Die anschließende Selbstbeladung des Transportmittels durch den Schalengreifer bringt wesentliche Platzvorteile im Gegensatz zu den Systemen bei der Direktbefüllung, bei denen das Nebeneinander- bzw. Hintereinanderstellen der Maschinen Voraussetzung ist.

Weiters gibt es durch die Entkoppelung von Hacken- und Transportvorgang keine ablaufbedingten Wartezeiten des Hackers, was dessen Produktivität erhöht und somit die Kosten senkt. Die gegenüber einem Schüttgut - LKW ohne Ladekran geringere Nutzlast bedingt eine geringere Produktivität des Schüttgut - LKW mit Ladekran was in etwas höheren Transportkosten resultiert. Die Stärken des Transportsystems liegen in der flexiblen Einsatzplanung und dem geringen Organisationsaufwand. Die Anwendung ist sowohl in gekoppelten, als auch in entkoppelten Arbeitssystemen möglich.

Bei der Einsatzplanung ist auf die Qualität des Untergrunds des Waldhackgut - Haufens hinsichtlich der Ladetätigkeit und auf die Reichweite des Ladekrans zu achten. Zusätzlich bringt das Aufladen des Hackgutes vom Boden einige Nachteile mit sich. Zum einen tritt eine Verunreinigung des Material durch die Manipulation von bodennahen Hackschnitzel auf, zum anderen kommt es zu einem Verlust an Rohstoff, da niemals das ganze Hackgut geladen werden kann. Der prozentuelle Verlust ist umso größer, je schlechter der Untergrund und je kleiner der Hackguthaufen ist.

Der Zeitbedarf für das Beladen ist in erster Linie vom Fassungsvermögen des Schalengreifers abhängig. Bei einem Feldversuch⁴⁰ der Universität für Bodenkultur Wien betrug der Zeitbedarf für das Beladen eines Hackgut – LKWs mit Anhänger und einem Fassungsvermögen von 81 m³ etwa 1,6 Stunden. Wobei keine Angaben über das Fassungsvermögen des Schalengreifers gemacht wurden.

➤ **Beladen durch Radlader**

Das Beladen der Hackgut LKWs durch einen Radlader erfolgt meist an Lagerplätzen mit befestigtem Untergrund. Wie bei der Selbstbeladung durch den LKW mit Schalengreifer sind auch hier wieder die Verunreinigungen und der Materialverlust die größten Nachteile. Die Beladung von Transportfahrzeugen durch einen Radlader an der Waldstraße macht aufgrund der engen Platzverhältnisse keinen Sinn.

Der Zeitbedarf für den Ladevorgang ist wiederum abhängig vom Fassungsvermögen der Schaufel, der Aufstellung der Maschinen und dem damit verbundenen Fahrweg des Radladers. Ein Volvo Radlader E120L mit einem Schaufelvolumen mit ca. 8 – 9,5 m³ Hackgut benötigt für das Befüllen eines Schubboden LKWs mit 90 m³ Transportvolumen im maximalen Fall zwölf Schaufelladungen. Bei einer günstigen Aufstellung der Maschinen kann die Ladezykluszeit (Beladen der Schaufel; Hinfahrt zum LKW; Entleerung der Schaufel; Rückfahrt zum Hackguthaufen) mit etwa 1,5 – 2 min angenommen werden, was einer Ladezeit von maximal 24 min ergibt.

5.2.5.4 Vergleich Transport Hackholz – Hackgut

Beim Vergleich der beiden Leistungsdiagramme fällt auf, dass beim Transport von Hackschnitzel wesentlich größere Leistungen als beim Transport von Hackholz erbracht werden können. Grund für die Überlegenheit des Hackschnitzeltransportes ist das hohe Transportvolumen von bis zu 90 Srm (Schubboden LKW) und die relativ rasche Beladung durch einen Großhacker. Auch beim Entladen ergeben sich Vorteile für den Hackschnitzeltransport, da dies im einfachsten Fall durch Abkippen der Hackschnitzel erledigt werden kann. Keinen Einfluss auf die Leistung der beiden Transportvarianten hat die Transportentfernung, da beide Systeme dem gleichen Fahrzeitmodell unterliegen.

Beim Hackholztransport hingegen ist eine ziemlich hohe Manipulationszeit für das Be- und Entladen eines Rungen – LKWs nötig. Dazu kommt noch eine geringere Ladekapazität als beim Hackschnitzeltransport.

⁴⁰ vgl. Fenz, 2006, S.19

➤ **Transportvolumen in Abhängigkeit des Wassergehaltes**

	WHG Fichte (Kg/Srm)	Rundholz LKW	Auslastung in %	Hackgut LKW	Auslastung in %
Max. Nutzlast in kg	-	20.000		20.000	
Max. Ladevolumen in Srm	-	65		90	
Ladevolumen Srm bei 30 % WG	217	65	100 %	90	100 %
Ladevolumen Srm bei 40 % WG	253	65	100 %	79	88 %
Ladevolumen Srm bei 50 % WG	303	65	100 %	66	73 %

Tabelle 12: Transportvolumen in Abhängigkeit des Wassergehaltes (1)

Bei geringem Wassergehalt, unter 30 %, können alle Systeme voll ausgelastet werden und der Transport von Hackgut ist dem Rundholztransport durch das größere Transportvolumen klar überlegen (vergleiche Tabelle 12 und Tabelle 13). Bei steigendem Wassergehalt des Hackgutes verringert sich das Transportvolumen der Hackgut LKWs aufgrund des einzuhaltenden zulässigen Gesamtgewichtes. Bei einem Wassergehalt von 50 % kann der Rundholztransport bereits dasselbe Volumen wie der Hackgut LKW transportieren und die Transportkosten der beiden Systeme werden identisch. Der Hackgut LKW mit Schalengreifer und der Container Zug passen sich bereits bei einem Wassergehalt von 40 % - 45 % den Kosten des Rundholz LKWs an.

	WHG Fichte (Kg/Srm)	Hackgut LKW mit Schalengreifer	Auslastung in %	LKW mit zwei Container	Auslastung in %
Max. Nutzlast in kg	-	17.200		17.800	
Max. Ladevolumen in Srm	-	80		80	
Ladevolumen Srm bei 30 % WG	217	80	100 %	80	100 %
Ladevolumen Srm bei 40 % WG	253	68	85 %	71	88 %
Ladevolumen Srm bei 50 % WG	303	57	71 %	59	73 %

Tabelle 13: Transportvolumen in Abhängigkeit des Wassergehaltes (2)

5.2.5.5 Hinweis zur Berechnung der Transportkosten und -leistung

Die Transportleistung und die damit verbundenen Transportkosten sind, wie bereits erwähnt, sehr stark von der Transportentfernung abhängig. Vor allem bei geringen Ladvolumen, geringer Transportgeschwindigkeit (wie z.B. Schlepper mit Anhänger) und großen Entfernungen nimmt die Leistung stark ab. Daher sind manche Transportsysteme nur bei kurzen Transportwegen sinnvoll.

Im Mittel sind die drei Biomasse – Heizkraftwerke der Nawaro GmbH mit Standorte im Waldviertel 35,9 Straßenkilometer voneinander entfernt. Die größte Entfernung liegt zwischen den Standorten Altweitra und Göpfritz mit 41,9 km.

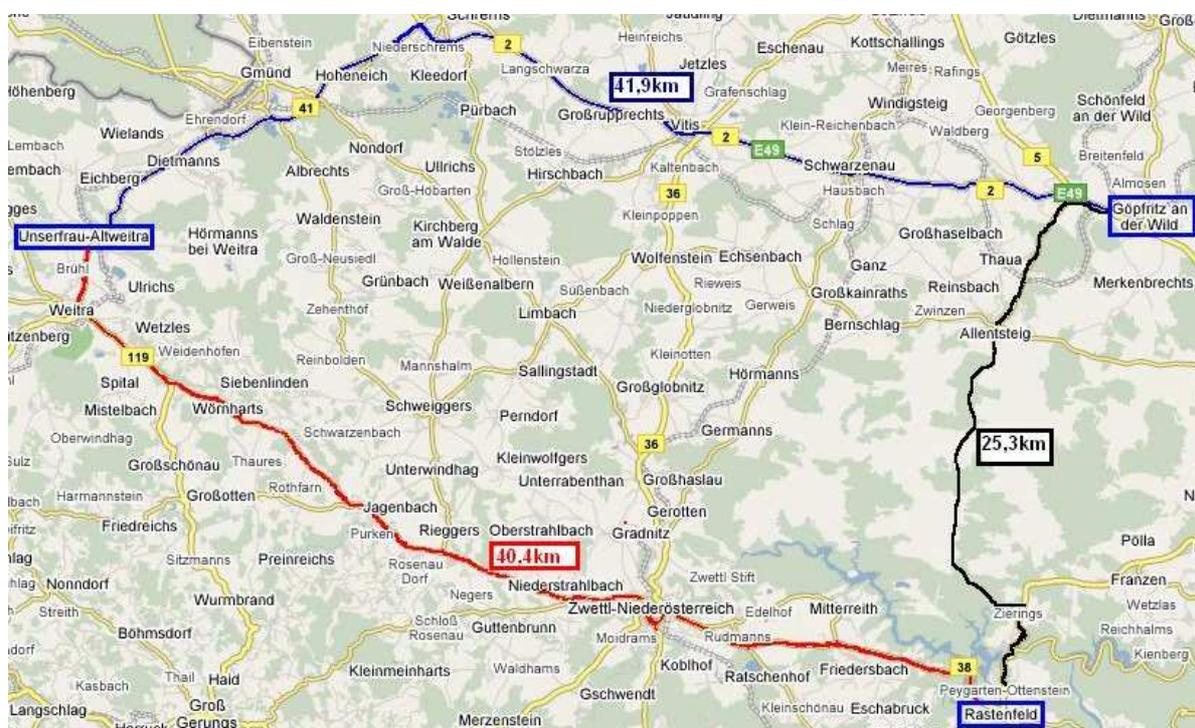


Abbildung 31: Entfernungen zwischen den Heizwerkstandorten

Die maximale halbe Streckenlänge liegt dann bei ~ 21 km. Das Verhältnis zwischen Straßenkilometer und Luftlinie liegt, ermittelt anhand der Hauptverkehrsverbindungen zwischen den drei Kraftwerken, bei zirka 85 %.⁴¹ Bei einer halben Streckenlänge von maximal 21 km kann somit ein kreisförmiger Bereich mit dem Radius von ~ 17,8 km Luftlinie abgedeckt werden.

Daher wurde für die Logistikketten, die einen Schlepper mit Anhänger als Transportmittel vorsehen, eine Transportentfernung von 20 km angenommen. Dadurch kann der Anlieferbereich innerhalb der drei Hauptverkehrsverbindungen zwischen den drei Standorten relativ gut abgedeckt werden (Abbildung 32). Eine Erhöhung der Transportentfernung wirkt sich negativ auf die Transportkosten und auf die Systemleistung aus. Anlieferungen aus näher gelegenen Gebieten verbessern die Situation.

Bei den Bereitstellungsketten mit LKWs als Transportmittel, wurde die Transportentfernung bei der Kostenkalkulation auf 30 Straßenkilometer ausgedehnt. Das ergibt eine Erweiterung des kreisförmigen Anlieferbereiches von 17 km auf 25,5 km Radius Luftlinie (Abbildung 33). Dadurch kann ein Großteil des gesamten Waldviertels abgedeckt werden.

⁴¹ vgl. www.austrianmap.at (26.09.07)

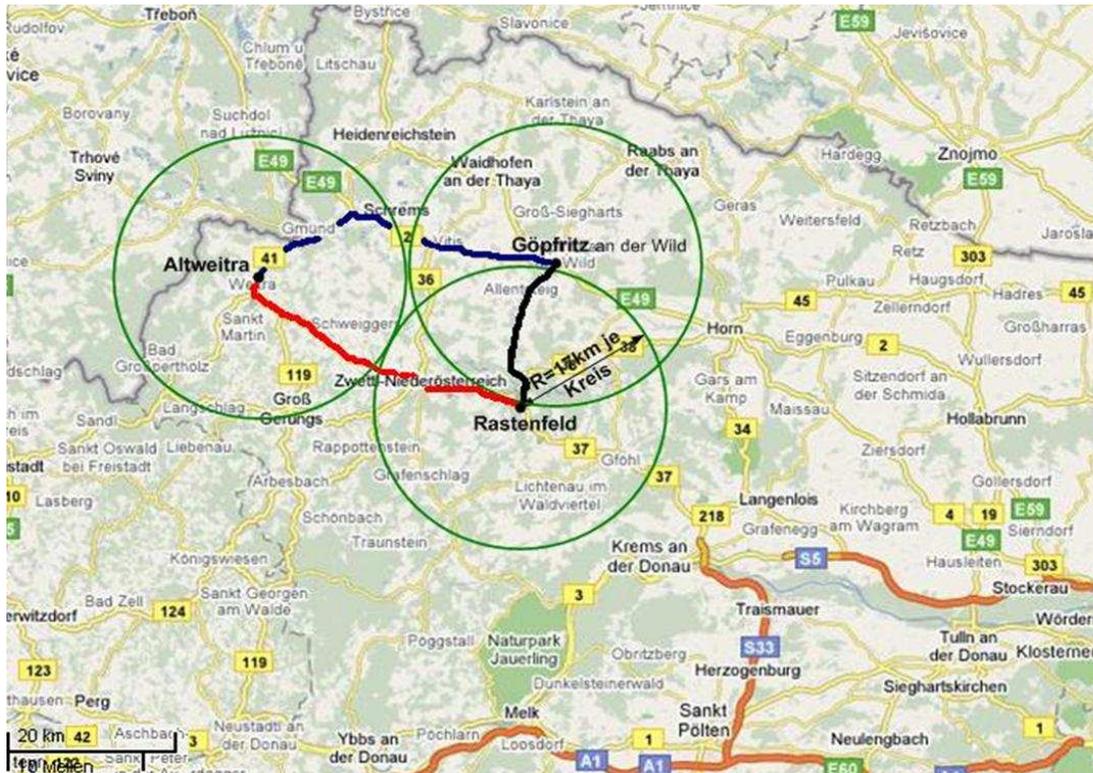


Abbildung 32: Flächendeckung bei einem kreisförmigen Anlieferbereich von 20 km je Standort

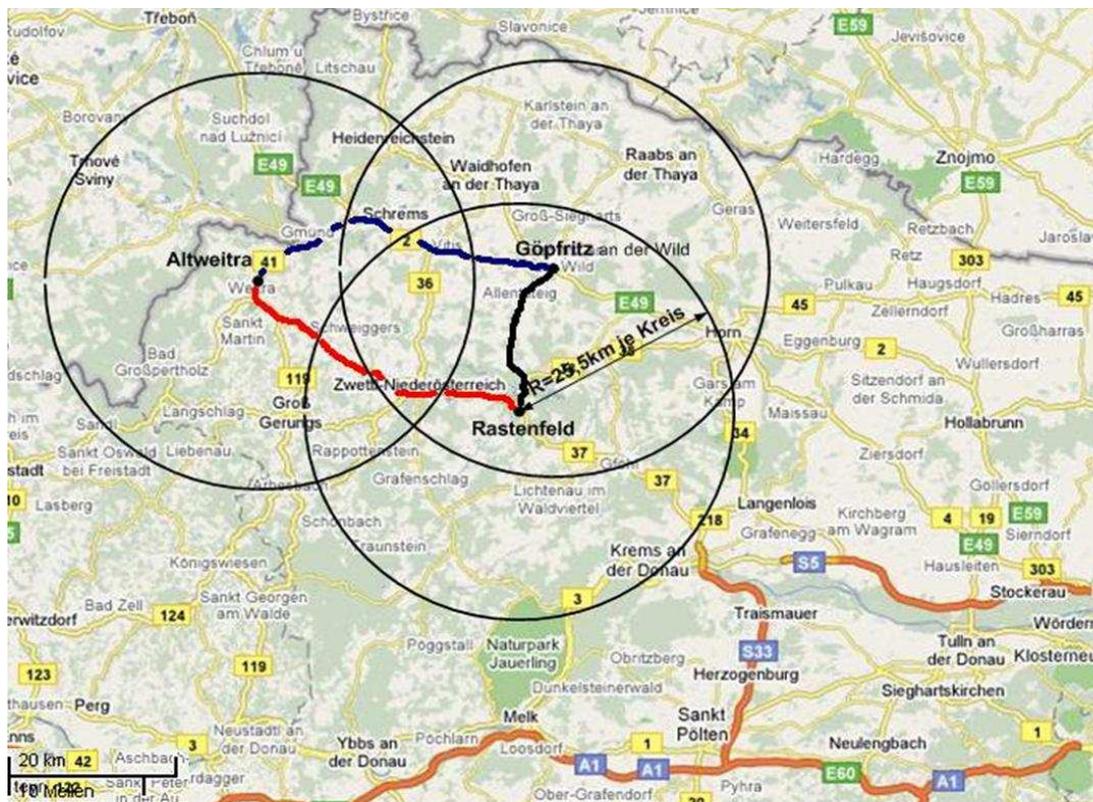


Abbildung 33: Flächendeckung bei einem kreisförmigen Anlieferbereich von 30 km je Standort

6 Lagerplatzgestaltung

Bei den Logistikketten bei denen ein Energieholzlagerplatz direkt beim Heizwerk als Hackort vorgesehen ist, müssen auch die Lagerungs- und Manipulationskosten des Energieholzes in die Kostenrechnung miteinbezogen werden. Bei der Errichtung eines Lagerplatzes müssen einige Richtlinien hinsichtlich der Lagerung des Rundholzes und des vorbeugenden Brandschutzes beachtet werden.

6.1 Lagerbestimmungen

Bei der Lagerung von Energieholz auf einem Lagerplatz müssen die Lagerbestimmungen nach der Arbeitsstättenverordnung 1997, der Allgemeinen Arbeitnehmerschutzverordnung 1997 und nach den technischen Richtlinien des vorbeugenden Brandschutzes 1981 eingehalten werden.

▪ Lagerungen (AStV 1997)

§10. (1) Lagerungen sind so vorzunehmen, dass Arbeitnehmer/innen durch das Lagergut oder durch die Gebinde oder Verpackungen nicht gefährdet oder beeinträchtigt werden können, wobei insbesondere Bedacht zu nehmen ist auf:

1. die Stabilität und Eignung der Unterlage,
2. die Standfestigkeit der Lagerung selbst,
3. die Standfestigkeit der für die Lagerung verwendeten Einrichtungen,
4. die Beschaffenheit der Gebinde oder Verpackungen,
5. den Böschungswinkel von Schüttgütern,
6. den Abstand der Lagerungen zueinander oder zu Bauteilen oder Arbeitsmitteln und
7. mögliche äußere Einwirkungen.

▪ Allgemeines über Lagerungen (AAV)

§64. (1) Erforderlichenfalls sind zur Durchführung von Lagerarbeiten geeignete Betriebseinrichtungen und Betriebsmittel, wie Fördereinrichtungen, Regalbedienungsgeräte, ortsfeste Stapleinrichtungen oder Hubstapler, zur Verfügung zu stellen.

(5) Das Errichten und Abtragen von Stapeln ist von sicheren Standplätzen aus vorzunehmen und hat erforderlichenfalls unter fachkundiger Aufsicht zu erfolgen. Aus den unteren Lagen eines Stapels darf weder Lagergut herausgezogen noch dem Lagergut Material entnommen werden.

▪ **Technische Richtlinien vorbeugender Brandschutz TRVB C141 81, bei Lagerung fester, brennbarer Stoffe im Freien**

Auszug der wichtigsten Punkte für die Lagerung von Rundholz:

- Punkt 2. Lagerhöhen
Holzstöße max. 5 m
- Punkt 3.2.1.1
Lagereinzelflächen dürfen eine Grundfläche von höchstens 100 m² aufweisen. Sicherheitsstreifen und Brandschutzstreifen sind laut folgender Tabelle festzulegen:

- Punkt 3.2.2.1

	Sicherheitsstreifen [m]	Brandschutzstreifen (zur Brandabschnittsbildung) [m]
Zwischen den Lagereinzelflächen	3	-
Nach max. 25 m belegter Fläche	5	-
Nach max. 50 m belegter Fläche	8	-
Nach max. 100 m belegter Fläche	-	100

Tabelle 14: Sicherheits- und Brandabschnittsstreifen

- Punkt 3.2.2.2
Bei Rundholz mit einem mittleren Durchmesser von mehr als 20 cm sowie bei Papier in Rollen oder Ballen darf die Lagereinzelfläche, unbeschadet der Regelung in Pkt. 3.2.1.1, 25 m x 25 m voll belegt werden. Die Sicherheits- und Brandschutzstreifen gemäß Pkt 3.2.2.1 sind einzuhalten.
- Punkt 5.2
Für Lagerplätze über 5.000 m² sind zwei Zufahrten gemäß der technischen Richtlinie TRVB F 134 79 zu errichten.

▪ **Lagervolumen/Lagerfläche**

Bei Einhaltung der vorgeschriebenen Sicherheits- und Brandabschnittsstreifen sowie der zulässigen Lagerhöhe, können auf einem Energieholzlagerplatz innerhalb eines Brandabschnittes etwa 35.000 fm Rundholz bei einem Flächenbedarf von rund 19.000 m² gelagert werden. Das ergibt einen Faktor von etwa 1,85 fm/m² Lagerplatz.

6.2 Hinweise zur Gestaltung eines Energieholzlagerplatzes

Hinweise und Anforderungen zur Lagerplatzgestaltung	
Lagerung der Biomasse	auf sauberem, trockenem und ebenem Boden
	mit guter Durchlüftung der Biomasse – etwa 60 cm Bodenabstand, unterhalb dieses Bereiches findet nahezu keine Trocknung statt
	Zwischenkreuzlagen zur besseren Durchlüftung
	bei Forstschutzbedenken mind. 50 m vom Wald entfernt
Zufahrt für LKWs	abseits von Wohngebieten (Lärm- und Staubentwicklung)
	Einhaltung der Richtlinien des vorbeugenden Brandschutzes gemäß der TRVB C 141 81 bei der Lagerung fester, brennbarer Stoffe im Freien
Ausgestaltung und Größe des Lagerplatzes	gut befestigt, im Winter geräumt
	Einhalten von Höhen- und Gewichtsbestimmungen (z.B. 40 to, 4,5 m Höhe, 3 m Breite)
	Ausweich- und Wendemöglichkeiten für LKWs
Ausgestaltung und Größe des Lagerplatzes	Neben dem Lager etwa 8 m Platz für Aufstellung von Hackmaschine und LKW
	Lagerplatzgröße muss dem Bedarf der Heizwerke (Verbrauch, Pufferlager) angepasst werden

Tabelle 15: Hinweise und Anforderungen zur Lagerplatzgestaltung⁴²

➤ **Bauliche Ausführung eines Lagerplatzes**⁴³

Die bauliche Ausführung kann mit folgenden Punkten beschrieben werden:

- Humusabtragung und seitliche Lagerung
- Entwässerung des gesamten Platzes
- Grob- und Feinklämung der anfallenden Oberflächenwasser
- Unterbauplanum mit 60 cm Schotter
- Ober Tragschicht mit 10 cm Schotter
- Asphaltbelag auf einem Drittel der gesamten Fläche (Ein- und Ausfahrten, wichtigste Fahrwege,...)
- Aufschließung der Baustelle (Wasser, Strom, Telefon,...)

⁴² vgl. Kanzian, 2006, S.98

⁴³ vgl. Herzog, 2006, S.52

7 Kosten bei der Hackgutbereitstellung

7.1 Lohnkosten

Ein wesentlicher Kostenfaktor bei der Bereitstellung von Waldhackschnitzel sind die Lohnkosten. Diese sind je nach Bereitstellungssystem höher oder niedriger. Im Allgemeinen haben Bereitstellungssysteme mit einem höheren Mechanisierungsgrad geringere Lohnkosten.

Je nachdem ob das Verfahren von einem Privatwaldbesitzer oder einem Unternehmen durchgeführt wird, werden verschiedene Lohnkosten kalkuliert.

Systemdurchführung	Art der Arbeitskraft	Lohnkosten
Privatwaldbesitzer	Eigenleistung, Maschinenringarbeitskraft	11,50 €/h ⁴⁴
Unternehmen	Forstarbeitskraft	24,00 €/h ⁴⁵
	LKW Fahrer	20,68 €/h

Tabelle 16: Übersicht Lohnkosten

7.2 Maschinenkosten

Im Gegensatz zu den Lohnkosten steigen die Maschinenkosten mit dem Grad der Mechanisierung stark an.

Bei den eingesetzten Maschinen wurden zum größten Teil ÖKL – Richtwerte zur Maschinenkostenberechnung herangezogen. Bei den ÖKL – Richtwerten handelt es sich dabei um reine Selbstkosten, dass heißt es sind kein Gewinn, keine Umsatzsteuer oder sonstige Kosten mit eingerechnet.

Die Selbstkosten setzen sich dabei aus

- den Fixkosten,
- den Fixkostenanteil pro Stunde,
- einem Reparaturkostenfaktor in % vom Neuwert und
- den Kosten für Treibstoff und Schmierstoffe zusammen.

Zur Ermittlung der Selbstkosten bei höher mechanisierten Maschinen und Maschinen die nicht in der ÖKL – Richtwertliste aufschienen, wurden die Selbstkosten anhand eines Maschinenkostenmodells für Forstmaschinen bzw. für den gewerblichen Güterverkehr errechnet. Zum Teil wurden die Maschinenselbstkosten für Forstspezialmaschinen auch aus der Fachliteratur⁴⁶ entnommen.

⁴⁴ vgl. <http://www.oekl.at/richtwerte/berechnungsgrundlagen> (18.09.07)

⁴⁵ vgl. FPP Kostenrechnung, 2005, S.36ff

⁴⁶ vgl. Landwirtschaftskammer NÖ Austrofoma, 2007, S.70ff

7.2.1 Selbstkostenrechnung Forstmaschinen und mobile Großhacker

Das Selbstkostenmodell wird anhand einer Kalkulation für einen Radharvester VALMET 901.3 erklärt:

Selbstkostenrechnung für Forstmaschinen⁴⁷	
Eingangsdaten:	
Anschaffungskosten (An)	288.000 €
Normale Nutzungsdauer (H)	10.000 Bstd.
Veralterungszeitraum (N)	6 Jahre
Jährliche Auslastung (JA)	1.500 Bstd.
Auslastungsschwelle (Sw = H/N)	1.667 Bstd./Jahr
Zinsfaktor (p)	6,0%
Reparaturkostenquote (r)	0,90
Raumbedarf in m ³ für Unterstellung (V)	/ m ³
Kostensatz je m ³ und Jahr für Gebäude (KS)	/ €/m ³ /Jahr
Jährliche Haftpflichtversicherung (P)	/ €/Jahr
mittlerer Treibstoffverbrauch je Bstd. (t)	10 l/Bstd.
Treibstoffkosten/l (TPr)	1 €/l
Schmierstoffkosten in % von Treibstoffkosten (S)	25,0%
BERECHNUNG:	
Abschreibung (= An/(N*JA))	32,00 €/Bstd.
Verzinsung (= (An/2*p)/JA))	5,76 €/Bstd.
Reparaturkosten (wenn JA<Sw; (An*N*JA)/(H*H)*r, ansonst (An/H*r))	23,33 €/Bstd.
Garagierung (= V*KS/JA)	1,92 €/Bstd.
Versicherung (= P/JA)	1,92 €/Bstd.
Treibstoff (= t*TPr)	10,00 €/Bstd.
Schmiermittelkosten (= S*Kraftstoffkosten)	2,88 €/Bstd.
Gesamte Sachkosten	77,80 €/Bstd.
Bruttostundenlohn Fahrer (L)	10 €/h
Lohnnebenkosten Fahrer (LNK) [140 %]	14,00 €/h
SYSTEMGESAMTKOSTEN (Netto - Selbstkosten)	101,80 €/Bstd

Tabelle 17: Selbstkostenberechnung Harvester

Der Neupreis und die jährliche Auslastung wurde aus der Fachliteratur⁴⁸ entnommen. Der Veralterungszeitraum wurde mit sechs Jahren gewählt und für den Zinsfaktor werden sechs Prozent berücksichtigt. Die anfallenden Versicherungs- und Garagierungskosten sind je nach Unternehmen und Maschine unterschiedlich zu wählen. Laut ÖKL – Richtlinien können aber für die Versicherungs- und Unterstellungskosten etwa zwei Prozent vom Anschaffungswert eingerechnet werden. Der Faktor für die Reparaturkosten kann beim Harvester Werte von 0,9 bis etwa 1,1 annehmen. Dieser Kalkulation wurde ein Faktor von 0,9 zugrunde gelegt. Die Lohnkosten wurden wie im Kapitel 7.1 mit € 24/h angenommen.

Beim Vergleich mit den veröffentlichten Selbstkosten⁴⁹ (~ € 76 Selbstkosten) für den Harvester VALMET 901.3 decken sich die beiden Werte ganz gut. Die anfallenden

⁴⁷ vgl. FPP Kostenrechnung, 2005, S.65f

⁴⁸ vgl. Landwirtschaftskammer NÖ Austrofoma, 2007, S.90

⁴⁹ vgl. Landwirtschaftskammer NÖ Austrofoma, 2007, S.90

Maschinenkosten für einen Mittelklasse Forwarder VALMET 840.3⁵⁰ und einen Forstspeziialschlepper HSM 904a⁵¹ wurden direkt aus der Fachliteratur entnommen.

Für die auftretenden Selbstkosten einer mobilen Hackmaschine (Aufbauhacker auf LKW) konnten in der Literatur keine Ergebnisse gefunden werden. Daher wurden Hackgut - Unternehmer zu diesem Thema telephonisch befragt. Bei der untersuchten Maschine handelt es sich um einen Jenz HEM 700 Hacker, der auf einem 3 – Achs LKW mit Beschickungskran aufgebaut ist.

Selbstkostenrechnung mobile Hackmaschine Jenz HEM 700	
Eingangsdaten:	
Anschaffungskosten (An)	350.000 €
Normale Nutzungsdauer (H)	8.000 Bstd.
Veralterungszeitraum (N)	5 Jahre
Jährliche Auslastung (JA)	1.500 Bstd.
Auslastungsschwelle (Sw = H/N)	1.600 Bstd./Jahr
Zinsfaktor (p)	6,0% Prozent
Reparaturkostenfaktor (r) ⁵²	0,60
Raumbedarf in m ³ für Unterstellung (V)	250 m ³
Kostensatz je m ³ und Jahr für Gebäude (KS)	13,0 €/m ³ /Jahr
Jährliche Haftpflichtversicherung (HP)	3.250 €/Jahr
mittlerer Treibstoffverbrauch je Bstd. (l)	70 l/Bstd.
Treibstoffkosten/l (TPr)	1,00 €/l
Schmierstoffkosten in % von Treibstoffkosten (S)	5,0% Prozent
BERECHNUNG:	
Abschreibung (= An/(N*JA))	46,67 €/Bstd.
Verzinsung (= (An/2*p)/JA)	7,00 €/Bstd.
Reparaturkosten (= (An*r*N*JA)/H ² wenn JA<SW, ansonst An/H*r)	24,61 €/Bstd.
Verschleißteilkosten [Klingen, Klemmstücke, Gegenmesser, Wurfschaufeln,...] ⁵³	8,80 €/Bstd.
Garagierung (= V*KS/JA)	2,17 €/Bstd.
Versicherung (= HP/JA)	2,17 €/Bstd.
Treibstoff (= t*TPr)	70,00 €/Bstd.
Schmiermittelkosten (= S*Kraftstoffkosten)	3,50 €/Bstd.
Gesamte Sachkosten	164,91 €/Bstd.
Bruttostundenlohn Fahrer (L)	10 €/h
Lohnnebenkosten Fahrer (LNK) [140%]	14,00 €/h
SYSTEMGESAMTKOSTEN (Netto - Selbstkosten)	188,91 €/Bstd.

Tabelle 18: Selbstkostenberechnung mobile Hackmaschine

Die Anschaffungskosten belaufen sich je nach Ausstattung zwischen € 300.000 und € 350.000, mit einer Nutzungsdauer von etwa fünf Jahren zu je 1.600 Betriebsstunden.⁵⁴ Ein großer Kostenfaktor bei den mobilen Hackmaschinen ist der Treibstoffverbrauch. Bei einem eigens aufgebauten Dieselmotor als Hackmaschinenantrieb mit rund 600 PS kann mit etwa 60 – 75 Liter an Treibstoffverbrauch pro Betriebsstunde gerechnet werden. Einen weiteren großen

⁵⁰ vgl. Landwirtschaftskammer NÖ Austrofoma, 2007, S.90

⁵¹ vgl. Landwirtschaftskammer NÖ Austrofoma, 2007, S.182

⁵² vgl. mündliche Mitteilung: DI (FH) August Leutgeb, Finanzen, Fa. Leutgeb Hackschnitzel (15.02.08)

⁵³ vgl. schriftliche Mitteilung: GF Josef Kramer, Fa. Kramer Hackguterzeugung (12.02.2008)

⁵⁴ vgl. mündliche Mitteilung: Norbert Goldnagl, Vertreter, Fa. Jenz, (06.02.2008)

Kostenanteil nehmen die Bereiche Wartung, Reparatur und Verschleißteile ein. Wobei sich die angegebenen Reparaturkosten und Wartungskosten auf das Gesamtsystem (LKW, Kran, Hacker) beziehen und die Verschleißteile in den Bereich der Hackmaschine fallen. Die Garagierungs- und Versicherungskosten werden wie bei der Harvester – Selbstkostenrechnung aus den ÖKL Richtlinien mit jeweils einem Prozent des Anschaffungswertes gerechnet. Für die Personalkosten werden insgesamt € 24/h verrechnet.

7.2.2 Selbstkostenrechnung für den gewerblichen Güterverkehr

Das Selbstkosten – Kalkulationsmodell für den gewerblichen Güterverkehr ist anhand eines Beispiels an einem Rundholz LKW mit Anhänger durchgerechnet. Das Rechenmodell basiert auf den zeitabhängigen Fixkosten, auf den variablen kilometerabhängigen Kosten sowie auf die anfallenden Personalkosten. Die Selbstkosten schwanken daher mit dem zurückgelegten Weg. Um die Selbstkosten beim Holztransport je Stunde ermitteln zu können, müssen die in der Stunde zurückgelegten Kilometer je nach Transportsystem und den errechneten Transportleistungen im Kapitel 5.2.5 herangezogen werden.

Transportsystem	zurückgelegte Kilometer/Bstd.
Hackgut LKW (Hackerleistung 140 Srm/h GAZ)	~ 25
Container LKW (Hackerleistung 90 Srm/h GAZ)	~ 22
Hackgut LKW mit Anhänger und Schallengreifer	~ 18
Rundholz LKW mit Anhänger	~ 19

Tabelle 19: Zurückgelegte Kilometer/Stunde bei einer Anlieferungsentfernung von 30km

Die Zykluszeit beim Rundholz LKW beträgt bei einer Transportentfernung von 30 Kilometer je Fahrtrichtung, rund 3,12 Stunden, dass ergibt einen Transportaufwand von 60 Kilometer je Zyklus. Damit errechnet sich der zurückgelegte Weg mit (60 km / 3,12 h) 19,2 Kilometer/Stunde. Diese Berechnung wird für jedes Transportsystem durchgeführt. Die aus der Transportleistung für die jeweilige Bereitstellungskette ermittelten Kilometer werden für die Selbstkostenrechnung herangezogen.

Weiters werden der Kalkulation folgende Anschaffungskosten bei den unterschiedlichen Transportsystemen unterstellt:

Transportsystem	Neupreis in €
Rundholz LKW mit Anhänger ⁵⁵	€ 196.000
Zugmaschine, 6 x 6, 353 kW	109.000
Hänger	43.000
Kran	28.000
Rungenaufbau auf Zugmaschine	16.000

⁵⁵ vgl. mündliche Mitteilung: Mag (FH) Andreas Mayer, Geschäftsführer, Nawaro Energie Betrieb GmbH, 29.10.2007

Hackgut LKW mit Anhänger	€ 170.000
Zugmaschine; 6 x 4, 265 kW	80.000
Hänger ~ 50 m ³	50.000
Biomassecontaineraufbau ~ 40 m ³	40.000
Hackgut LKW mit Anhänger und Schallengreifer⁵⁶	€ 200.000
Zugmaschine; 6 x 4, 265 kW	80.000
Hänger ~ 50 m ³	50.000
Kran	30.000
Biomassecontaineraufbau ~ 30 m ³	40.000
LKW mit Containeraufbau und Anhänger⁵⁷	€ 145.000
Zugmaschine; 6 x 4, 303 kW	110.000
2 Container mit ~ 40 m ³	10.000
Anhänger für Abrollcontainer	25.000

Tabelle 20: Anschaffungskosten der Transportsysteme

Selbstkostenrechnung LKWs⁵⁸		
Kosten/Fahrzeugdaten	Werte	Einheiten
Fixkosten (zeitabhängige Kosten)		
Anschaffungskosten (An)	196.000	€
Nutzungsdauer (N)	7	Jahre
Fahrzeugrestwert (RW)	0	€
Zinsfaktor (p)	5,50%	Prozent
Jahreskilometer - Leistung (JKL)	100.000	km
Abschreibung/Jahr (= (An-RW)/N)	28.000	€/Jahr
Verzinsung (= An/2*p)	5.390	€/Jahr
Versicherungskosten/Jahr	6.000	€/Jahr
KFZ-Steuer/GO Box	3.000	€/Jahr
Sonstige Kosten	4.000	€/Jahr
Gesamte Fixkosten	46.390	€
Einsatzstunden pro Jahr (JA)	2.200	Stunden
Fixkosten je Einsatzstunde	21,09	€/h
Variable Kosten (kilometerabhängige Kosten)		
Reparaturkosten/Jahr (RK)	8.400	€/Jahr
Reifengarniturkosten (RGK)	6.000	€
Reifenauslastung (RA)	100.000	km
Verbrauch/100km (VB)	65,00	l
Treibstoffpreis/Liter (TrP)	1,00	€/l
Treibstoffkosten/km (= VB*TrP/100)	0,66	€/km
Reparaturkosten/km (= RK/RA)	0,08	€/km
Reifenkosten/km (= RGK/RA)	0,06	€/km
Gesamte variablen Kosten je km	0,80	€/km
Kilometeraufwand je Stunde (Auftragsabhängig)	19	km
Netto - Sachkosten pro Stunde	36,27	€/h
Personalkosten		
Bruttolohn LKW – Fahrer (LK)	9,40	€/h

⁵⁶ vgl. mündliche Mitteilung: DI (FH) Ernst Riedler jun., Verkauf, Fa. Riedler (08.11.07)

⁵⁷ vgl. www.truckscout24.com (08.11.07)

⁵⁸ vgl. portal.wko.at/wk/dok_detail_file.wk?AngID=1&DocID=446156&DstID=1252&StID=220679 – (08.11.07)

Lohnnebenkosten Fahrer (LNK)	11,28	€/h
Fahrerkosten pro Stunde	20,68	€/h
Netto - Selbstkosten pro Stunde	56,95	€/h

Tabelle 21: Selbstkostenberechnung Rundholz LKW

Die Nutzungsdauer wurde für das ganze Transportsystem (Zugmaschine, Aufbau, Anhänger und Kran) mit sieben Jahren angenommen. Der Restwert wurde für alle berechneten Transportsysteme mit € 0 gewählt. Die Fixkosten pro Jahr setzen sich bei der Kalkulation aus der Abschreibung, der Verzinsung, den Versicherungskosten, der KFZ - Steuer, und sonstigen Kosten, wie die Mautgebühr, zusammen. Um den Fixkostenanteil pro Stunde ermitteln zu können, müssen die Einsatzstunden pro Jahr ermittelt werden. Die Betriebsstunden pro Jahr errechnen sich aus einer gesetzlich vorgeschriebenen Lenkzeit von 8 Stunden pro Tag. Durch Kollektivvertrag oder Betriebsvereinbarungen kann die Lenkzeit auf 9 Stunden und zweimal wöchentlich auf 10 Stunden erhöht werden. Dadurch ergibt sich bei 48 Arbeitswochen eine maximale Einsatzzeit von 2.256 h⁵⁹. Bei der Selbstkostenkalkulation wurde den Transportmitteln eine jährliche Einsatzzeit von rund 2.200 Stunden unterlegt, da das volle Zeitpensum nicht immer optimal ausgeschöpft werden kann.

Die variablen kilometerabhängigen Kosten setzen sich aus den Treibstoffkosten/km, den Reparaturkosten/km und den Reifenkosten/km zusammen. Die Werte für die Eingangsgrößen zur Berechnung der variablen Selbstkosten wurden der Fachliteratur entnommen.⁶⁰

➤ **Ermittelte Selbstkosten der Transportsysteme für die Hackgutbereitstellung**

Für die Berechnung der Selbstkosten für die einzelnen Transportsysteme wurden jeweils nur die Anschaffungskosten und die zurückgelegten Kilometer pro Auftragsstunde in der Kostenkalkulation umgeändert. Die ermittelten Ergebnisse sind speziell für die untersuchten Bereitstellungsketten im Kapitel 9 errechnet und können nicht allgemein verwendet werden.

Transportsystem	Netto - Sachkosten/Stunde
Hackgut LKW mit Anhänger (Hackerleistung 140 Srm/h GAZ)	€/h 39,05
Hackgut LKW mit Anhänger und Schalengreifer	€/h 35,78
Container LKW mit 2 Abrollcontainer (Hackerleistung 90 Srm/h GAZ)	€/h 34,72
Rundholz LKW mit Anhänger	€/h 36,27

Tabelle 22: Selbstkosten der Transportsysteme bei einer Anlieferentfernung von 30km

⁵⁹ vgl. Linko, 2006, S.82

⁶⁰ vgl. portal.wko.at/wk/dok_detail_file.wk?AngID=1&DocID=446156&DstID=1252&StID=220679 – (08.11.07)

7.3 Übersicht Maschinenkosten

	Leistung / Bemerkung	Quelle	Maschinenkosten
Teilarbeit			in €/h GAZ
Fällen, Aufarbeiten			
Motorsäge	3,5 kW	ÖKL	4,5
Harvester	125 kW, Mittelklasse Radharvester	Selbstkosten- rechnung	78
Harvester mit Mehrfachfällkopf	125 kW	Fachliteratur	70
Hackschnitzelharvester	130 kW	Fachliteratur	140
Harwarder DUAL	180 kW	Fachliteratur	95
Vorliefern/Rücken			
Forstschlepper mit Seilwinde	50 kW Allrad, 6 to Funkseilwinde	ÖKL	28
Forstschlepper mit Kranrückewagen	70 kW Allrad, 10 to	ÖKL	38
Zangenschlepper	176 kW	Fachliteratur	52
Forwarder	125 kW, Mittelklasse 10 – 12 to	Fachliteratur	55
Shuttle - Transporter	Forwarder mit Container -aufbau	Fachliteratur	50
Hacken/Bündeln			
Schlepper mit Anhängenhacker	70 kW Allrad, max. d 35 cm + Kran	ÖKL	64
Schlepper mit Anhängenhacker, mittlerer Größe	190 kW Allrad, bis max. d 55 cm + Kran	ÖKL	160
LKW mit Aufbauhacker	ab d 55 cm + Kran, 440 kW Antriebsleistung	Selbstkosten- rechnung	165
Forwarder mit Aufbauhacker (Timberchipper)	95 kW	Fachliteratur	190
Bündelmaschine auf LKW	353 kW	Fachliteratur	155
Transport			
Schlepper mit 2 Anhänger	70 kW Allrad, 2 x 8 to 2- achsige	ÖKL	41
Container LKW mit 2 Container	303 kW, 2 x 40 m ³	Selbstkosten- rechnung	35
Hackgut LKW mit Anhänger	265 kW, ~ 90 m ³ Ladevolumen	Selbstkosten- rechnung	39
Hackgut LKW mit Anhänger und Schallengreifer	265 kW, ~ 80 m ³	Selbstkosten- rechnung	36
Rundholz LKW mit Anhänger	353 kW	Selbstkosten- rechnung	37

Tabelle 23: Übersicht Maschinenselbstkosten

7.4 Gesamtkostenübersicht

	Maschinenkosten	Lohnkosten	Gesamtkosten
Teilarbeit	in €/h GAZ	in €/h GAZ	in €/h GAZ (aufgerundet)
Fällen, Aufarbeiten			
Motormanuelles Fällen	4,5	11,5 / 24	16 / 29
Harvester	78	24	102
Harvester mit Mehrfachfällkopf	70	24	95
Hackschnitzelharvester	140	24	165
Harwarder	95	24	120
Vorliefern/Rücken			
Forstschlepper mit Seilwinde	28	11,5	40
Forstschlepper mit Kranrückewagen	38	24	62
Zangenschlepper	52	24	76
Forwarder	55	24	79
Shuttle - Transporter	50	24	75
Hacken/Bündeln			
Schlepper mit Anhängenhacker	64	11,5 / 24	76 / 89
Schlepper mit Anhängenhacker, mittlerer Größe	160	24	185
LKW mit Aufbauhacker	165	24	190
Forwarder mit Aufbauhacker (Timberchipper)	190	24	215
Bündelmaschine auf LKW	155	24	180
Transport			
Schlepper mit 2 Anhänger	41	11,5	53
Container LKW mit 2 Container	35	20,7	56
Hackgut LKW mit Anhänger	39	20,7	60
Hackgut LKW mit Anhänger und Schalengreifer	36	20,7	57
Rundholz LKW mit Anhänger	37	20,7	58

Tabelle 24: Gesamtkostenübersicht

7.5 Lagerungs- und Manipulationskosten

Für die Kalkulation der Logistikketten „Hacken am Werksgelände“ und der Logistikkette „Bündelmaschine - Schlagabraum“ wird ein Lagerplatz mit folgender Infrastruktur und Flächengröße mit eingeplant:

Daten Lagerplatz		
Bezeichnung	Beschreibung	Anzahl
Infrastruktur		
Lagerplatz	11.000 m ² , über 20.000 fm Kapazität, bauliche Ausführung siehe 6.2	1
Ortsbeton - Langbrückenwaage	18 m x 3 m, 60 to/20 kg, inkl. Software	1
Personen		
Wiegemeister/Radladerfahrer	/	1
Maschinen		
Radlader Volvo E120L	20,9 to, 180 kW, inkl. Schüttgutschaufel und Rundholzzange	1

Tabelle 25: Daten Lagerplatz

Je nach Umschlagshäufigkeit des Lagerplatzes fallen nun unterschiedliche Kosten, umgewälzt auf die umgeschlagene Hackgutmenge, an. Die Berechnung der anfallenden Kosten basiert auf der Grundlage des Kostenmodells im Kapitel 11.2.1. Die dazu benötigten Daten sind aus dem Anhang zu entnehmen.

Varianten:	Umschlagshäufigkeit				
	5x	4x	3x	2x	1x
Umgeschlagene Menge (Srm)	250.000	200.000	150.000	100.000	50.000
Gesamtkosten (€)	199.500	195.000	191.000	186.500	182.500
Kosten/Srm Hackgut (€/Srm)	0,80	0,98	1,27	1,87	3,65

Tabelle 26: Lagerungs- und Manipulationskosten

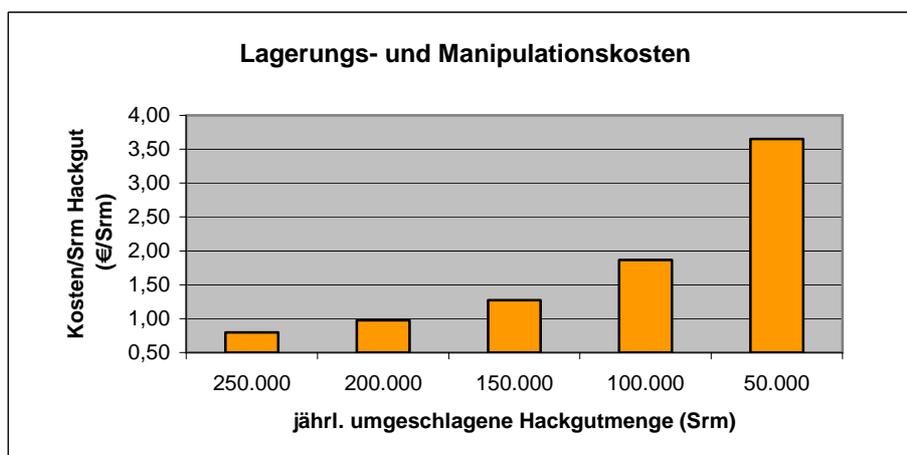


Abbildung 34: Lagerungs- und Manipulationskosten

Bei der Gesamtkostenberechnung der Logistikketten, wurden Lagerungs- und Manipulationskosten bei einer dreifachen Umschlagshäufigkeit unterstellt.

8 Berechnung der Systemleistung und –kosten

Bei der Ermittlung der Kosten- und Leistungswerte der verschiedenen Logistikketten, wurde eine Kalkulation mit Arbeitsstundensätzen und Maschinenstundensätzen, also eine Maschinenstunden- und Fertigungskostensatzrechnung, herangezogen.⁶¹

Die Systemkosten berechnen sich dabei in folgender Weise:

$$\text{Systemkosten} = \sum_{i=1}^n \frac{(\text{Maschinenkostensatz}_i + \text{Lohnkosten}_i)}{\text{Teilarbeitsleistung}_i} = \sum_{i=1}^n \frac{\text{Teilarbeitsgesamtkosten}_i}{\text{Teilarbeitsleistung}_i}$$

Formel 6: Berechnung der Systemkosten

Bei der Kostenberechnung wurden jedoch keine Überstellkosten für die Forstspezialgeräte und keine Gemeinkostenaufschläge (Overheadkosten) miteinbezogen. Diese schwanken je nach Einsatzort und Unternehmen und können daher schlecht bestimmt werden.

Die Systemleistung wird folgendermaßen ermittelt:

$$\text{Systemleistung} = \frac{\text{gewünschte Produktionsmenge}}{\sum_{i=1}^n \text{produktive Stunden der Teilarbeitsschritte}_i}$$

Formel 7: Berechnung der Systemleistung

Beispiel:

Eingangsdaten:

• gewünschte Produktionsmenge	100 Srm		
Teilarbeitsschritte			
• Fällen, Aufarbeiten	15 Srm/h	→	6,66 benötigte Stunden
• Rücken	20 Srm/h	→	5 h
• Hacken	40 Srm/h	→	2,5 h
• Transport	50 Srm/h	→	2 h
		→	16,2
			Gesamtarbeitsstunden

Systemleistung = Produktionsmenge / produktive Stunden der Teilarbeitsschritte

Systemleistung = 100 Srm / 16,2 h = 6,17 Srm/h

⁶¹ vgl. FPP Kostenrechnung, 2005, S.69f

9 Beschreibung der ausgewählten Logistikketten

9.1 Hacken im Waldbestand

9.1.1 Logistikkette: „Hackschnitzel – Harvester, vollmechanisiert“⁶²



Abbildung 35: Logistikkette "Hackschnitzel - Harvester, vollmechanisiert"⁶³

Ausrüstung (v.l.n.r.)

- Hackschnitzel - Harvester
- Hackschnitzel - Transporter (Shuttle)
- Container – LKW mit zwei Abrollcontainer

Arbeitsbeschreibung

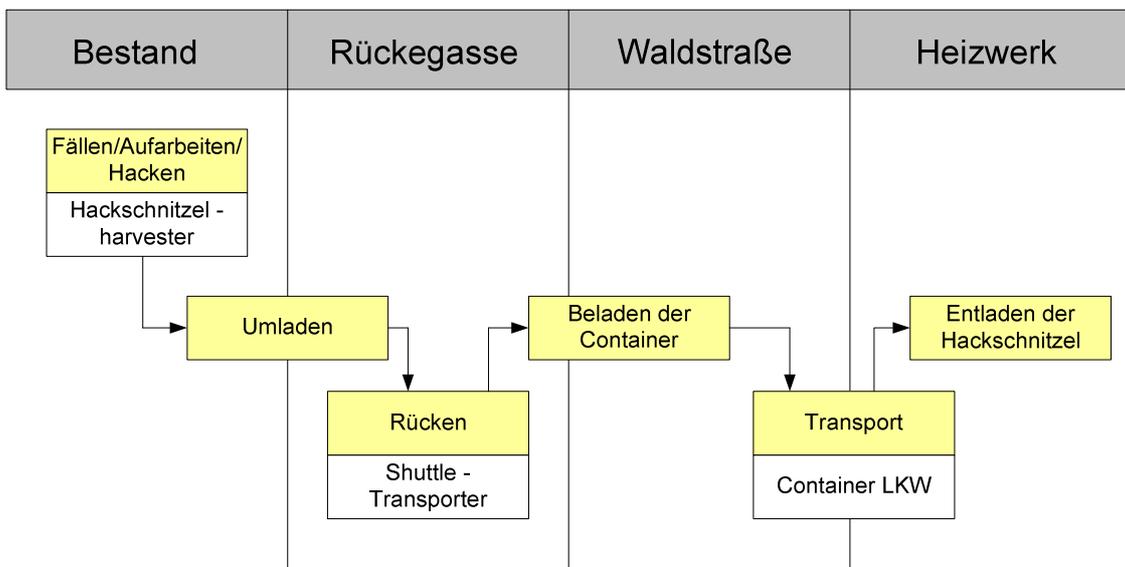


Abbildung 36: Arbeitsdiagramm Logistikkette "Hackschnitzel - Harvester, vollmechanisiert"

⁶² vgl. Feller u.a., 2003, S.60f

⁶³ vgl. v.l.n.r. Bild 1, www.jacobi22.de (30.11.07);

Bild 2-3, www.carmen-ev.de/dt/portrait/sonstiges/biomasse05gespraeche/energiepflanzen_holz/Hahn.pdf (30.11.07)

Das Aufarbeiten der Bäume und das Zopfen des Kronenstückes erfolgt durch den Harvester. Gleich anschließend werden die Kronen und sonstige unverwertbare Stammteile gehackt. Wenn das Volumen des Hackschnitzelcontainers am Harvester erschöpft ist werden die Hackschnitzel an der Rückegasse an den Shuttle – Transporter übergeben. Das Shuttlefahrzeug rückt die Hackschnitzel an die Waldstraße und befüllt die dort bereitstehenden Abrollcontainer. Der Ferntransport erfolgt mit einem Container – LKW.

Einsatzgebiet, Eignung

- für große Hiebsflächen⁶⁴ mit hohem Energieholzanteil (z.B. Sturmschäden, Schneebruch)
- für Durchforstungsarbeiten
- für große Heizkraftwerke mit niedrigen Anforderungen an den Wassergehalt der Hackschnitzel

Geländeanforderungen bei der Holzbringung

- trag- und widerstandsfähige Böden wegen des hohen Gewichtes der Forstmaschinen
- Geländesteigungen bis max. 35 %, Hangquerneigungen bis max. 5 % (Grenze für Rad - Forstmaschinen)⁶⁵

Logistische Eigenschaften

Bei dieser Logistikkette handelt es sich um ein gekoppeltes Arbeitssystem. Das bedeutet, dass die aufeinander folgenden Arbeitsschritte ohne zeitliche Verschiebung abgearbeitet werden. Dies erfordert einen hohen Organisationsaufwand um eventuelle Wartezeiten bei der Hackschnitzelübergabe zu vermeiden. Besonders bei großen Rückentfernungen muss eine gute Abstimmung zwischen Hackschnitzel - Harvester und Shuttle vorhanden sein, damit der Hackschnitzel - Harvester keinen unnötigen Wartezeiten ausgesetzt ist.

Andersrum können bei kurzen Rückentfernungen lange Wartezeiten für das Shuttle – Fahrzeug entstehen, das ebenfalls mit unnötig hohen Kosten verbunden ist. Weiters müssen auch immer genügend Abrollcontainer zur Entleerung des Shuttlefahrzeuges zur Verfügung stehen.

Vorteile

- hohe Leistung
- nur ein Arbeitsdurchgang für das Fällen, Aufarbeiten und Hacken
- Ergonomisch günstiges Verfahren
- kaum, für Borkenkäfer, bruttaugliches Material bleibt im Bestand

Nachteile

- schwere Forstmaschinen → ebenes Gelände und widerstandsfähiger Untergrund notwendig
- hohe Systemkosten → Forstspezialmaschine
- relative hohe Leerlaufanteile des teuren Hackaggregats während des Fällen und Aufarbeiten
- Hackgut kann durch das gekoppelte System nicht vortrocknen

⁶⁴ vgl. Wittkopf., 2004, S.133

⁶⁵ vgl. Pröll Willhelm: Was man über Harvester wissen sollte - Teil 1, in: Land, Technik, Leute vom September 2004, S.16f

- Reisigmatratze fehlt in der Rückegasse

Leistung und Kosten

Bei der Berechnung der Systemleistung wurden Lohnkosten zum Unternehmersatz angenommen.

Eingangsdaten		Logistikkette „Hackschnitzelharvester“			
Teilarbeiten	Maschine, Verfahren	BHD 10 cm	BHD 15 cm	BHD 20 cm	
		Leistung in Srm/h			Kosten in €/h
Fällen, Aufarbeiten, Hacken	Hackschnitzelharvester	7,7	18,5	29,3	165
Rücken	Shuttle - Transporter	20,0	20,0	20,0	75
Transport (30 km)	LKW mit 2 Container	33,5	33,5	33,5	56
Ergebnisse					
		BHD 10 cm	BHD 15 cm	BHD 20 cm	
		Srm/h			
Systemleistung		4,77	7,47	8,77	
		€/Srm			
Kosten/Srm		26,85	14,34	11,05	

Tabelle 27: Leistung und Kosten Logistikkette "Hackschnitzel - Harvester, vollmechanisiert"

9.2 Hacken in der Rückegasse

9.2.1 Logistikkette: „Aufbauhacker auf Forwarder (Timberchipper), vollmechanisiert“



Abbildung 37: Logistikkette "Aufbauhacker auf Forwarder (Timberchipper), vollmechanisiert"⁶⁶

Ausrüstung (v.l.n.r.)

- Harvester mit Mehrfachfällkopf (Fäller - Bündler)
- Timberchipper (Forwarder mit Aufbauhacker und Hackgutcontainer)
- Container LKW mit zwei Abrollcontainer

Arbeitsbeschreibung

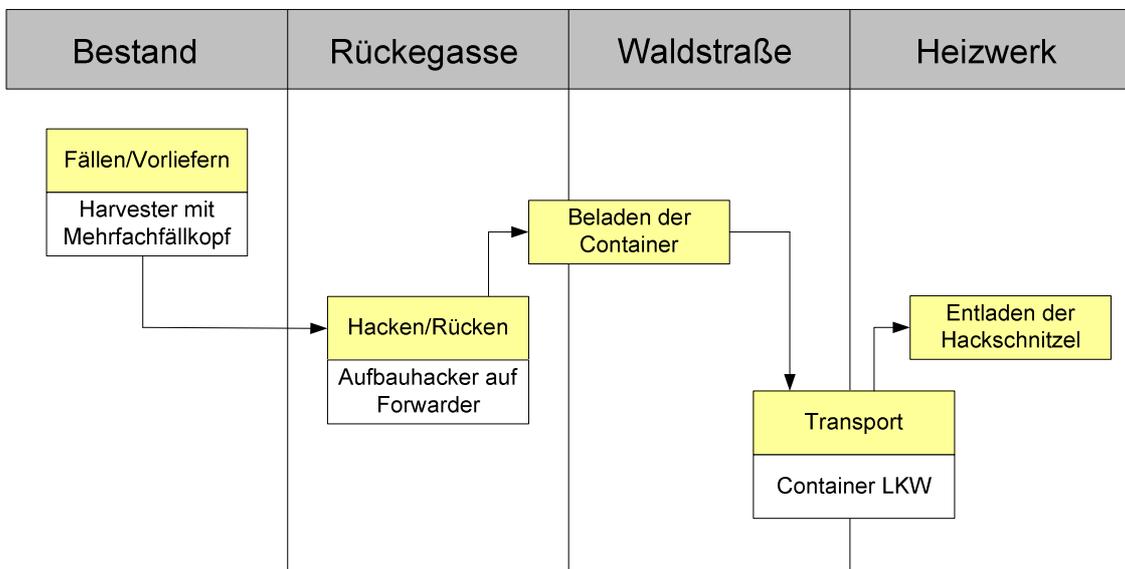


Abbildung 38: Arbeitsdiagramm Logistikkette "Aufbauhacker auf Forwarder (Timberchipper), vollmechanisiert"

Der Fäller – Bündler Harvester zwickt bei der Durchforstung gleich mehrere Bäume (bis maximal 25 cm Durchmesser, je nach Prozessmodell) aus dem Bestand heraus und legt diese dann zugleich an der Rückegasse ab. Der mobile Timberchipper – Hacker fährt die Rückegasse entlang und hackt das

⁶⁶ vgl. v.l.n.r. Bild 2, Feller u.a., 2003, S.34
Bild 3, ebenda, S.71

vorkonzentrierte Energieholz. Nach Ausschöpfung des Containervolumens rückt der Timberchipper das Hackgut zur Waldstraße und leert es in einen bereitstehenden Abrollcontainer. Der Ferntransport erfolgt mit einem Container LKW mit Anhänger.

Einsatzgebiet, Eignung

- bei großen Durchforstungsflächen und Hiebsflächen
- für die Versorgung von großen Heizwerken mit Hackgut

Geländeanforderungen bei der Holzbringung

- tragfähiger und widerstandsfähiger Untergrund nötig
- Steigungen bis maximal 35 %, Hangquerneigungen bis max. 5 %⁶⁷

Logistische Eigenschaften

Die Arbeitsschritte können größtenteils unabhängig voneinander abgearbeitet werden. Während die Durchforstungsarbeiten mit dem Harvester entkoppelt werden können, muss das Hacken mit dem Timberchipper genau auf den Ferntransport abgestimmt sein. Mögliche Standzeiten bei einer schlechten Organisation würden aufgrund der teuren Hackmaschine hohe Kosten verursachen.

Vorteile

- hohe Leistung
- wegen um 270° drehbar gelagertem Hackaggregat muss die Rückegasse nur einmal in eine Richtung befahren werden

Nachteile

- hohe Systemkosten
- schwere Forstmaschinen (Timberchipper bis zu 28 to bei Volllast) → ebenes Gelände und widerstandsfähiger Untergrund notwendig
- Energieholz kann im Bestand nur schlecht vortrocknen
- eventuell Nachtrocknung der Hackschnitzel nötig
- breite Rückegassen (3,5 m– 4 m) sind notwendig um die Manipulation des Timberchipper zu gewährleisten

⁶⁷ vgl. ebenda, S.72

Leistung und Kosten

Eingangsdaten		Logistikkette „Aufbauhacker auf Forwarder (Timberchipper)“			
Teilarbeiten	Maschine, Verfahren	BHD 10 cm	BHD 15 cm	BHD 20 cm	
		Leistung in Srm/h			Kosten in €/h
Fällen, Vorliefern	Harvester mit Mehrfachfällkopf	7,7	16,9	21,1	95
Hacken, Rücken	Timberchipper	14,6	25,0	35,4	215
Transport (30 km)	LKW mit 2 Container	33,5	33,5	33,5	56
Ergebnisse					
		BHD 10 cm	BHD 15 cm	BHD 20 cm	
		Srm/h			
Systemleistung		4,38	7,75	9,48	
		€/Srm			
Kosten/Srm		28,74	15,89	12,25	

Tabelle 28: Leistung und Kosten Logistikkette "Aufbauhacker auf Forwarder (Timberchipper), vollmechanisiert"

Bei der Leistungs- und Kostenkalkulation des System „Timberchipper“ wurden Lohnkosten zu Unternehmenssätzen verwendet.

9.3 Hacken an der Waldstraße

9.3.1 Logistikkette: „Forstschlepper mit Funkseilwinde, teilmechanisiert“⁶⁸



Abbildung 39: Logistikkette "Forstschlepper mit Funkseilwinde, teilmechanisiert"⁶⁹

Ausrüstung (v.l.n.r.)

- Motorsäge, persönliche Schutzausrüstung
- Forstschlepper mit Seilwinde
- Schlepper mit Anhängenhacker
- Schlepper mit zwei landwirtschaftliche Anhänger

Arbeitsbeschreibung

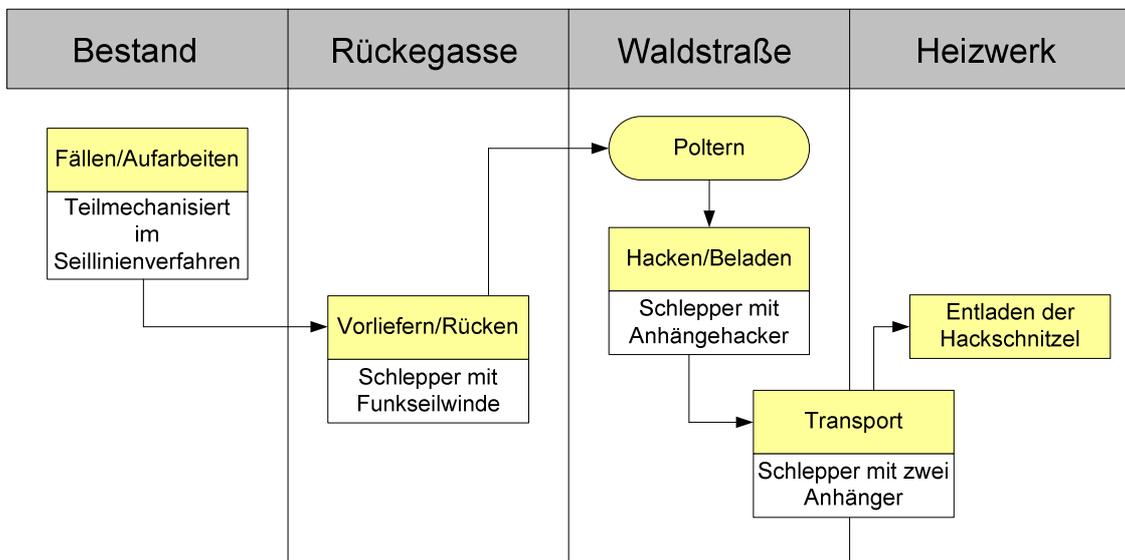


Abbildung 40: Arbeitsdiagramm Logistikkette "Forstschlepper mit Funkseilwinde, teilmechanisiert"

⁶⁸ vgl. Wittkopf, 2005, S.118f

⁶⁹ vgl. v.l.n.r. Bild 1,

www.carmen-ev.de/dt/portrait/sonstiges/biomasse05gespraeche/energiepflanzen_holz/Hahn.pdf (30.11.07)

Bild 3, Feller u.a., 1998, S.33ff

Bild 4, www.hb-brantner.at (30.11.07)

Das Fällen und Vorliefern erfolgt teilmechanisiert mit Motorsäge und Seilschlepper im Zwei – Mannverfahren. Anschließend erfolgt ohne Systemunterbrechung das Rücken des Holzes mittels Seilwinde bis zur Waldstraße. Dort wird das Hackholz gepoltert und kann abtrocknen. Zeitlich versetzt zur Holzbringung erfolgt das Hacken mit einem Anhängenhacker. Dieser bläst das Hackgut direkt in einen landwirtschaftlichen Anhänger mit dem auch der Transport zum Verbraucher oder zum privaten Hackschnitzellager erfolgt.

Einsatzgebiet, Eignung

- für kleinere Hiebsflächen
- für Waldbesitzer zur Auslastung der eigenen Maschinen
- für private Hackschnitzelheizungen

Geländeanforderung bei der Holzbringung

- keine besonderen Anforderungen an die Tragfähigkeit des Waldbodens
- max. Steigung bis 35 %⁷⁰

Logistische Eigenschaften

Bei der Holzbringung handelt es sich um einen gekoppelter Vorgang, da das Hackholz unmittelbar nach dem seilwinden unterstützten Fällen ohne Unterbrechung an die Waldstraße gerückt wird. Dies erfordert eine gute Zusammenarbeit zwischen dem Motorsägenführer und dem Windenführer. Vorzugsweise sollten eingespielte „Forstteams“ eingesetzt werden.

Der Hack- und Transportvorgang wird zeitlich entkoppelt von der Holzbringung durchgeführt und vermindert somit den organisatorischen Aufwand des Systems da dieser flexibler wird. Weiters ist jedoch auf eine Abstimmung des Abtransportes der Hackschnitzel mit dem Hackvorgang zu achten.

Vorteile

- geringe Gesamtsystemkosten
- Auslastung der eigenen Maschinen
- hohe Verfügbarkeit der eingesetzten Maschinen
- Holz kann am Waldrand gut abtrocknen

Nachteile

- geringe Leistung
- hohe Kosten/Schüttraummeter
- wegen dem geringen Mechanisierungsgrad ergonomisch eher ungünstig

⁷⁰ vgl. ebenda, S.72

Leistung und Kosten

Bei der Kalkulation wurden Lohnkosten zu Maschinenringsätzen verrechnet.

Eingangsdaten		Logistikkette „Forstschlepper mit Funkseilwinde“			
Teilarbeiten	Maschine, Verfahren	BHD 10 cm	BHD 15 cm	BHD 20 cm	
		Leistung in Srm/h			Kosten in €/h
Fällen, Aufarbeiten	Teilmechanisiert im Seillinienvorfahren	8,2	14,2	20,3	16
Vorliefern, Rücken	Schlepper mit Funkseilwinde	4,2	7,3	10,4	40
Hacken	Schlepper mit Anhängehacker, mittlerer Leistung	20,8	20,8	20,8	76
Transport (20 km)	Schlepper mit 2 Anhänger	6,9	6,9	6,9	53
Ergebnisse					
		BHD 10 cm	BHD 15 cm	BHD 20 cm	
		Srm/h			
Systemleistung		1,81	2,50	2,95	
		€/Srm			
Kosten/Srm		22,82	17,94	15,97	

Tabelle 29: Leistung und Kosten Logistikkette "Forstschlepper mit Funkseilwinde, teilmechanisiert"

9.3.2 Logistikkette: „Forstschlepper mit Kranrückewagen, teilmechanisiert“



Abbildung 41: Logistikkette "Forstschlepper mit Kranrückewagen, teilmechanisiert"⁷¹

⁷¹ vgl. v.l.n.r. Bild 1, ebenda, S.77

Ausrüstung (v.l.n.r.)

- Persönliche Schutzausrüstung, Motorsäge
- Forstschlepper und Funkseilwinde
- Forstschlepper mit Kranrückewagen
- Traktor mit kranbeschicktem Anhängehacker
- Container LKW mit 2 Container

Arbeitsbeschreibung

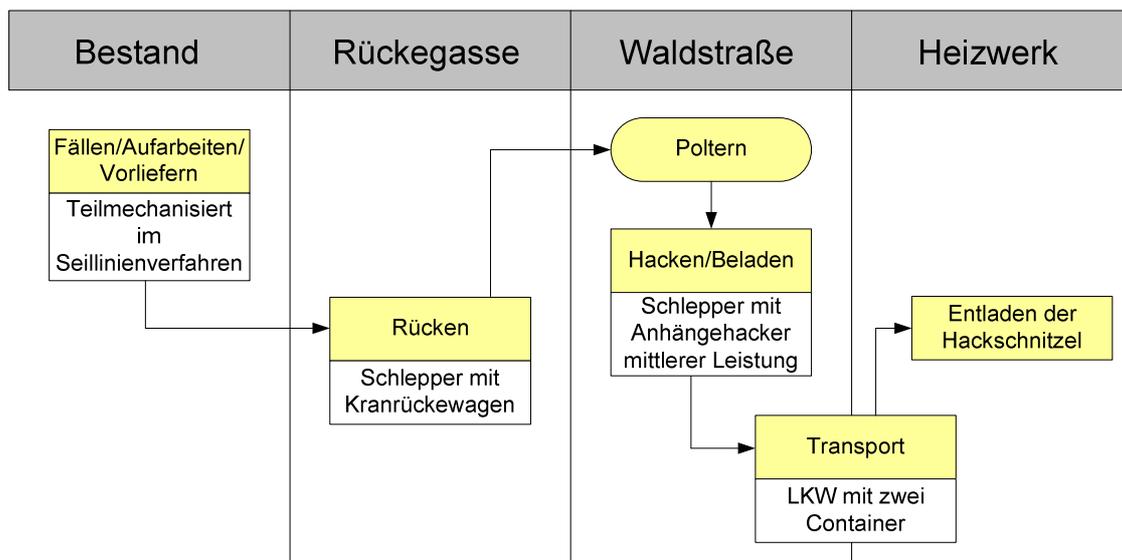


Abbildung 42: Arbeitsdiagramm Logistikkette "Forstschlepper mit Kranrückewagen, teilmechanisiert"

Das Fällen und Vorliefern an die Rückegasse erfolgt teilmechanisiert mit Motorsäge und Seilwinde im Seillinienverfahren. Ein Forstschlepper mit einem Kranrückewagen nimmt das vorgelieferte Holz auf und bringt es zur Waldstraße zum Poltern. Dort kann das Hackholz abtrocknen und wird später, also zeitlich entkoppelt, mit einem Anhängehacker gehackt. Der Ferntransport erfolgt mittels Container LKW mit zwei Containern bzw. als Alternative bei geringen Entfernungen mit einem Schlepper und zwei landwirtschaftlichen Anhängern.

Einsatzgebiet, Eignung

- für mittelgroße Hiebsflächen
- bei vorhandenen Lagerflächen am Waldrand
- für Heizwerke mittlerer Größe

Geländeanforderungen bei der Holzbringung

- tragfähiger Boden auf der Rückegasse
- Maximal 35 % Steigung für das Rücken mit dem Schlepper, Hangquerneigungen bis max. 5 %⁷²

⁷² vgl. ebenda, S.72

Logistische Eigenschaften

Der Organisationsaufwand bei dieser Logistikkette ist gering, da die Energieholzbeschaffung und der Hackvorgang zeitlich voneinander getrennt sind. Die Arbeitsgänge Hacken und Transport sollten jedoch aufeinander abgestimmt werden, damit nicht unnötige Stillstandszeiten des Hackaggregates auftreten. Durch die Entkopplung des Systems ist die Bereitstellungskette nicht störanfällig.

Vorteile

- geringe Systemkosten
- Verwendung einfacher forstwirtschaftlicher Geräte beim Aufarbeiten und Rücken → hohe Verfügbarkeit
- hohe zeitliche Flexibilität wegen Entkopplung der Arbeitsschritte
- geringer Organisationsaufwand
- Holz kann an der Waldstraße abtrocknen

Nachteile

- wegen dem geringen Mechanisierungsgrad ergonomisch eher ungünstig

Leistung und Kosten

Die verrechneten Lohnkosten wurden zu Unternehmenssätzen angenommen.

Eingangsdaten		Logistikkette "Forstschlepper mit Kranrückewagen"			
Teilarbeiten	Maschine, Verfahren	BHD 10 cm	BHD 15 cm	BHD 20 cm	
		Leistung in Srm/h			Kosten in €/h
Fällen, Aufarbeiten, Vorliefern	Teilmechanisiert im Seillinienvorfahren	8,2	14,2	20,3	82
Rücken	Schlepper mit Kranrückewagen	16,7	20,5	24,3	62
Hacken	Schlepper mit Anhängenhacker, mittlerer Größe	90,0	90,0	90,0	185
Transport (30 km)	LKW mit 2 Container	29,9	29,9	29,9	56
Ergebnisse					
		BHD 10 cm	BHD 15 cm	BHD 20 cm	
		Srm/h			
Systemleistung		4,41	6,11	7,41	
		€/Srm			
Kosten/Srm		17,68	12,71	10,52	

Tabelle 30: Leistung und Kosten Logistikkette "Forstschlepper mit Kranrückewagen, teilmechanisiert"

9.3.3 Logistikkette: „Zangenschlepper, teilmechanisiert“⁷³



Abbildung 43: Logistikkette "Zangenschlepper, teilmechanisiert"⁷⁴

Ausrüstung (v.l.n.r)

- Persönliche Schutzausrüstung, Motorsäge
- Forstschlepper und Funkseilwinde
- Zangenschlepper
- Mobiler Großhacker / Anhängerhacker
- Container LKW mit zwei Abrollcontainer

Arbeitsbeschreibung

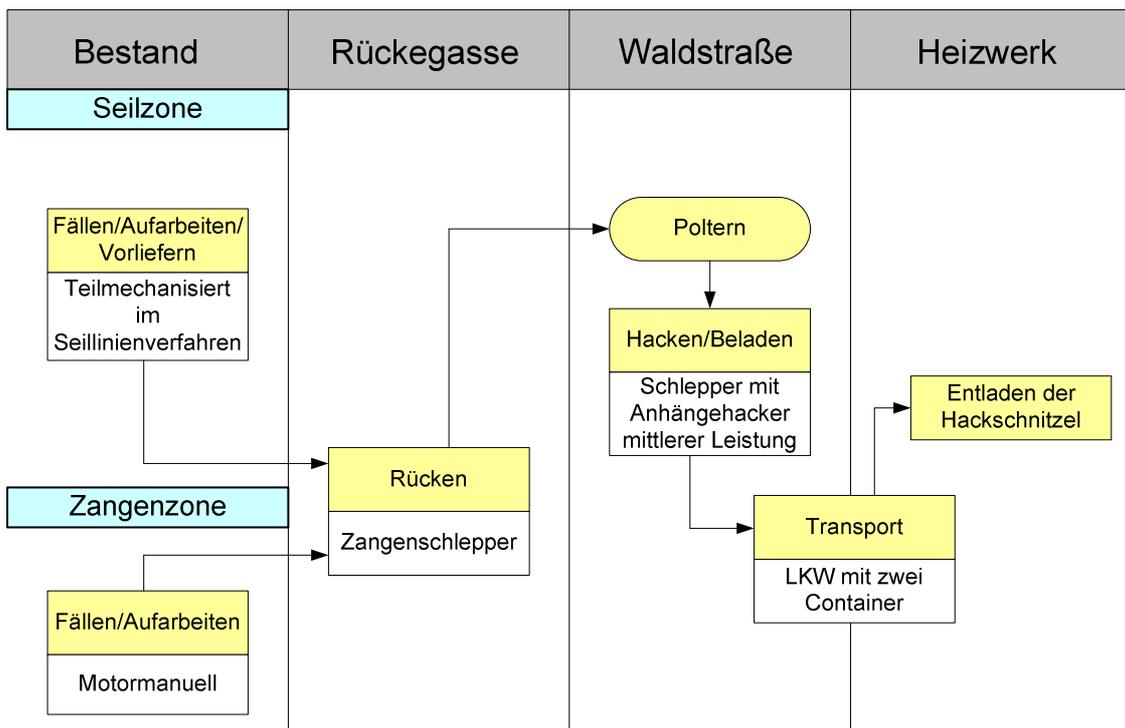


Abbildung 44: Arbeitsdiagramm Logistikkette "Zangenschlepper, teilmechanisiert"

Die zu bearbeitende Waldfläche wird in zwei verschiedene Zonen unterteilt, die Zangen- und Seilzone.

⁷³ vgl. Wittkopf, 2005, S.124f

⁷⁴ vgl. v.l.n.r. Bild1, ebenda, S.66

Die Zangenzone wird durch die Rückegasse und den angrenzenden Bestandsbereichen, die innerhalb der Reichweite des Zangenschleppers liegen, definiert. Innerhalb der Zangenzone wird im Zweimannverfahren gefällt und aufgearbeitet. Die Fällrichtung orientiert sich dabei in Richtung der Rückegasse. Das Rücken des Holzes an den Waldrand wird mittels Zangenschlepper durchgeführt. Danach wird in der Seilzone weitergearbeitet.

Die Seilzone ist jene Bestandsfläche die dem Zangenschlepper nicht zugänglich ist. In diesem Bereich wird im so genannten Seillinienvorgang gefällt und das Holz mit der Seilwinde an der Rückegasse vorkonzentriert. Danach rückt der Zangenschlepper das bereitgestellte Holz an den Waldrand.

Am Waldrand kann das Energieholz abtrocknen. Danach wird es mit einem mobilen Hacker (Aufbauhacker auf LKW oder Schlepper mit Großanhängerhacker) gehackt und direkt in einen LKW - Wechselcontainer geblasen. Dieser übernimmt auch den Ferntransport der Hackschnitzel.

Einsatzgebiet, Eignung

- für große Hiebsflächen
- Bereitstellung der Hackschnitzel für große Heizwerke

Geländeanforderungen bei der Holzbringung

- geringe Anforderung an die Tragfähigkeit des Bodens
- Steigungen bis maximal 35 % und Hangquerneigungen bis max. 5 % für den Zangenschlepper, teilweise steileres Gefälle kann durch den Einsatz der Seilwinde ausgeglichen werden

Logistische Eigenschaften

Durch die Aufteilung der Bestandesfläche in zwei Bearbeitungszonen müssen die Einsätze des Seil- und Zangenschleppers gut aufeinander abgestimmt werden. Dies erfordert eine erhöhte Anforderung an die Arbeitsorganisation und Arbeitsverteilung. Günstig wirkt sich hingegen wieder der von der Energieholzbeschaffung zeitlich entkoppelte Hack- und Transportvorgang auf die Organisation des Systems aus.

Vorteile

- hohe Leistung bei eingespieltem Team
- Verwendung einfacher forstwirtschaftlicher Geräte
- Hackholz kann an der Waldstraße vortrocknen

Nachteile

- hohe Fahrintensität auf der Rückegasse
- Schäden am Bestand durch das Rücken von Langholz

Leistung und Kosten

Eingangsdaten		Logistikkette "Zangenschlepper"			
Teilarbeiten	Maschine, Verfahren	BHD 10 cm	BHD 15 cm	BHD 20 cm	
"ZANGENZONE"		Leistung in Srm/h			Kosten in €/h
Fällen, Aufarbeiten	Motormanuell, gelöstes 2 Mann Verfahren	11,4	18,7	25,9	58
Rücken	Zangenschlepper	11,0	16,0	21,0	76
Hacken	Schlepper mit Anhängehacker, mittlerer Größe	90,0	90,0	90,0	185
Transport (30 km)	LKW mit 2 Container	29,9	29,9	29,9	56
Ergebnisse					
		BHD 10 cm	BHD 15 cm	BHD 20 cm	
		Srm/h			
Systemleistung		4,49	6,22	7,65	
		€/Srm			
Kosten/Srm		15,91	11,79	9,79	
Ergebnisse					
Teilarbeiten	Maschine, Verfahren	BHD 10 cm	BHD 15 cm	BHD 20 cm	
"SEILZONE"		Leistung in Srm/h			Kosten in €/h
Fällen, Aufarbeiten, Vorliefern	Teilmechanisiert im Seillinienverfahren	8,2	14,2	20,3	82
Rücken	Zangenschlepper	11,0	16,0	21,0	76
Hacken	Schlepper mit Anhängehacker, mittlerer Größe	90,0	90,0	90,0	185
Transport (30 km)	LKW mit 2 Container	29,9	29,9	29,9	56
Ergebnisse					
		BHD 10 cm	BHD 15 cm	BHD 20 cm	
		Srm/h			
Systemleistung		3,88	5,64	7,07	
		€/Srm			
Kosten/Srm		20,89	14,44	11,59	
GESAMTERGEBNISSE (bei je 50% Zangen- und Seilzonearbeit)					
		BHD 10 cm	BHD 15 cm	BHD 20 cm	

		Srm/h		
Systemleistung		4,18	5,93	7,36
		€/Srm		
Kosten/Srm		18,40	13,11	10,69

Tabelle 31: Leistung und Kosten Logistikkette "Zangenschlepper, teilmechanisiert"

Bei der Berechnung der Systemleistung wurden Lohnkosten zum Unternehmersatz angenommen.

9.3.4 Logistikkette: „Harvester, vollmechanisiert“



Abbildung 45: Logistikkette "Harvester, vollmechanisiert"⁷⁵

Ausrüstung (v.l.n.r)

- Harvester
- Forwarder
- Mobiler Großhacker
- Hackgut LKW mit Anhänger → Direktbeladung bzw. Hackgut LKW mit Anhänger und Schalengreifer → Selbstbeladung

⁷⁵ vgl. v.l.n.r. Bild 3, www.jenz.de (30.11.2007)
Bild 4-5, Fenz u.a., 2006, S.6

Arbeitsbeschreibung

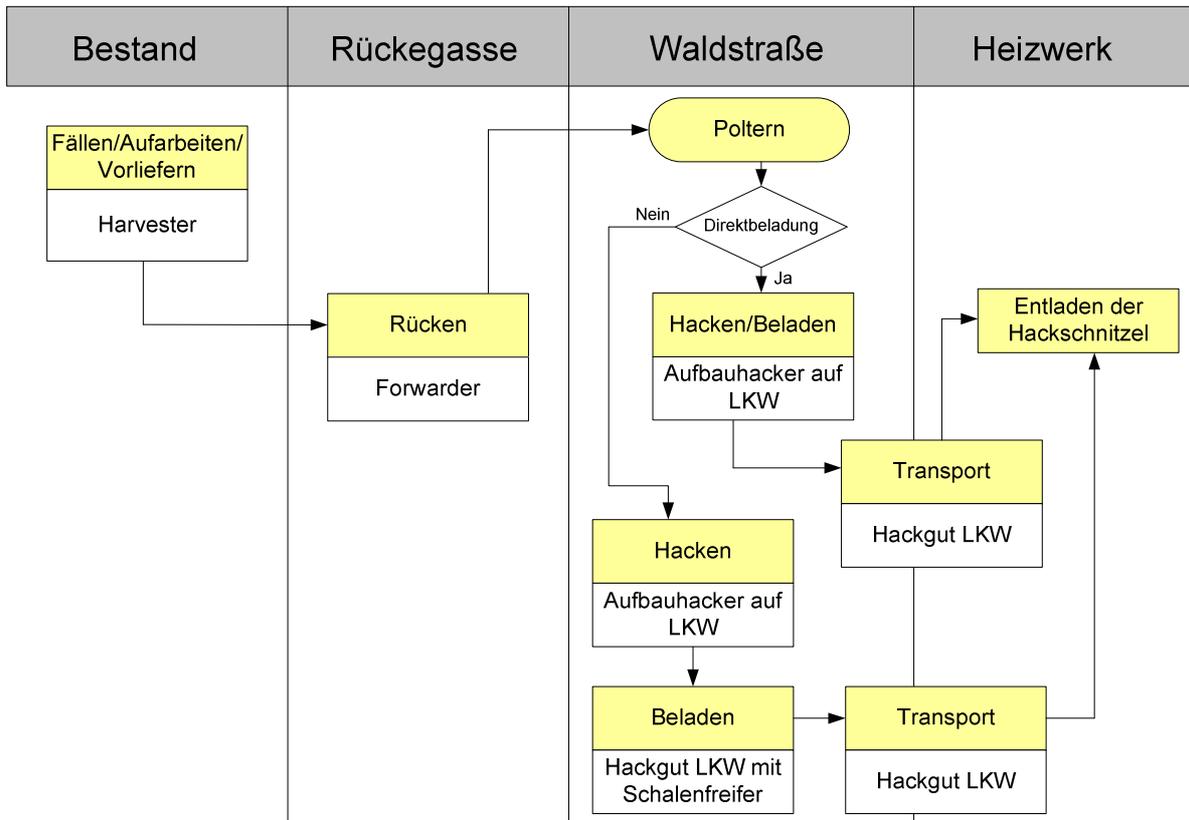


Abbildung 46: Arbeitsdiagramm Logistikkette "Harvester, vollmechanisiert"

Die Fällung, das Aufarbeiten und das Vorliefern des Holzes an die Rückgasse erfolgt vollmechanisiert durch den Harvester. Dort sammelt ein Forwarder das vorkonzentrierte Holz ein und rückt es an die Waldstraße bzw. an den Waldrand zum Poltern.

Zeitlich versetzt zur Holzbringung erfolgt der Hack- und Transportvorgang.

1. Möglichkeit:

Der Hack- und Transportvorgang ist aufeinander abgestimmt und wird zeitgleich durchgeführt. Das heißt, der Hacker bläst die Hackschnitzel direkt in den Hackgut LKW und dieser führt den Abtransport durch.

2. Möglichkeit:

Es ist am Waldrand genug Platz vorhanden um die Hackschnitzel am Boden zu lagern. Dadurch kann der Hackvorgang ganz unabhängig von der Holzbringung und vom Transport erfolgen. Das Bereitstellungssystem ist somit gänzlich entkoppelt. Ein Hackgut LKW mit Schallengreifer nimmt bei Bedarf die Hackschnitzel auf und bringt diese zum Heizwerk.

Einsatzgebiet, Eignung

- für große Hiebsflächen → Richtwert 1000 Efm (Sturm- und Schneeschäden)⁷⁶
- für die Belieferung großer Heizwerke mit Hackschnitzel

⁷⁶ vgl. Wittkopf, 2005, S.130

Geländeanforderungen bei der Holzbringung

- trag- und widerstandsfähiger Untergrund wegen der hohen Eigengewichte der Forstmaschinen notwendig
- Maximale Steigung bei der Holzbringung mit Radharvester und Forwarder 35 %, Hangquerneigungen bis max. 5 %, mit Raupenharvester Steigungen bis 50 % möglich⁷⁷

Logistische Eigenschaften

Durch das zeitlich versetzte Hacken handelt es sich um ein entkoppeltes Arbeitssystem. Der Hackvorgang muss nur mehr mit dem Abtransport der Hackschnitzel abgestimmt werden, deshalb ist der Organisationsaufwand gering. Bei der zusätzlichen Entkopplung des Hack- und Transportvorganges sind alle Teilarbeiten unabhängig voneinander zu betrachten. Diese Eigenschaft führt zu einem minimalen Aufwand bei der Arbeitsorganisation.

Vorteile

- hohe Leistung
- sehr flexibles Einsatzverfahren durch minimalen Organisationsaufwand bei der Hackschnitzel - Selbstbeladung
- ergonomisch günstiges Verfahren durch den hohen Mechanisierungsgrad
- Hackholz kann an der Waldstraße vortrocknen
- Geringe Schäden am Bestand → Kurzholzverfahren

Nachteile

- hohe Systemkosten
- deshalb nur bei großen Hiebsflächen geeignet

⁷⁷ vgl. ebenda, S.72

Leistung und Kosten

Eingangsdaten		"System Harvester"			
Teilarbeiten	Maschine, Verfahren	BHD 10 cm	BHD 15 cm	BHD 20 cm	
		Leistung in Srm/h			Kosten in €/h
Fällen, Aufarbeiten, Vorliefern	Harvester	5,2	19,3	33,3	103
Rücken	Forwarder	23,2	27,4	31,6	79
Hacken	LKW mit Aufbauhacker	140,0	140,0	140,0	189
Transport (30 km)					
1. Möglichkeit	Hackgut LKW mit Anhängen	37,1	37,1	37,1	60
2. Möglichkeit	Hackgut LKW mit Anhängen und Schaufelgreifer	23,9	23,9	23,9	57
Ergebnisse		"Transport mit Hackgut LKW mit Hacker - Direktbeladung"			
		BHD 10 cm	BHD 15 cm	BHD 20 cm	
		Srm/h			
Systemleistung		3,71	8,17	10,44	
		€/Srm			
Kosten/Srm		26,18	11,19	8,56	
Ergebnisse		"Transport mit Hackgut LKW mit Schaufelgreifer - Selbstbeladung"			
		BHD 10 cm	BHD 15 cm	BHD 20 cm	
		Srm/h			
Systemleistung		3,52	7,28	9,04	
		€/Srm			
Kosten/Srm		26,95	11,95	9,33	

Tabelle 32: Leistung und Kosten Logistikkette "Harvester, vollmechanisiert"

Die ermittelten Ergebnisse inkludieren Lohnkosten in Höhe von Unternehmenssätzen.

9.3.5 Logistikkette: „Harwarder (Forvester), vollmechanisiert“



Abbildung 47: Logistikkette "Harwarder (Forvester), vollmechanisiert"⁷⁸

Ausrüstung (v.l.n.r)

- Harwarder
- Großmobilhacker
- Hackgut – Sattel LKW / Hackgut LKW

Arbeitsbeschreibung

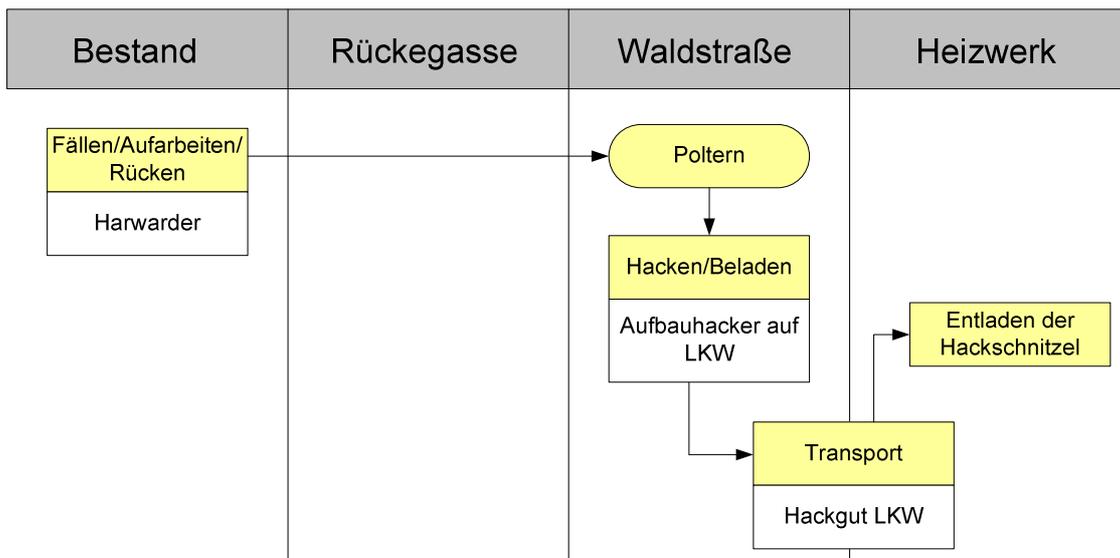


Abbildung 48: Arbeitsdiagramm Logistikkette "Harwarder (Forvester), vollmechanisiert"

⁷⁸ vgl. v.l.n.r. Bild 1, Bodenschwingh, 2003, S.23ff
Bild 2-3, www.hackgut.at (30.11.07)

Der Harwarder ist eine Maschine, die die Funktionen und Aufgaben eines Harvesters und eines Forwarders vereint. Mit dem Harvesteraggregat werden die Bäume gefällt, aufgearbeitet und an der Rückegasse abgelegt. Danach fährt der Harwarder aus dem Bestand und rüstet auf einen Forwarder um (DUAL Konzept), indem er einen Rungenkorb aufsetzt. Anschließend sammelt er das vorkonzentrierte Energieholz auf und rückt es an die Waldstraße.

Zeitlich entkoppelt erfolgt am Waldrand das Hacken mittels eines Großmobilhackers der das Hackgut direkt in einen Hackgut LKW bläst. Dieser übernimmt auch den Ferntransport zum Heizwerk.

Einsatzgebiet, Eignung

- bei Durchforstungsarbeiten mit geringem Hiebsanfall
- bei verstreutem Hiebsanfall

Geländeanforderung bei der Holzbringung

- tragfähiger Untergrund nötig
- maximale Steigungen bis 35 %, Hangquerneigungen bis max. 5 %⁷⁹

Logistische Eigenschaften

Unter logistischen Gesichtspunkten bringt dieses Arbeitsverfahren gegenüber einem Zweimaschinensystem einige Vorteile mit sich. Prinzipiell ist der Planungs- und Organisationsaufwand für eine Maschine wesentlich geringer als bei einem System mit zwei Maschinen. Weiters wird durch den Bordcomputer die aufgearbeitete Holzmenge festgehalten. Diese Menge entspricht gleich direkt der täglich am Waldrand disponierten Holzmenge, da der Harwarder auch das Rücken übernimmt. Dies erleichtert dem Förster oder Einsatzleiter aktuelle Daten über die disponierte Tagesleitung und Sortimente aufzuzeichnen.

Grundsätzlich handelt es sich beim Harwarder – Bereitstellungssystem wieder um ein entkoppeltes Verfahren.

Vorteile

- geringer Organisationsaufwand → hohe Flexibilität
- Holz kann an der Waldstraße vortrocknen
- gesamte Holzbereitstellung mit einer Maschine → geringe Personalkosten
- geringe Umstellkosten → nur eine Maschine
- Bei einer Ernteeingriffsstärke von 60 Efm/ha bringt der Harwarder im COMBI - Konzept bis zu einer Hiebsmenge von 200 Efm einen wesentlichen Kostenvorteil gegenüber einem Zweimaschinensystem mit sich⁸⁰
- hoher Mechanisierungsgrad → ergonomisch günstig

Nachteile

- hohe Gesamtsystemkosten
- Leistung nimmt mit zunehmender Rückedistanz und mit höher werdender Eingriffsstärke ab → Zweimaschinensystem besser
- sehr trag- und widerstandsfähige Böden wegen hohem Gesamtgewicht der Forstmaschine (z.B. Valmet Combi 801 ~ 32,8 to) nötig

⁷⁹ vgl. ebenda, S.72

⁸⁰ vgl. Bodenschwingh, 2003, S.23f

- Umrüstzeit beim DUAL Konzept

Leistung und Kosten

Die ermittelten Ergebnisse inkludieren Lohnkosten in Höhe von Unternehmensätzen.

Eingangsdaten		"System Harwarder"			
Teilarbeiten	Maschine, Verfahren	BHD 10 cm	BHD 15 cm	BHD 20 cm	
		Leistung in Srm/h			Kosten in €/h
Fällen, Aufarbeiten, Rücken	Harwarder	5,1	9,1	12,8	120
Hacken	LKW mit Aufbauhacker	140,0	140,0	140,0	189
Transport (30 km)	Hackgut LKW mit Anhängen	37,1	37,1	37,1	60
Ergebnisse					
		BHD 10 cm	BHD 15 cm	BHD 20 cm	
		Srm/h			
Systemleistung		4,34	6,95	8,89	
		€/Srm			
Kosten/Srm		26,50	16,15	12,38	

Tabelle 33: Leistung und Kosten Logistikkette "Harwarder (Forvester), vollmechanisiert"

9.4 Hacken am Werksgelände

9.4.1 Logistikkette: „Harvester - Kurzholzzug, vollmechanisiert“



Abbildung 49: Logistikkette "Harvester - Kurzholzzug, vollmechanisiert"⁸¹

Ausrüstung (v.l.n.r)

- Harvester
- Forwarder
- Kurzholzzug
- Mobiler Großhacker / Stationärer Hacker beim Werk

Arbeitsbeschreibung

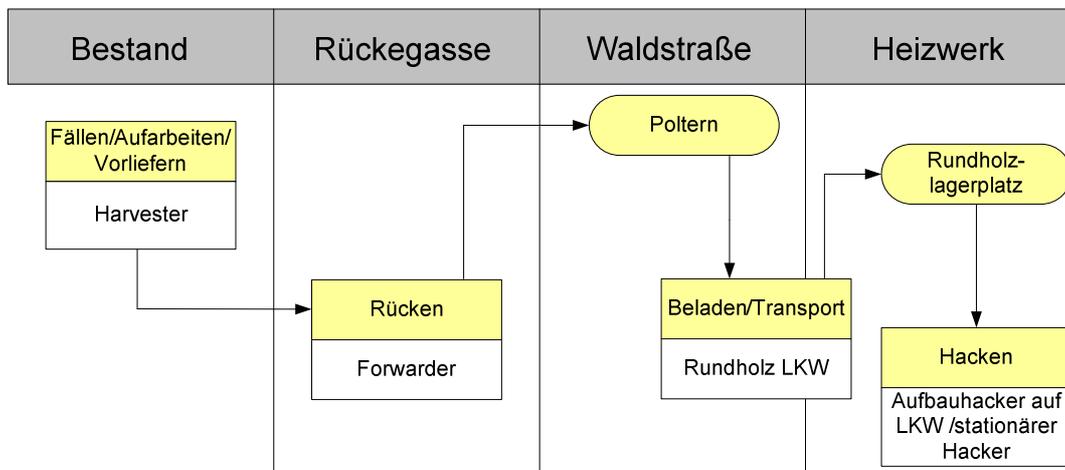


Abbildung 50: Arbeitsdiagramm Logistikkette "Harvester - Kurzholzzug, vollmechanisiert"

⁸¹ vgl. v.l.n.r. Bild 3, Fenz u.a., 2005, S.3

Das Fällen, Aufarbeiten und Vorliefern der Bäume erfolgt mit dem Harvester. Das vorkonzentrierte Holz an der Rückegasse wird danach mit dem Forwarder aufgenommen und an die Waldstraße gerückt. Dort wird das Energieholz gepoltet und kann somit vortrocknen.

Mit einem Rungen – LKW wird das Holz zum Heizwerk transportiert und dort am Lagerplatz zwischengelagert. Bei Bedarf wird das Energieholz mit einem stationären Hacker oder einem mobilen Großhacker direkt beim Werk gehackt.

Einsatzgebiet, Eignung

- für große Hiebsflächen → Richtwert 1000 Efm (Sturm- und Schneeschäden)⁸²
- für die Belieferung großer Heizwerke mit Energieholz

Geländeanforderungen bei der Holzbringung

- trag- und widerstandsfähiger Untergrund wegen der hohen Eigengewichte der Forstmaschinen notwendig
- Maximale Steigung bei der Holzbringung mit Radharvester und Forwarder 35 %, mit Raupenharvester Steigungen bis 50 % möglich, Hangquerneigungen bis max. 5 %⁸³

Logistische Eigenschaften

Üblicherweise erfolgt der Abtransport des Holzes zeitlich versetzt zur Holzbringung dadurch ist dieses System als entkoppelt zu betrachten. Dies führt wieder zu einem geringen Aufwand bei der Arbeitsorganisation. Ein weiterer logistischer Vorteil ist, dass der Hack- und Transportvorgang nicht aufeinander abgestimmt werden müssen. Durch das Hacken am Werksgelände ist eine vollständige Auslastung des Hackaggregates gewährleistet. Dadurch entstehen keine unnötigen Kosten die durch eventuelle Standzeiten des Hackers hervorgerufen werden.

Vorteile

- hohe Leistung des Systems
- geringer Organisationsaufwand durch das total entkoppelte System → große Flexibilität
- Holz kann an der Waldstraße vortrocknen
- Hack- und Transportvorgang müssen nicht aufeinander abgestimmt werden → vollständige Auslastung des Hackaggregates

Nachteile

- hohe Systemkosten
- nur bei großen Hiebsflächen rentabel

⁸² vgl. ebenda, S.86

⁸³ vgl. ebenda, S.67

Leistung und Kosten

Die angenommenen Lohnkosten beziehen sich wieder auf Unternehmenssätze.

Eingangsdaten		"System Harvester - Kurzholzzug"			
Teilarbeiten	Maschine, Verfahren	BHD 10 cm	BHD 15 cm	BHD 20 cm	
		Leistung in Srm/h			Kosten in €/h
Fällen, Aufarbeiten, Vorliefern	Harvester	5,2	19,3	33,3	103
Rücken	Forwarder	23,2	27,4	31,6	79
Transport (30 km)	Rundholz LKW mit Anhängen	20,8	20,8	20,8	58
Hacken	LKW mit Aufbauhacker	140,0	140,0	140,0	189
Zwischenergebnis (€/Srm)		27,35	12,36	9,73	
Lagerung	Rundholzlagerplatz beim Heizwerk	1,27	1,27	1,27	€/Srm
Ergebnisse					
		BHD 10 cm	BHD 15 cm	BHD 20 cm	
		Srm/h			
Systemleistung		3,44	6,97	8,55	
		€/Srm			
Kosten/Srm		28,62	13,63	11,00	

Tabelle 34: Leistung und Kosten Logistikkette "Harvester - Kurzholzzug, vollmechanisiert"

9.4.2 Logistikkette: „Forstschlepper mit Kranrückewagen – Kurzholzzug, teilmechanisiert“



Abbildung 51: Logistikkette "Forstschlepper mit Kranrückewagen - Kurzholzzug, teilmechanisiert"⁸⁴

Ausrüstung (v.l.n.r.)

- Motorsäge, Persönliche Schutzausrüstung
- Forstschlepper mit Funkseilwinde
- Forstschlepper mit Kranrückewagen
- Kurzholzzug
- Mobiler Großhacker / Stationärer Hacker beim Werk

Arbeitsbeschreibung

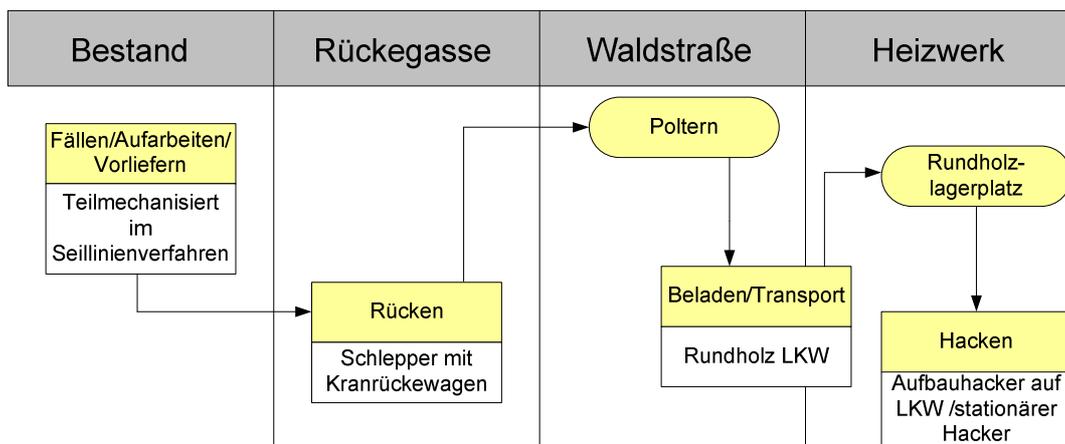


Abbildung 52: Arbeitsdiagramm Logistikkette "Forstschlepper mit Kranrückewagen - Kurzholzzug, teilmechanisiert"

⁸⁴ vgl. v.l.n.r. Bild 1, ebenda, S.77
Bild 2, ebenda, S.87

Das Fällen und Vorliefern an die Rückegasse erfolgt teilmechanisiert mit Motorsäge und Seilwinde im Seillinienverfahren. Ein Forstschlepper mit einem Kranrückewagen nimmt das vorgelieferte Holz auf und bringt es zur Waldstraße. Dort wird das Hackholz gepoltert und kann somit vortrocknen.

Der Ferntransport zum Heizwerk erfolgt wiederum mit einem Kurzholzzug oder mit einem Rundholzsattelzug. Das Hacken am Werksgelände wird mit einem mobilen Großhacker durchgeführt.

Einsatzgebiet, Eignung

- für mittelgroße Hiebsflächen
- für Heizwerke mittlerer Größe

Geländeanforderungen bei der Holzbringung

- tragfähiger Boden auf der Rückegasse
- maximal 35 % Steigung für das Rücken mit dem Schlepper⁸⁵

Logistische Eigenschaften

Das System stellt geringe Anforderungen an die Arbeitsorganisation. Weiters entfällt die Abstimmung des Hack- und Transportvorganges da diese Arbeitsschritte hier zeitlich getrennt voneinander abgearbeitet werden. Dies wirkt sich günstig auf die Auslastung des Hackaggregates aus.

Vorteile

- relativ geringe Systemkosten
- große Flexibilität wegen des geringen Organisationsaufwandes
- Einsatz von einfachen forstwirtschaftlichen Geräten → hohe Verfügbarkeit
- Holz kann an der Waldstraße vortrocknen

Nachteile

- geringere Leistung gegenüber dem Harvester - System
- wegen dem geringen Mechanisierungsgrad ergonomisch eher ungünstig

⁸⁵ vgl. ebenda, S.72

Leistung und Kosten

Bei der Berechnung der Systemleistung wurden Lohnkosten zum Unternehmersatz angenommen.

Eingangsdaten "System Forstschlepper mit Kranrückewagen - Kurzholzzug"					
Teilarbeiten	Maschine, Verfahren	BHD 10 cm	BHD 15 cm	BHD 20 cm	
		Leistung in Srm/h			Kosten in €/h
Fällen, Aufarbeiten, Vorliefern	Teilmechanisiert im Seillinienvorfahren	8,2	14,2	20,3	82
Rücken	Schlepper mit Kranrückewagen	16,7	20,5	24,3	62
Transport (30 km)	Rundholz LKW mit Anhängern	20,8	20,8	20,8	58
Hacken	LKW mit Aufbauhacker	140,0	140,0	140,0	189
Zwischenergebnis		17,89	12,92	10,73	
Lagerung	Rundholzlagerplatz beim Heizwerk	1,27	1,27	1,27	(€/Srm)
Ergebnisse					
		BHD 10 cm	BHD 15 cm	BHD 20 cm	
		Srm/h			
Systemleistung		4,21	5,74	6,87	
		€/Srm			
Kosten/Srm		19,16	14,19	12,00	

Tabelle 35: Leistung und Kosten Logistikkette "Forstschlepper mit Kranrückewagen - Kurzholzzug, teilmechanisiert"

9.5 Hacken von Schlagrücklass

9.5.1 Logistikkette: „Bündelmaschine - Schlagrücklass, vollmech.“



Abbildung 53: Logistikkette "Bündelmaschine - Schlagrücklass, vollmechanisiert"⁸⁶

Ausrüstung (v.l.n.r.)

- Forwarder
- Bündel - Maschine
- Kurzholzzug
- Mobiler Großhacker / Shredder am Werksgelände

Arbeitsbeschreibung

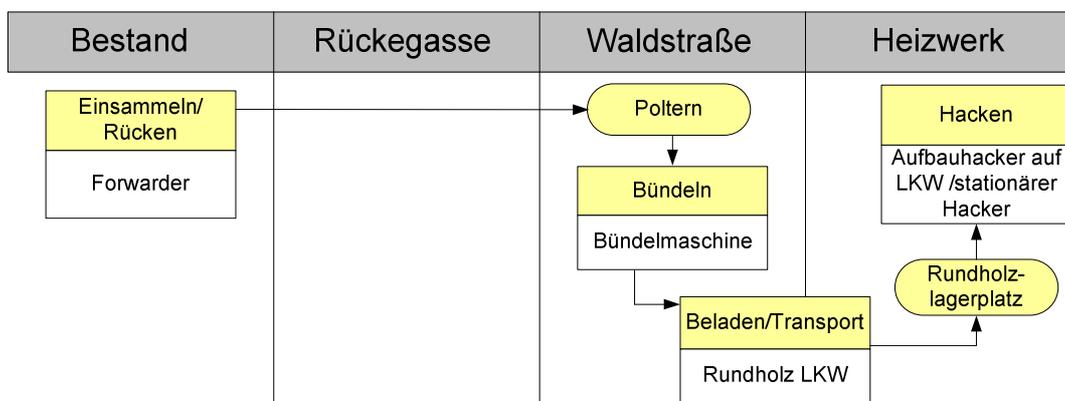


Abbildung 54: Arbeitsdiagramm Logistikkette "Bündelmaschine - Schlagrücklass, vollmechanisiert"

⁸⁶ vgl. v.l.n.r. Bild 1-2, Kallio, 2005, S.22ff
 Bild 3, Kanzian, 2005, S.2
 Bild 4, www.hacker-shredder.com (30.11.07)

Bei der Ausformung von Rundholz durch den Harvester bleibt der Schlagrücklass (Äste, Kronen, Rundholz mit schlechter Qualität,...) im Bestand liegen. Bei einer energetischen Nutzung des Schlagrücklasses kann der Harvester schon beim Aufarbeiten der Bäume diesen Rücklass an der Rückegasse vorkonzentrieren.

1. Variante:

Danach sammelt ein Forwarder den Schlagabraum an der Rückegasse ein und konzentriert ihn am Waldrand. Mittels einer Bündelmaschine wird der Schlagabraum zu Bündeln verarbeitet und gepoltet. Ein Kurzholzzug bringt die Bündel dann zum Heizwerk. Dort werden sie mit einem geeigneten mobilen Großhacker oder einem Schredder zu Hackschnitzel verarbeitet.

2. Variante:

Bei einer Durchforstung in steilen Waldgebieten erfolgt die Bringung des Holzes üblicherweise mit einem Gebirgharvester im Baumverfahren. Beim anschließenden Aufarbeiten der Bäume mit dem Prozessor wird der Schlagabraum in hohen Mengen am Aufarbeitungsstandort konzentriert.

Hier ist es sinnvoll die Einsatzreihenfolge von Forwarder und Bündelmaschine umzukehren. Die Bündelung des Schlagabraumes kann sofort am Aufarbeitungsstandort des Gebirgharvesters durchgeführt werden, da durch die vorkonzentrierte Schlagabraummenge eine hohe Auslastung der Bündelmaschine gewährleistet ist. Danach werden die Bündeln mit einem Forwarder an den Waldrand gerückt und dort gepoltet. Mittels Kurzholzzug werden die Bündel weiter ins Heizwerk transportiert, wo sie mit einem Großhacker zu Hackschnitzel verarbeitet werden. Gegebenfalls erfolgt der Abtransport der Bündel gleich direkt nach der Bündelung mit dem Kurzholzzug, ohne das der Forwarder die Bündel an den Waldrand rückt.

Einsatzgebiet, Eignung

- für sehr große Hiebsanfälle
- zur Nutzung des Schlagabraumes

Geländeanforderung bei der Schlagrücklassbringung

- hohe Tragfähigkeit des Untergrundes wegen des hohen Gesamtgewicht des Bündlers (z.B. Timberjack 1490D ~ 24 to)⁸⁷
- max. Steigung von 35 % bei Aufbau der Bündelmaschine auf Forwarder, Hangquerneigungen bis max. 5 %⁸⁸
- ebenes Gelände bei LKW – Aufbau des Bündlers

Logistische Eigenschaften

Der organisatorische Aufwand im System „Bündelmaschine“ ist sehr gering, da alle Arbeitsvorgänge getrennt voneinander erfolgen können. Das wirkt sich sehr positiv in Form von hoher Auslastung und keinen Stillstandszeiten der verwendeten Maschinen aus. Bei eventuell auftretenden Stehzeiten einer Maschine verursacht dies keine Verzögerungen in der Gesamtbereitstellungskette.

Weiters ist positiv zu beurteilen, dass durch die Bündelung das Hackholz für den Großhacker optimal vorbereitet ist und dadurch die Auslastung und die Produktivität, im Gegensatz zum Hacken von losem Schlagrücklass, erhöht werden.

⁸⁷ vgl. Kanzian, 2005, S.5f

⁸⁸ vgl. ebenda, S.72

Vorteile

- zusätzlicher Energiegewinn durch die Verwendung des Schlagabraumes
- durch die Bündelung ist das System einfach in den Rundholztransport einzubinden
- die Bündel können an der Waldstraße besser gelagert werden als der lose Schlagrücklass
- höhere Transportmenge durch die Bündelung als bei losem Transport des Schlagrücklasses mit einem Rungen – LKW
- entspricht einer „Vorsorge“ gegen Borkenkäferbefall

Nachteile

- hohe Kosten
- dem Waldboden werden wichtige Nährstoffe entzogen
- wegen des hohen Grünanteiles kann das Holz nicht gut trocknen

Leistung und Kosten

Bei der Berechnung der Systemleistung wurden Lohnkosten zum Unternehmersatz angenommen.

Eingangsdaten "System Bündelmaschine - Schlagabraum"					
Teilarbeiten	Maschine, Verfahren	Kronenfuß- d 10 cm	Kronenfuß- d 15 cm	Kronenfuß- d 20 cm	
		Leistung in Srm/h			Kosten in €/h
Einsammeln, Rücken	Forwarder	13,1	27,7	42,3	79
Bündeln	Bündelmaschine auf LKW	15,0	15,0	15,0	180
Transport (30 km)	Rundholz LKW mit Anhänger	15,6	15,6	15,6	57
Hacken	LKW mit Aufbauhacker	85,0	85,0	85,0	189
Zwischenergebnis		23,89	20,73	19,75	
Lagerung	Rundholzlagerplatz beim Heizwerk	1,27	1,27	1,27	(€/Srm)
Ergebnisse					
		BHD 10 cm	BHD 15 cm	BHD 20 cm	
		Srm/h			
Systemleistung		4,57	5,60	6,02	
		€/Srm			
Kosten/Srm		25,16	22,00	21,02	

Tabelle 36: Leistung und Kosten Logistikkette "Bündelmaschine - Schlagrücklass, vollmechanisiert"

9.5.2 Logistikkette: „Forstschlepper mit Kranrückewagen - Schlagrücklass, vollmechanisiert“



Abbildung 55: Logistikkette "Forstschlepper mit Kranrückewagen - Schlagrücklass, vollmechanisiert"⁸⁹

Ausrüstung (v.l.n.r)

- Forstschlepper mit Kranrückewagen
- Mobiler Großhacker
- Hackgut LKW

Arbeitsbeschreibung

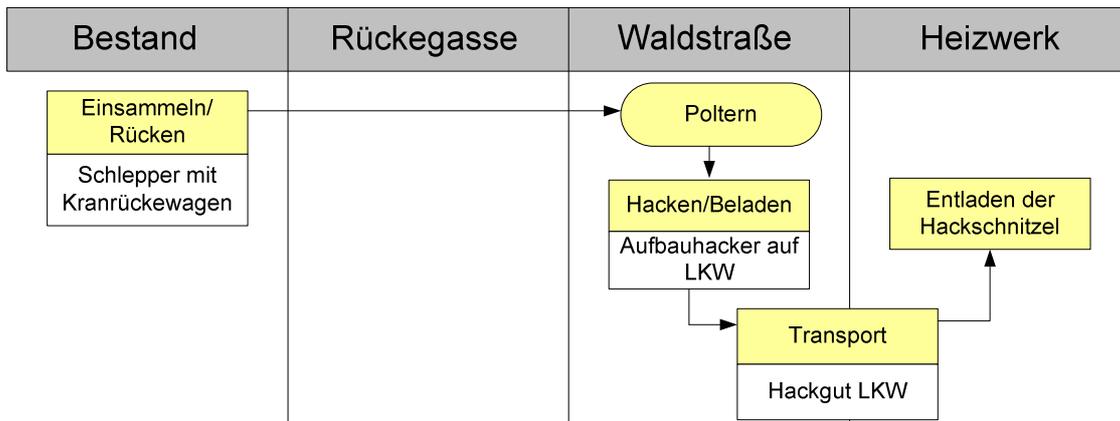


Abbildung 56: Arbeitsdiagramme Logistikkette "Forstschlepper mit Kranrückewagen - Schlagrücklass, vollmechanisiert"

Der Forstraktor sammelt den Schlagrücklass von der Rückegasse bzw. vom Bestand mit dem Kranrückewagen ein und rückt ihn zur Waldstraße. Dort wird der Schlagrücklass zum Trocknen gepoltert.

Zeitlich entkoppelt vom Bringungsvorgang wird das Energieholz direkt mittels Großhacker in einen Hackgut - LKW gehackt. Dieser übernimmt den Ferntransport zum Heizwerk.

⁸⁹ vgl. v.l.n.r. Bild 1-2, Kallio, 2005, S.36/58

Einsatzgebiet, Eignung

- zum Schlagabraum von mittelgroßen Hiebsflächen (große Hiebsflächen → Forwarder)
- für die Nutzung von Schlagrücklass
- für große Heizwerke mit hohem Hackschnitzelbedarf

Geländeanforderungen bei Schlagrücklassbringung

- geringe Anforderungen an die Tragfähigkeit des Waldbodens
- maximale Steigung bis 35 %, Hangquerneigungen bis max. 5 %⁹⁰

Logistische Eigenschaften

Durch die zeitliche Entkopplung des Bringungsvorganges und des Hackvorganges stellt das System nur geringe Anforderungen an die Arbeitsorganisation. Beim Hacken muss der Abtransport der Hackschnitzel mit dem Hackgut – LKW wieder an die Leistung des mobilen Hackers angepasst werden um mögliche Wartezeiten zu vermeiden.

Vorteile

- geringe Kosten
- hohe Leistung
- zusätzlicher Gewinn an Energie durch Verwendung des Schlagabraumes
- loser Schlagrücklass kann „besser“ abtrocknen als die verdichteten Bündel
- entspricht einer „Vorsorge“ gegen Borkenkäferbefall

Nachteile

- dem Waldboden werden wichtige Nährstoffe „vorbehalten“
- wegen dem hohen Grünanteil kann das Holz nur schlecht trocknen

⁹⁰ vgl. ebenda, S.72

Leistung und Kosten

Bei der Berechnung der Systemleistung wurden Lohnkosten zum Unternehmersatz angenommen.

Eingangsdaten "System Schlepper mit Kranrückewagen - Schlagrücklass"					
Teilarbeiten	Maschine, Verfahren	Kronenfuß- d 10 cm	Kronenfuß- d 15 cm	Kronenfuß- d 20 cm	
		Leistung in Srm/h			Kosten in €/h
Einsammeln, Rücken	Schlepper mit Kranrückewagen	7,5	15,5	23,4	62
Hacken	LKW mit Aufbauhacker	57,0	57,0	57,0	189
Transport (30 km)	Hackgut LKW mit Anhängen	26,7	26,7	26,7	60
Ergebnisse					
		BHD 10 cm	BHD 15 cm	BHD 20 cm	
		Srm/h			
Systemleistung		5,31	8,36	10,24	
		€/Srm			
Kosten/Srm		13,83	9,57	8,21	

Tabelle 37: Leistung und Kosten Logistikkette "Forstschlepper mit Kranrückewagen - Schlagrücklass, vollmechanisiert"

10 Gesamtkosten und -leistungen der Logistikketten

Im folgenden Kapitel werden nun die analysierten Logistikketten hinsichtlich ihrer Produktivität und den auftretenden Kosten verglichen und bewertet.

Kosten- und Leistungsergebnisse der Logistikketten		
Logistikkette	Systemleistung	Kosten/Srm
	Srm/h	€/Srm
Hacken im Waldbestand		
"Hackschnitzel - Harvester"	7,47	14,34
Hacken an der Rückegasse		
"Aufbauhacker auf Fowarder"	7,75	15,89
Hacken an der Waldstraße		
"Forstschlepper mit Funkseilwinde"	2,50	17,94
"Forstschlepper mit Kranrückewagen"	6,11	12,71
"Zangenschlepper"	5,93	13,11
"Harvester (LKW - Direktbeladung)"	8,17	11,19
"Harvester (LKW - Selbstbeladung)"	7,28	11,95
"Harwarder"	6,95	16,15
Hacken am Werksgelände		
"Harvester - Kurzholzzug"	6,97	13,63
"Kranrückewagen - Kurzholzzug"	5,74	14,19
Hacken von Schlagrücklass		
"Bündelmaschine - Schlagabraum"	5,60	22,00
"Kranrückewagen - Schlagabraum"	8,36	9,57

Tabelle 38: Kosten- und Leistungsergebnisse der Logistikketten

Bei der Beurteilung der einzelnen Logistikketten schneiden die Systeme „Harvester - LKW Direktbeladung“ und „Harvester – LKW Selbstbeladung“, angesiedelt in der Hackortunterteilung „Hacken an der Waldstraße“, mit € 11,19/Srm bzw. € 11,95/Srm am besten ab. Die Gründe für das gute Kosten – Leistungsergebnis sind die hohen

Produktivitäten bei der Energieholzbringung durch die voll mechanisierten Maschinen Harvester und Forwarder und das gute Kosten – Leistungsverhältnis beim Hackschnitzeltransport. Auch die Logistikkette „Forstschlepper mit Kranrückewagen“ erzielt relativ gute Ergebnisse bei den anfallenden Selbstkosten/Srm Hackschnitzel mit € 12,71/Srm, was auf die geringen Systemkosten bei der Holzbringung mittels Kranrückewagen und den hohen Leistungen bei der teilmechanisierten Holzernte zurückzuführen ist.

Die teuersten Logistikketten bei der Bereitstellung von Hackschnitzel sind die Systeme „Harwarder“ und „Forstschlepper mit Funkseilwinde“. Die Hauptursachen für die hohen Kosten je Srm sind dabei einerseits die geringen Leistungen des Harwarder DUAL – System und andererseits die hohen Maschinenkosten des Harwarders. Beim teilmechanisierten Logistiksystem wirken sich die geringen Leistungen bei der Rückung mittels Seilwinde negativ auf die Kosten aus.

Beim Hacken von Schlagrücklass erzielt das System „Kranrückewagen – Schlagrücklass“ die höchste Leistung von allen Logistikketten. Jedoch kann kein direkter Vergleich zu den restlichen Systemen hergestellt werden, da beim Hacken von Schlagrücklass die Fällung und die Aufarbeitung des Hackholzes entfällt.

➤ **Darstellung der Ergebnisse**

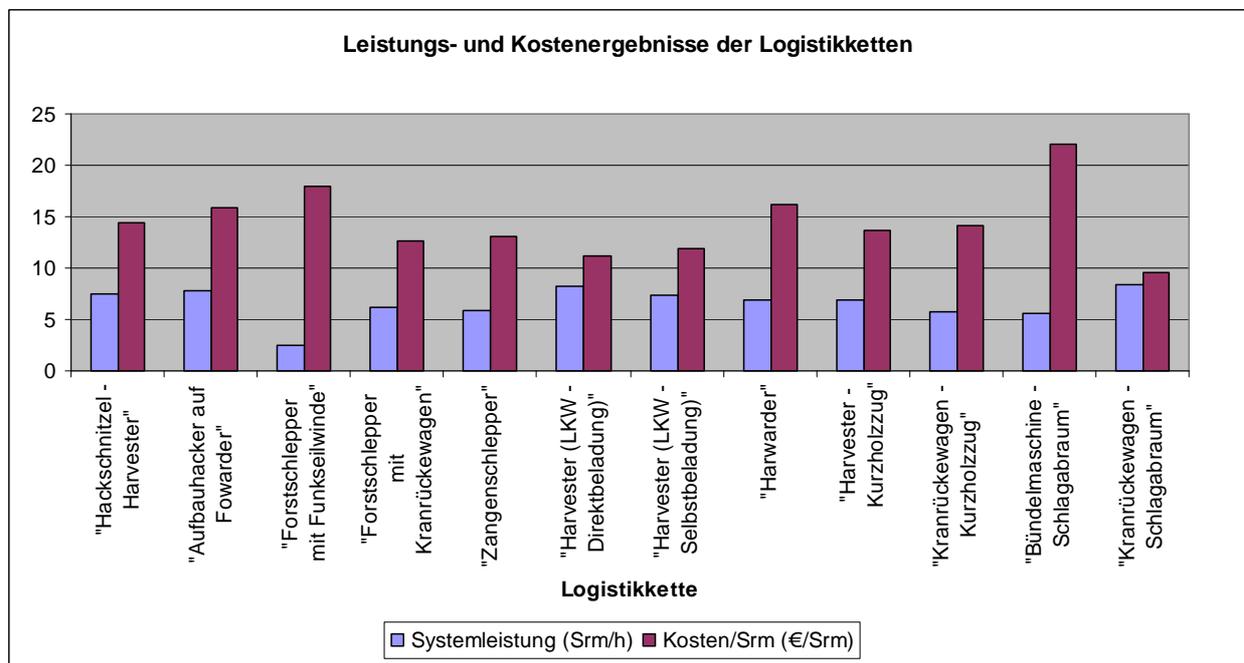
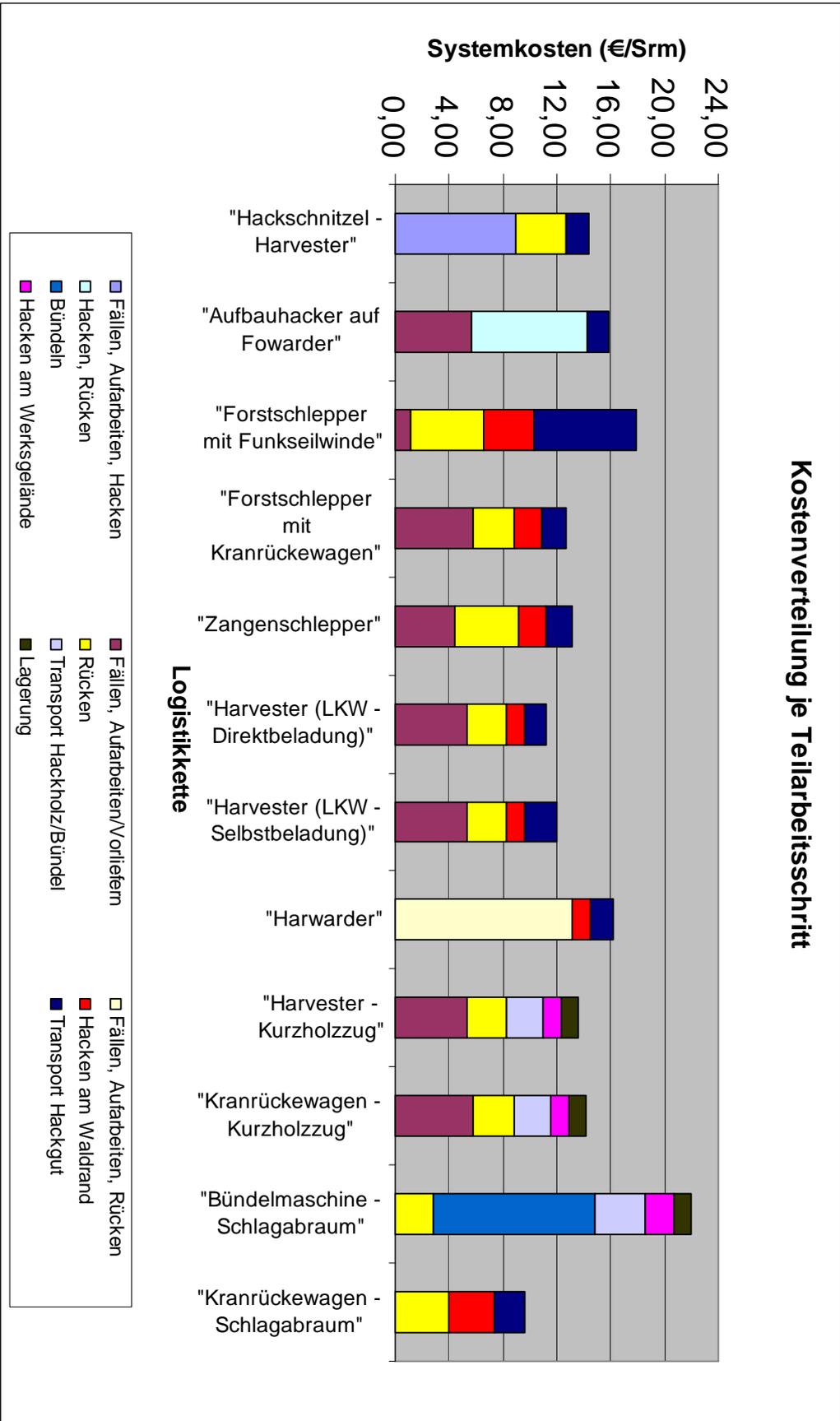


Abbildung 57: Leistungs- und Kostenergebnisse der Logistikketten

Abbildung 58: Kostenverteilung je Teilarbeitsschritt



Auffallend bei der Kostenverteilung sind die großen Kostenanteile der Forstspezialmaschinen, wie der Hackschnitzelharvester, der Timberchipper, der Harwarder oder auch die Bündelmaschine, an den Gesamtkosten. Im Allgemeinen ist dies darauf zurückzuführen, dass Forstspezialmaschinen gleich mehrere Arbeitsschritte vereinen und dabei geringere Produktivitäten erreichen als spezialisierte Einzelmaschinen. Wegen der hohen Maschinenkosten dieser Spezialmaschinen steigen somit die Kosten je Schüttraummeter Hackschnitzel an und haben zusätzlich ein schlechtes Leistungsergebnis.

Ebenfalls wirken sich die Kostenanteile der Lagerung des Energieholzes bzw. der Energieholzbündel beim Heizwerk negativ auf das Gesamtergebnis der Logistikketten „Hacken am Werksgelände“ und „Bündelmaschine - Schlagabraum“ aus. Somit ist erkennbar, dass die kostengünstigste Logistikkette den Waldrand als Hackort vorsieht, da hier die Lagerkosten entfallen und der Transport von Hackgut günstiger als der Transport von Hackholz ist.

11 Situationsbeschreibung NAWARO Energie Betrieb GmbH

Die NAWARO Energie Betrieb GmbH errichtet im Waldviertel drei Kraft - Wärme – Kopplungsanlagen an den Standorten Altweitra, Rastefeld und Göpfritz. Jede KWK – Anlage hat eine thermische Nennleistung von 20 MW, mit einem elektrischen und thermischen Output von je 5 MW. Bei einer jährlichen Auslastung von maximal 8.000 Volllaststunden (334 Tage/Jahr), ergibt sich laut Gutachten ein Brennstoffbedarf von etwa 31.000 AMM. Je größer der Wassergehalt des Brennstoffes ist, desto höher ist der Jahresbrennstoffbedarf, da der Heizwert stetig abnimmt (Tabelle 39).

Jahresbedarfsmenge je Heizwerk				
Brennstoff	Wassergehalt (%)	Heizwert (kWh/kg)	Brennstoffbedarf/Jahr	
			Tonnen	Srm/h
Nadelholz	0 (Theorie)	5,28	31.000	22,50
Nadelholz	20	4,09	40.020	26,00
Nadelholz	30	3,49	46.900	27,10
Nadelholz	35	3,19	51.310	27,50
Nadelholz	40	2,90	56.441	28,00
Nadelholz	50	2,30	71.165	29,40

Tabelle 39: Jahresbedarfsmenge in Abhängigkeit vom Wassergehalt

Aufgrund des Wassergehaltes schwankt der Stundenbedarf an Hackgut zwischen 22,50 Srm/h, bei absolut trockenem Brennstoff, und maximal fast 30 Srm/h bei Brennstoffen mit einem Wassergehalt von 50 %. Der durchschnittliche Wassergehalt des angelieferten Energieholzes liegt nach Erfahrungswerten der NAWARO Energie Betrieb GmbH bei etwa 42,40 %. Daher wird für die Logistik- und Jahresbedarfsplanung mit einem täglichen Brennstoffbedarf von 700 Srm kalkuliert. Dies sind etwa 29,17 Srm/h und liegt im Wasserlassenbereich W50 (Wassergehalt: 40 % < w < 50 %; vergleiche Punkt 3.1.1).

Die benötigte Brennstoffmenge beläuft sich demnach auf ~ 234.000 Srm Biomasse/Jahr und Kraftwerk, das ergibt eine Gesamtmenge von ca. 702.000 Srm Hackgut die logistisch bewältigt werden müssen.

Die Biomasse wird derzeit von den verschiedensten Lieferanten mittels LKW oder Traktor mit Anhänger zu den Kraftwerken geliefert. Die Anlieferung des Materials erfolgt als Rundholz oder in aufbereiteter, gehackter Form.

11.1 Eingangsdaten zur Simulation der Logistikketten

Bedarf/h/Heizwerk	~ 29 Srm Hackschnitzel
Bedarf/Tag/Heizwerk	~ 700 Srm Hackschnitzel
Betriebsstunden/a	8.000 h ~ 334 Tage/Jahr
Bedarf/a	234.000 Srm Hackschnitzel je Heizwerk
Gesamtbedarf/a	702.000 Srm für alle drei Heizwerke

Tabelle 40: Eingangsdaten zur Dimensionierung des Hack- und Lagerplatzes

11.2 Kostenberechnung der Logistik - Szenarien

Bei der Kostenkalkulation der zu untersuchenden Logistiksznarien wird die Energieholzbeschaffung bzw. die Energieholzernte nicht in die Berechnung miteinbezogen, da die NAWARO Energie Betrieb GmbH das Energieholz von Großhändlern frei Werk oder frei Lagerplatz einkauft. Somit startet die Kostenkalkulation an der Stelle in der Logistikkette, wo das Energieholz in den Besitz der NAWARO GmbH übergeht und beinhaltet alle anfallenden Kosten, von der Lagerung über die Aufbereitung des Hackgutes, bis hin zur manuellen Beschickung der Hackgutbunker beim Heizwerk.

11.2.1 Modell der Kostenkalkulation

Bei der Kalkulation werden die Kosten in Form einer Kostenartengliederung zusammengestellt. Weiters erfolgt eine Angabe der auftretenden Kosten in Abhängigkeit je Schüttraummeter (€ / Srm Hackgut) um die Logistikketten effektiver vergleichen zu können.

Die anfallenden Kosten werden dabei in die Kostenarten Personal, Sachkosten, Fremdleistungen, Abgaben und Steuern, Kapitalkosten und Sonstige Kosten gegliedert. Für jeden Bereich der Bereitstellungskette werden die auftretenden Kosten berechnet und danach in einer Gesamtübersicht zusammengefasst. Dieses Schema wird in allen Szenarien beibehalten.

- **Personalkosten**

Die anfallenden Personalkosten werden auf der Grundlage des Arbeiter bzw. Angestellten - Kollektivvertrages für die eisen- und metallerzeugende und -verarbeitende Industrie für den Fachverband Gas- und Wärmeversorgungsunternehmen kalkuliert. Auch die Zulagen in jeglicher Form, z.B. Erschwerniszulagen, Schichtzulagen, usw. sind auf den Kollektivvertrag zurückzuführen. Weiters werden die Lohn- und Gehaltsnebenkosten mit einem Satz von 140 % des Bruttolohnes kalkuliert.

- **Sachkosten**

Bei der Ermittlung der kalkulatorischen Abschreibung ist darauf hinzuweisen, dass das Anlagevermögen ohne Berücksichtigung eines Restwertes gleichmäßig über die Nutzungsdauer abgeschrieben wird. Die angenommene Nutzungsdauer des jeweiligen Anlagevermögens wurde von der Homepage urbs-media gmbH⁹¹ entnommen. Die Nutzungsdauer einer stationären Hackanlage wurde dabei an die eines KWK – Kraftwerkes mit zehn Jahren angepasst, da hierfür keine Angaben vorlagen. Weiters werden bei Gebäuden und Gerätschaften die Energie- bzw. Treibstoffkosten, Schmiermittelkosten, Reparaturkosten, Materialkosten und gegebenenfalls auch anfallende Kosten für Werkzeuge mit einkalkuliert.

⁹¹ vgl. <http://www.urbs.de/afa/home.htm> (12.12.07)

- **Fremdleistungskosten**

Zu den Fremdleistungskosten werden alle Kosten hinzugezählt, die im Zusammenhang mit der Erbringung von Leistungen von nicht diensteigenen Personen (selbstständige Unternehmen) entstehen. Dazu zählen beispielsweise Lohn-, Material- und Beratungskosten oder Steuern.

- **Abgaben und Steuern**

Hierzu zählen alle Abgaben, die den Charakter von Betriebssteuern besitzen.

- **Kapitalkosten**

Unter den Kapitalkosten fallen diejenigen Kosten, die für den Einsatz von Fremd- und Eigenkapital erwachsen. Bei der Kostenkalkulation werden dabei einheitlich für die Zinskosten, Zinsen in der Höhe von 5 % berücksichtigt.

Die kalkulatorischen Wagnisse sollen das Risiko der Produktion in Geldgrößen ausdrücken, welche durch Naturkatastrophen entstehen und die Verluste nicht durch Versicherungen gedeckt sind.

- **Sonstige Kosten**

Unter den sonstigen Kosten werden hierbei die anfallenden Versicherungskosten der haftpflichtversicherten Gerätschaften angegeben.

11.2.2 Übersicht der Kostenkalkulation (Kostenartenrechnung)

Kostenstellen	Gesamtkosten nach Kostenarten (€)	zB. Aufbereitung	zB. Auslieferung	zB. Lagerung und Beschickung
Kostenarten				
Personalkosten				
Lohnkosten				
Lohnnebenkosten				
Sonderkosten				
Gehaltskosten				
Gehaltsnebenkosten				
Sachkosten				
Kalk. AfA				
Treibstoffkosten				
Schmiermittelkosten				
Energiekosten				
Reparaturkosten				
Materialkosten				
Kosten für Werkzeuge				
Fremdleistungskosten				
Kosten für Dienstleister				
Fremdinstandhaltung				
Beratungskosten				
Mieten, Pachtzinsen				
Abgaben und Steuern				
Grundsteuer				
Gebühren				
Kapitalkosten				
kalk. Zinsen				
kalk. Wagnisse				
Sonstige Kosten				
Versicherungen				
Gesamtkosten (€)				

Tabelle 41: Modell der Kostenkalkulation (Kostenartenrechnung)

11.2.3 Überlegung zur Kostenrechnung

Eine grundsätzliche Überlegung eines Hackgut verarbeitenden Betriebes ist die Beachtung des Preisunterschiedes beim Einkauf des Energieholzes in Form von Rundholz oder bereits im gehackten Zustand als Waldhackgut. Die aktuellen Einkaufspreise frei Werk für Energieholz liegen derzeit, im Jänner 2008, in Niederösterreich bei etwa € 80/AMM für Waldhackgut G 30 – G 100 und bei etwa € 61 /AMM für Nadel - Biomasse Rundholz.⁹² Das ergibt ein Preisdelta von € 19 beim Einkauf von runder oder bereits aufbereiteter Biomasse je AMM bzw. € 3,45 / Srm Hackgut (Umrechnungsfaktor 5,5 Srm – AMM). In Abhängigkeit dieses Preisunterschiedes („Preis – Deltas“) muss die Aufbereitung des Hackgutes wirtschaftlich abgestimmt sein. Das heißt, bei der Zwischenlagerung des Rundholzes und bei der Hackguterzeugung muss ein Schüttraummeterpreis kleiner € 3,45 erreicht werden, damit sich der Einkauf von Energieholz in runder Form wirtschaftlich lohnt

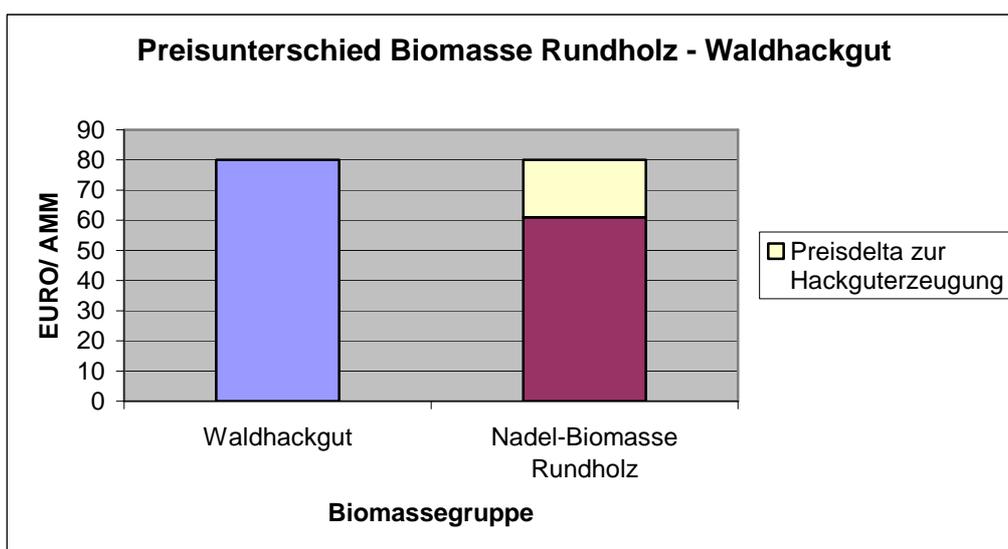


Abbildung 59: Preisunterschied Biomasse Rundholz - Waldhackgut

⁹² vgl. schriftliche Mitteilung: DI Ludwig Köck, Landwirtschaftskammer NÖ (24.01.2008)

12 Szenario A: „zentraler Hack- und Lagerplatz“

12.1 Darstellung des zu untersuchenden Versorgungsszenarios

Die Holzlieferanten bringen die Biomasse in Form von Rundholz zu einem zentralen Hackplatz. Dort wird mit einer stationären Hackanlage Biomasse – Hackgut erzeugt und mittels Hackgut LKWs zu den drei KWK – Anlagen geliefert.

Dabei sind folgende Aufgabenstellungen zu klären:

- Berechnung und Festlegung eines zentralen Standortes für einen Hack- und Lagerplatz zur Minimierung der Transportkosten bei der Hackgutauslieferung
- Planung der gesamten Arbeitsabläufe, im folgenden:
 - Auslegung und Dimensionierung des Rundholz – Lagerplatzes
 - Berechnung der benötigten Hackleistung der stationären Hackanlage
 - Auslegung und Dimensionierung des Hackgutvorratslagers am Hack- und Lagerplatz
 - Abstimmung des Hackguttransportes zu den KWK – Anlagen inklusive Berechnung der Anzahl der dazu benötigten LKWs
 - Planung der Infrastruktur bei den KWK – Anlagen (Lagerhalle, Bunkerbeschickung beim Heizwerk)
 - Personalbedarfsplanung
- Kostenberechnung des gesamten Szenarios für alle drei KWK Standorte, umgeschichtet auf die jährlich produzierte bzw. benötigte Hackgutmenge

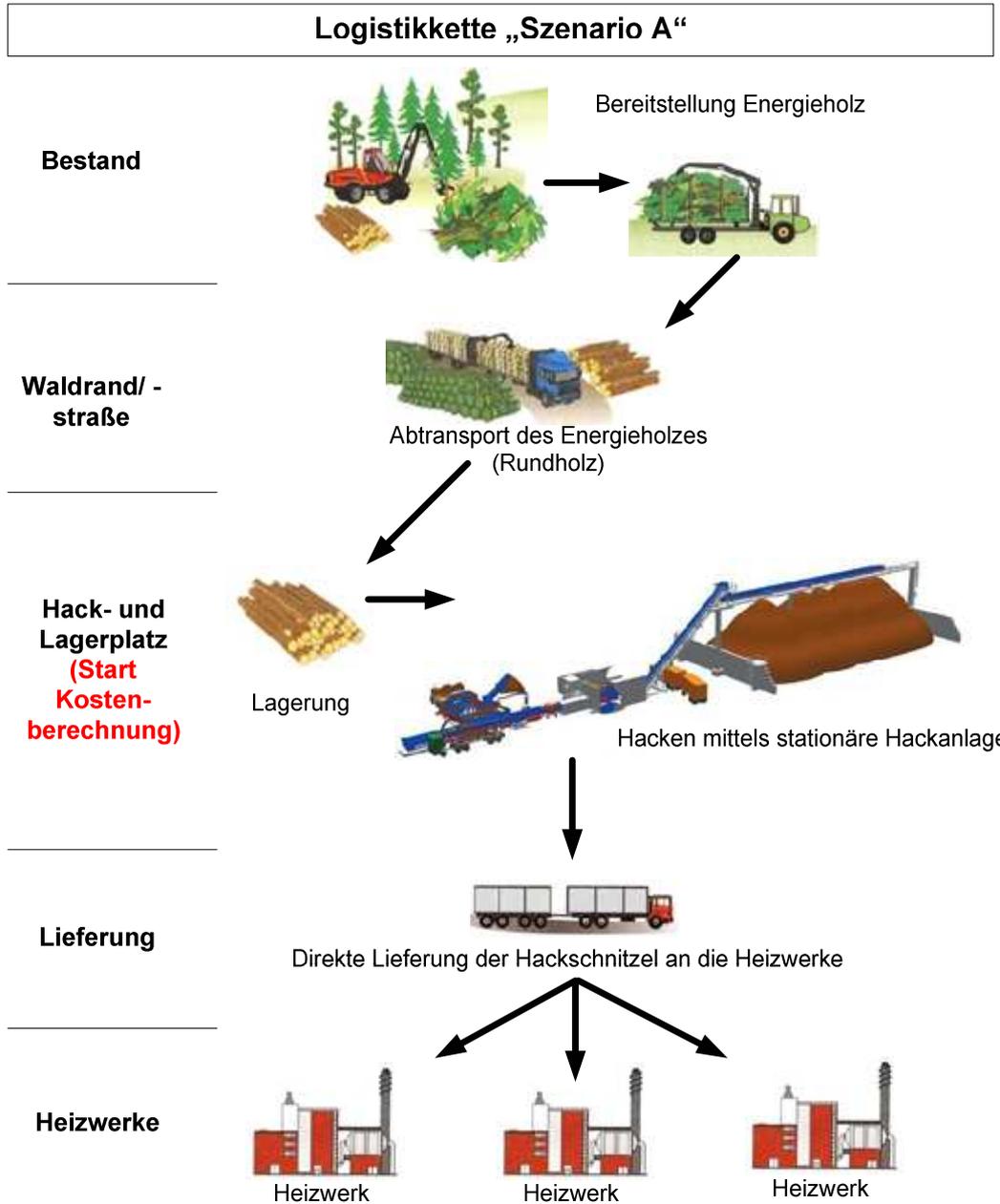


Abbildung 60: Übersicht Logistikkette "Szenario A"

Die obige Abbildung zeigt die graphische Darstellung des zu untersuchenden und zu planenden Logistikszenarios. Wobei ersichtlich ist, dass die Kostenrechnung erst ab dem Zeitpunkt der Holzübernahme am Lagerplatz startet.

12.2 Standortbestimmung zentraler Holzlager- und Hackplatz

Bei der Planung eines industriellen Bauvorhabens oder einer Standorterweiterung des Betriebes müssen sämtliche Restriktionen beachtet werden, um den für den Betrieb idealen Standort ermitteln zu können.

Das Vorgehen bei der Auswahl eines Standortes erfolgt dadurch in drei Ebenen. Die Planungsschritte werden nach dem Top – Down – Prinzip abgearbeitet. Nach Auswahl eines globalen Standortbereiches, unter Beachtung der wirtschaftlichen und politischen Eigenschaften des Standortes, kommt es zur Einschränkung des Auswahlgebietes auf einen Regionalbereich. Zum Schluss wird ein lokaler Standort mit dem zukünftigen Betriebsgelände festgelegt.

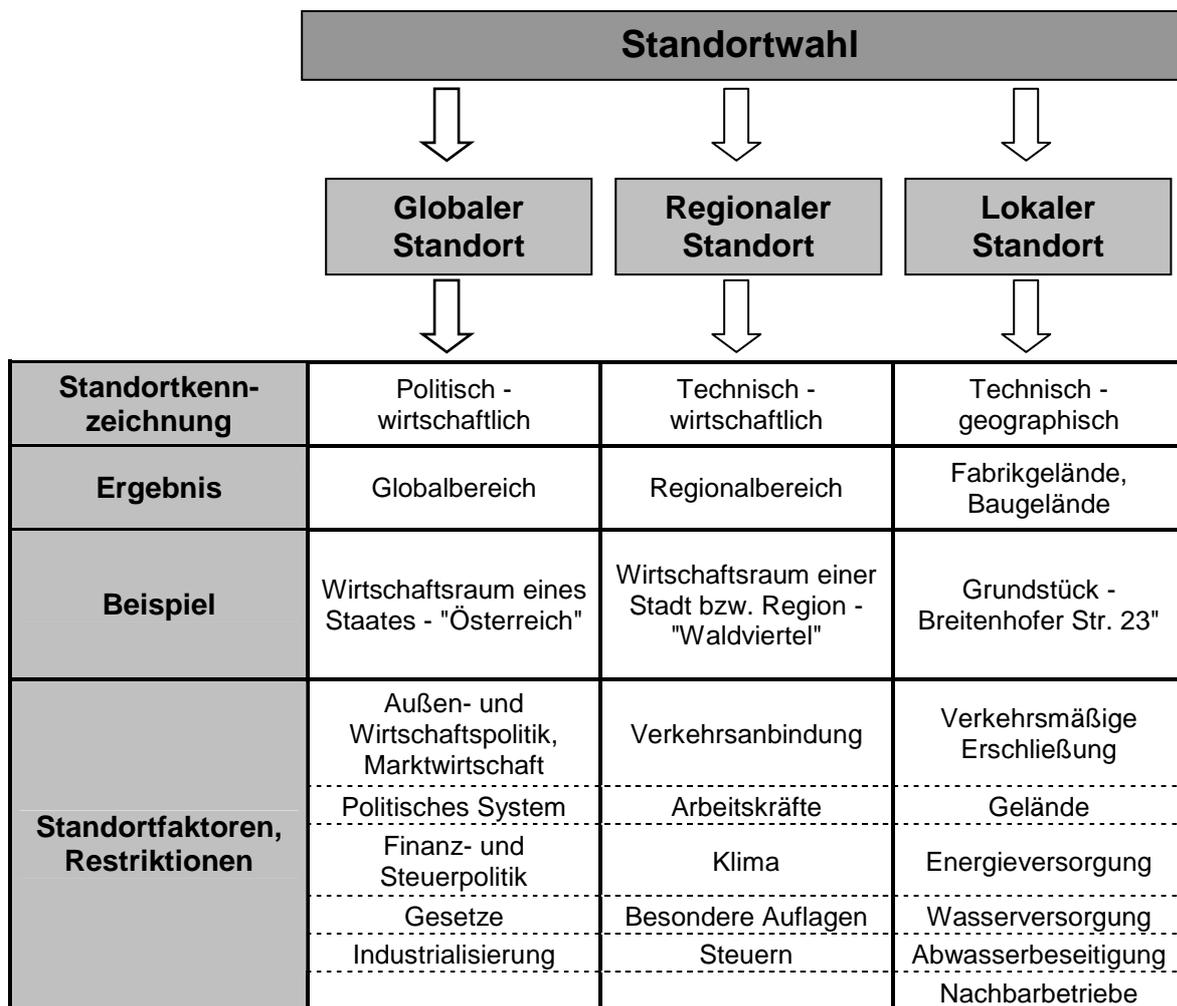


Tabelle 42: Vorgangsweise bei der Auswahl eines gewerblichen Standortes⁹³

Um die Entscheidungsfindung für einen Standort zu erleichtern, werden oftmals mehrere Szenarien durchgeplant und danach hinsichtlich der Erfüllung der Anforderungen an den Wunschstandort bewertet. Die Anforderungen können dabei in Fest-, Mindest- und Wunschanforderungen eingeteilt werden.

⁹³ vgl. Bischoff, 2006, S.97

12.2.1 Mögliche Fest-, Mindest- und Wunschanforderungen bei der Auswahl eines optimalen Betriebsstandortes

	Fest - anforderungen	Mindest - anforderungen	Wunsch - anforderungen
global	<ul style="list-style-type: none"> - Stabile politische Verhältnisse - Freie Marktwirtschaft - Freie Kapitalwirtschaft - Freier Warenverkehr 	<ul style="list-style-type: none"> - Investitionshilfen > 15 % - Durchschnittslohn pro Monat < 1600 € 	Entscheiden bei gleich bewerteten Standorten!
regional	<ul style="list-style-type: none"> - Straßenverkehrsnetz - Schienenverkehrsnetz - Verfügbarkeit von Grundstücken - verfügbare Arbeitskräfte 	<ul style="list-style-type: none"> - Investitionshilfen > 15 % - Grundstückspreis incl. Erschließung <20 €/m² 	Entscheiden bei gleich bewerteten Standorten!
lokal	<ul style="list-style-type: none"> - Straßenanschluss - Lage im Industriegebiet - Wasseranschluss - Kanalisation 	<ul style="list-style-type: none"> - Grundstücksgefälle < 1 % - Elektrizität: Spannung > 10 KV Leistung > 8 MW - Grundwasserspiegel > 4 m unter Geländeniveau 	Entscheiden bei gleich bewerteten Standorten!

Tabelle 43: Mögliche Fest-, Mindest- und Wunschanforderungen bei der Auswahl eines Betriebsstandortes⁹⁴

12.2.2 Eingangsdaten zur Standortauswahl des Lager- und Hackplatzes

Ziel bei der Auswahl des Standortes für den Lager- und Hackplatz ist es, die Anlieferungskosten beim Transport der Hackschnitzel vom Lagerplatz zu den KWK – Anlagen und die Anlieferungskosten beim Transport des Hackholzes zum Lagerplatz möglichst gering zu halten. Aufgrund der fixen Standorte der drei KWK – Anlagen im Waldviertel (Altweitra, Göpfritz und Rastefeld) entfällt die Entscheidungsfindung für die optimale Lage des Hack- und Lagerplatzes auf globaler Basis. Regional ist das Gebiet durch die drei Standorte ans Waldviertel gebunden.

Um die lokale Lage des Hackplatzes ermitteln zu können, muss die erwartete Umschlagsmenge einkalkuliert werden.

Erwarteter Biomasseumschlag am Hackplatz	
Eingang: Holzanlieferung in Form von Rundholz	~ 234.000 Srm/a/Werk → ~ 702.000 Srm/a
Ausgang: Holzauslieferung in Form von Hackschnitzel	~ 234.000 Srm/a/Werk

Tabelle 44: Erwarteter Biomasseumschlag am Hack- und Lagerplatz

⁹⁴ vgl. Bischoff, 2006, S.107

Da die Holzanlieferung kontinuierlich aus allen Gebieten des Waldviertels erfolgt, kann der Holzanlieferungsprozess nur schwer in die Standortkalkulation eingebunden werden. Bei der Hackschnitzelauslieferung ist das Servicegebiet durch die drei Kraftwerke vorgegeben. Durch die Vernachlässigung der Holzanlieferung kann die Standortsbestimmung aufgrund einer Schwerpunktsberechnung erfolgen.

12.2.3 Standortoptimierung

Voraussetzung für die Standortoptimierung ist ein hinreichend dichtes Verkehrsnetz im zu untersuchenden Bereich. Bei gleichmäßig verteilten Koordinaten der Quellen und Senken (x_i, y_i) kann eine optimale Standortkoordinate (x_s, y_s) ermittelt werden, um die Transportwege zu minimieren. Wegen dem Wegfall der Holzanlieferung gibt es bei der Berechnung der optimalen Standortkoordinate nur eine Quelle (Hack- und Lagerplatz) und drei Senken (Altweitra, Göpfritz und Rastenfeld). Ziel ist es die Koordinaten der Quelle, also für den Lagerplatz, zu ermitteln.

Koordinaten zur Berechnung des Hackplatzstandortes (siehe Abbildung 61)					
Absolut vom Nullpunkt					
	Koordinaten		Koordinaten		Zahl der Transporteinheiten (Transportmenge)
		X_i		Y_i	λ (Srm)
Altweitra	Xa	6,25	Ya	47,50	234.000
Göpfritz	Xg	54,96	Yg	49,85	234.000
Rastenfeld	Xr	49,43	Yr	26,05	234.000

Tabelle 45: Koordinaten zur Berechnung des optimalen Hack- und Lagerplatzstandortes

12.2.3.1 Formeln zur Berechnung des Standortschwerpunktes

Koordinatenberechnung des Standortschwerpunktes:

$$x_s = \frac{\sum \lambda_i * x_i}{\sum \lambda_i} \quad \text{und} \quad y_s = \frac{\sum \lambda_i * y_i}{\sum \lambda_i}$$

Formel 8: Berechnung des Standortschwerpunktes⁹⁵

Speziell für die Hackplatz – Koordinaten:

$$x_s = \frac{\sum \lambda_i * x_i}{\sum \lambda_i} = \frac{(\lambda_a * x_a) + (\lambda_g * x_g) + (\lambda_r * x_r)}{\lambda_a + \lambda_g + \lambda_r} = 36,89$$

$$y_s = \frac{\sum \lambda_i * y_i}{\sum \lambda_i} = \frac{(\lambda_a * y_a) + (\lambda_g * y_g) + (\lambda_r * y_r)}{\lambda_a + \lambda_g + \lambda_r} = 41,13$$

⁹⁵ vgl. Grösel, 2005, S.52

- X_s optimale Schwerpunktskoordinate in x - Richtung
- Y_s optimale Schwerpunktskoordinate in y - Richtung
- X_a, X_g, X_r Schwerpunktskoordinaten der einzelnen Standorte in x - Richtung
- Y_a, Y_g, Y_r Schwerpunktskoordinaten der einzelnen Standorte in y - Richtung
- λ_i Zahl der Transporteinheiten bzw. jährliche Transportmenge (Srm)

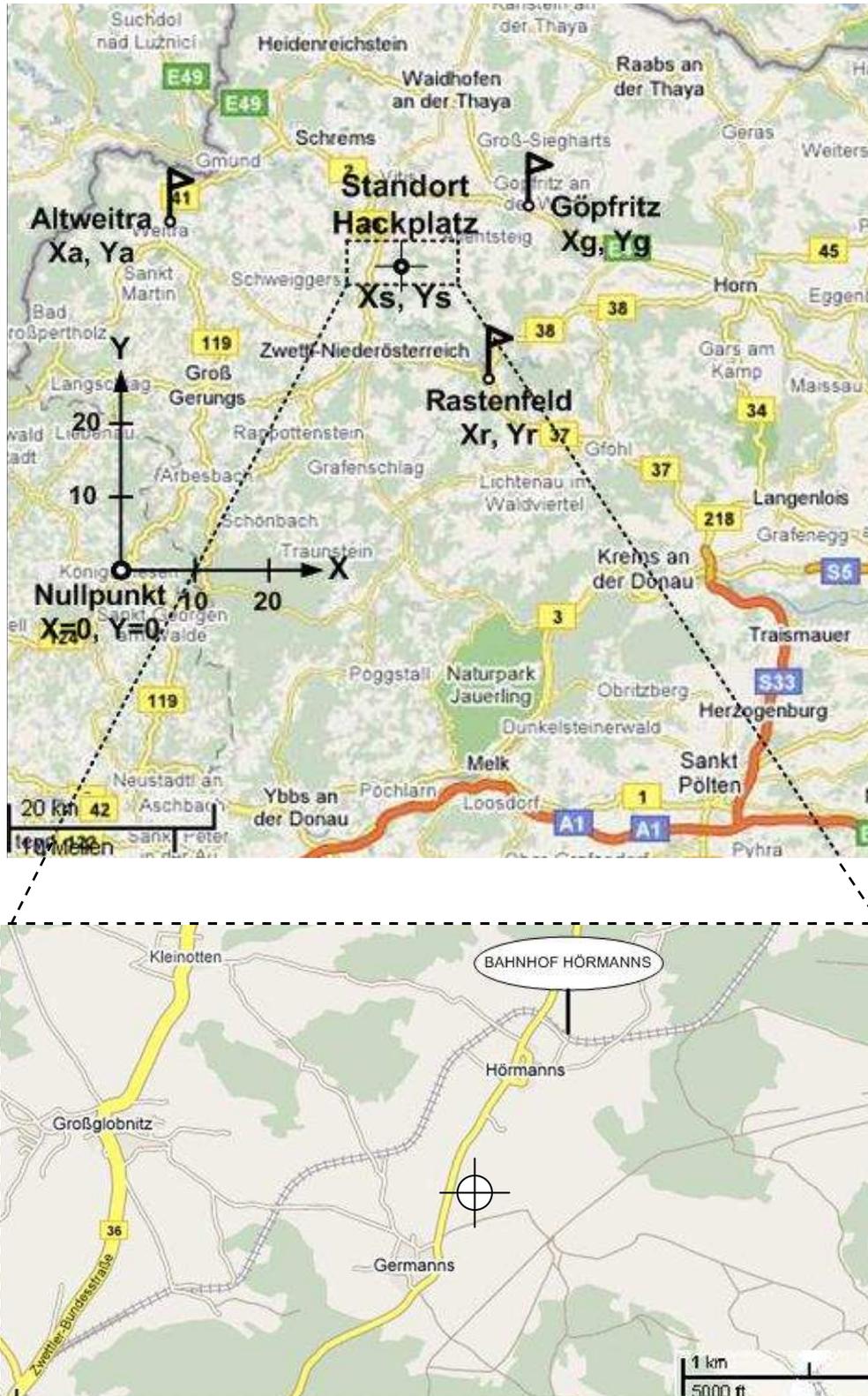


Abbildung 61: Optimaler Hack- und Lagerplatzstandort

Die optimale Lage des Hack- und Lagerplatzes für die Minimierung der Transportkosten bei der Auslieferung der Hackschnitzel, liegt aufgrund der Schwerpunktsberechnung im Bezirk Zwettl in der Gemeinde Zwettl – Niederösterreich. Die in Frage kommenden nahe liegenden Gebiete sind die Katastralgemeinden Germanns und Hörmanns bei Zwettl.

Diese beiden möglichen Standorte sind aufgrund der für den Hack- und Lagerplatz spezifischen Fest-, Mindest- und Wunschanforderungen im regionalen Bereich zu vergleichen und zu beurteilen.

12.2.3.2 Lokale Anforderungen bei der Standortsauswahl

	Fest - anforderungen	Mindest - anforderungen	Wunsch - anforderungen
lokal	<ul style="list-style-type: none"> - Straßenanschluss - Wasseranschluss - Kanalisation - vorhandene Industriebaugründe in den Gemeinden - min. 50 m Abstand zu gefährdeten Beständen wegen möglichen Borkenkäferbefall und ev. Lärmbelästigung durch Hackvorgang 	<ul style="list-style-type: none"> - Grundstücksgefälle < 1 % (ebenes Gelände) - Elektrizität: Spannung > 10 KV Leistung > 8 MW - Grundwasserspiegel > 4 m unter Geländeniveau 	<ul style="list-style-type: none"> - Schienen- anschluss

Tabelle 46: Lokale Standortsanforderungen

12.2.4 Beurteilung der möglichen Standorte

12.2.4.1 Standort Germanns

Die Katastralgemeinde Germanns liegt etwa 7,5 Straßenkilometer nördlich der Bezirkshauptstadt Zwettl nah der Zwettler Bundesstraße B36. Im Westen des Dorfes verläuft die Bahnstrecke Martinsberg/Gutenbrunn – Schwarzenau vorbei, jedoch ohne eingeplante Haltestelle.

Laut Recherche⁹⁶ ist derzeit keine geeignete gewerbliche Baufläche in der Nähe von Germanns verfügbar.

12.2.4.2 Standort Hörmanns bei Zwettl

Die Katastralgemeinde Hörmanns liegt ebenfalls nur ca. 9,5 Straßenkilometer nördlich von Zwettl. Die Verkehrserschließung im Bereich Hörmanns ist durch die

⁹⁶ vgl. <http://www.noee-immo.at/G4AGO/G4AYI/L4AEF/L4ATJ/treffer.aspx>, 01.10.07

Zwettler Bundesstrasse B36 gegeben. Weiters führt die Bahnstrecke Martinsberg/Gutenbrunn – Schwarzenau, mit Erweiterung bis Waldkirchen an der Thaya, durch Hörmanns. Diese Bahnlinie wurde von der Rail Cargo Austria und Stora Enso ausgebaut und ist auf den Transport von Rundholz spezialisiert. Am Bahnhof Waldhausen werden jährlich rund 600.000 Tonnen Holz umgeschlagen. Aufgrund dieser Vorzüge würde dies eine wesentliche Erleichterung bei der Holzanlieferung bedeuten, da der Bahnhof in Hörmanns auch für die Holzversorgung des Hack- und Lagerplatzes genutzt werden könnte. Weiters ist der Bahnhof Schwarzenau auch Schnittstelle der Bahnlinie Gmünd – Wien Franz Josefs Bahnhof, das eine Erweiterung des Schienenanliefergebietes bis in den Raum Wien sicherstellen würde. Durch die schwerpunktmäßig optimale Lage hinsichtlich des Servicegebietes und der zusätzlichen verkehrsmäßigen Erschließung durch die Bahnlinie Martinsberg/Gutenbrunn – Waldkirchen an der Thaya würde der Standort Hörmann für den Hack- und Lagerplatz die beste Lösung ergeben.

Laut Recherche⁹⁷ ist jedoch derzeit keine geeignete gewerbliche Baufläche in der Nähe von Hörmanns verfügbar.

12.2.4.3 Alternativer Standort⁹⁸

Eine Alternative zu den genannten optimalen Standorten ist ein verfügbarer gewerblicher Baugrund am Ortsrand von Oberstrahlbach. Der Ort Oberstrahlbach liegt etwa 5 Straßenkilometer westlich von Zwettl und ist über die L71, der Weitraer Straße, erreichbar. Ein Bahnanschluss ist nicht in Ortsnähe.

Der unbefestigte und ebene Gewerbebaugrund liegt am Ortsrand von Oberstrahlbach, unmittelbar neben einem bestehenden Betriebsobjekt, und hat eine Gesamtgröße von ca. 35.000 m² wovon etwa 28.000 m² Bauland sind. Das Grundstück könnte auch als Lagerfläche genutzt werden. Bereits vorzuweisende Anschlüsse sind Strom, Ortswasser, Kanal und Telefon und auch eine Betriebszufahrt für LKWs im Osten des Grundstückes ist vorhanden. Zusätzlich könnte auch eine Zufahrt im Norden gebaut werden.

Nachteil dieses Standortes ist die direkte Lage neben einem Waldbestand, das die Möglichkeit eines Borkenkäferbefalles des anliegenden Waldstückes wesentlich erhöht.

Eine Abweichung des Hack- und Lagerplatzstandortes in Richtung Oberstrahlbach würde eine Erleichterung bei der Realisierung des Projektes herbeiführen, da die wesentlichen Fest- und Mindestanforderungen bereits erfüllt sind. Nachteilig würden sich jedoch die erhöhten Transportkosten bei der Auslieferung der Hackschnitzel an die drei Kraftwerke bemerkbar machen.

⁹⁷ vgl. <http://www.no-immo.at/G4AGO/G4AYI/L4AEF/L4ATJ/treffer.aspx>, 01.10.07

⁹⁸ vgl. <http://www.no-immo.at/G4AGO/G4AYI/L4AEF/L4ATJ/treffer.aspx>, 01.10.07

12.3 Auslegung des Energieholzlagerplatzes

Um die Versorgung der KWK – Anlagen über die Wintermonate gewährleisten zu können, muss ein Vorratslager in Form von Rundholz vorhanden sein. Laut einer Studie⁹⁹ beträgt die Versorgungsreichweite von Biomassekraftwerken jeglicher Größe zwischen sieben und 400 Tagen. Die Größe des Rundholzlagers wurde dabei auf eine Reichweite von etwa zwei bis drei Monate ausgelegt, da bei starker Schneelage ein Arbeiten im Waldbestand nicht möglich ist. Weiters können durch ein genügend großes Vorratslager Einkaufspässe überbrückt werden.

12.3.1 Benötigte Lagerkapazität

Benötigte Vorratsmenge an Rundholz	
Betriebstunden/Jahr	8.000 h
∑ Auslieferungsmenge/Jahr	702.000 Srm
	280.800 fm (Faktor 2,5 laut ÖNORM M - 7132)
eing geplantes Rundholzlager	2-3 Monate
gewählte Lagergröße	2,5 Monate
Benötigte Vorratsmenge an Rundholz für 2,5 Monate	58.500 fm

Tabelle 47: Benötigte Vorratsmenge an Rundholz

12.3.2 Übersicht Hack- und Lagerplatz

Übersicht Lagerplatz	
Größenumfang	4,1 ha
Lagerkapazität	58.000 fm
Vorrats - Reichweite	2,5 Monate
Lagerumschlagshäufigkeit/Jahr	4,8 mal

Tabelle 48: Übersicht Lagerplatz, Szenario A

Die bauliche Ausführung des Lagerplatzes und der Faktor Lagervolumen/Lagerfläche werden direkt aus Kapitel 6 übernommen. Für die Lagerung von 58.500 fm Rundholz wird inklusive der stationären Hackanlage und dem Hackgutvorratslager sowie dem Bahnanschluss eine Fläche von rund 4,1 ha benötigt (siehe auch Abbildung 62). Die Anlieferung des Rundholzes und der Abtransport des Hackgutes sind so abgestimmt, dass der Lagerplatz nahezu immer gefüllt ist und daher durchschnittlich rund 58.500 fm Rundholz vorhanden sind. Bei einem Jahresumschlag von 280.800 fm ergibt das eine Lagerumschlagshäufigkeit von 4,8 - mal pro Jahr:

⁹⁹ vgl. Herzog, 2006, S.27

➤ Lagerumschlagshäufigkeit

$$\text{Lagerumschlagshäufigkeit} = \frac{\text{Verbrauch pro Periode (Stk, fm, Srm,...)}}{\text{durchschnittlicher Lagerbestand (Stk, fm, Srm,...)}} =$$

$$\text{Lagerumschlagshäufigkeit} = \frac{280.800 \text{ fm / Jahr}}{58.500 \text{ fm / Jahr}} = 4,8$$

Formel 9: Lagerumschlagshäufigkeit, Szenario A

Da der Lagerplatz als Puffer dienen soll, ist der Materialverbrauch des Heizwerkes mit der Holzzufuhr abgestimmt. Bei einem Tagesverbrauch von 2.100 Srm aller drei Kraftwerke zusammen, müssen während der Woche, täglich etwa 1.176 fm Energieholz angeliefert werden, um den Lagerstand konstant halten zu können. Diese Menge kann nur schwer durch eine reine LKW Zufuhr abgedeckt werden (entsprechen etwa 45 Rundholz LKW Fuhren/Tag zu je 26 fm Holz). Darum ist ein direkter Bahnanschluss zum Lagerplatz unabdingbar (beachte Kapitel 12.2.3.2). Mit einem Smps – Waggon können zum Beispiel rund 61 fm Rundholz transportiert werden. Bei täglich durchschnittlich fünf eingehenden Smps – Waggons können somit mehr als ein Viertel des Tagesverbrauches gedeckt werden.

➤ Übersichtsskizze Hack- und Lagerplatz

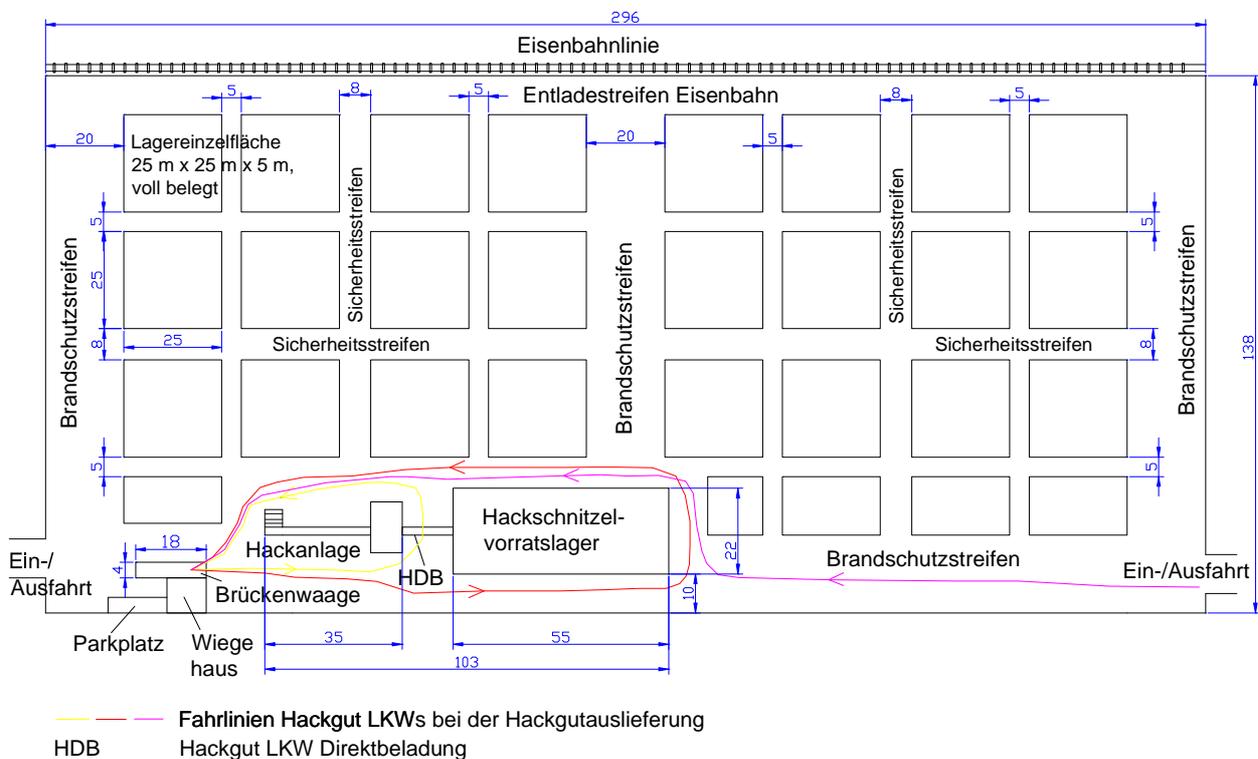


Abbildung 62: Übersichtsskizze Hack- und Lagerplatz

Unter Einhaltung der Lagerungsvorschriften bei der Lagerung von Rundholz mit einem durchschnittlichen Durchmesser von größer 20 cm, gemäß der technischen Richtlinien des vorbeugenden Brandschutzes (TRVB C 141 81), ergibt sich ein benötigtes Flächenareal von etwa 41.000 m². Weiters ist anzumerken, dass bei der Erstellung der Übersichtsskizze keine Restriktionen bezüglich der Grundstücksform vorlagen.

12.4 Stationäre Hackanlage

Unter einer stationären Hackanlage versteht man einen technischen Komplex, der sich in die Hauptkomponenten Materialzufuhr, Hackmaschine und Materialabfuhr einteilen lässt und zur Aufbereitung von Biomasse in Form von Hackschnitzeln dient. Die Firma Vecoplan¹⁰⁰ ist Spezialist in Sachen Biomasseaufbereitung und stellt stationäre Hackanlagen her. Solche stationären Hackanlagen eignen sich besonders bei Aufbereitung von sehr großen Mengen an Hackschnitzeln.

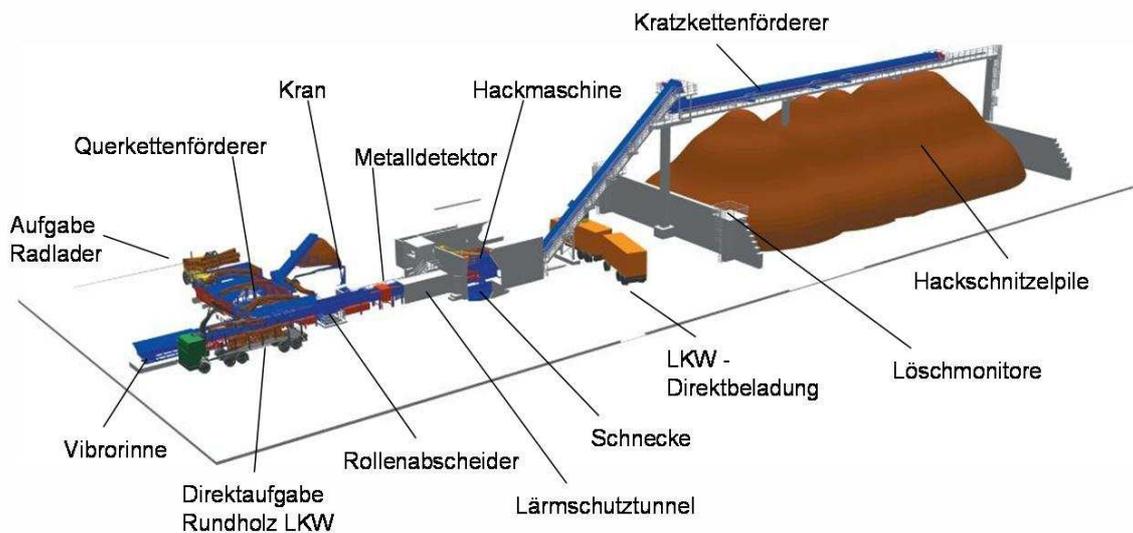


Abbildung 63: Stationäre Hackanlage

➤ Materialflussschema stationäre Hackanlage

Das Schlüsselement der Hackschnitzelaufbereitung ist die Hackmaschine. Um eine möglichst hohe durchschnittliche Leistung des Hackers gewährleisten zu können, muss die Materialzufuhr ohne Verzögerungen und längeren Unterbrechungen erfolgen. Die Hauptelemente der Materialzufuhr sind der Querförderer mit dem Rundholzaufgabebereich, der Vibrationsaufgabebereich, das Hauptförderband, der Störstoffabscheider, die Durchmesserbegrenzung und die Metalldetektoren.

¹⁰⁰ vgl. www.vecoplan.com (15.10.07)

Das Rundholz wird mittels eines Radladers mit einer Greifzange auf den Aufgabebereich des Querförderers gelegt. Über die Querförderanlage werden die Rundhölzer vereinzelt und zum Hauptförderband, dem Längsförderer, transportiert. Neben dem Aufgabebereich befindet sich ein Kran mit dem Störungen, wie Verstopfungen in der Zuführung durch verkeilte Rundhölzer, entschärft werden können. Am hinteren Ende der Anlage befindet sich der Vibrationsaufgabebereich für Geäst und Kleingehölze der ebenfalls durch den Radlader beschickt werden kann. Gegenüber der Querförderanlage ist das Hauptförderband frei zugänglich. Dies ermöglicht eine Direktbeladung des Förderbandes durch einen Rundholz LKW mittels Ladekran.

Hinter dem Aufgabebereich durchläuft das Rundholz den Störstoffabscheider. Dort wird das Energieholz von Steinen, Rindenfetzen und anderen Fremdkörpern befreit. Danach gelang das Rundholz über den Durchmesserbegrenzer zum Hackereinzug, der das Rundholz der Hackmaschine zuführt. Der Durchmesserbegrenzer verhindert dabei eine Überlastung des Hackers durch eine zu große Beschickung des Längsförderbandes bzw. eine Verstopfung der Materialzufuhr beim Hackereinzug wegen zu großer Holzdurchmesser. Um eventuelle Beschädigungen an den Messern der Hackmaschine zu verhindern, ist dem Hackereinzug ein Metalldetektor vorgeschaltet, der metallische Fremdkörper, wie Nägel oder Schrauben, im Rundholz bemerkbar macht.

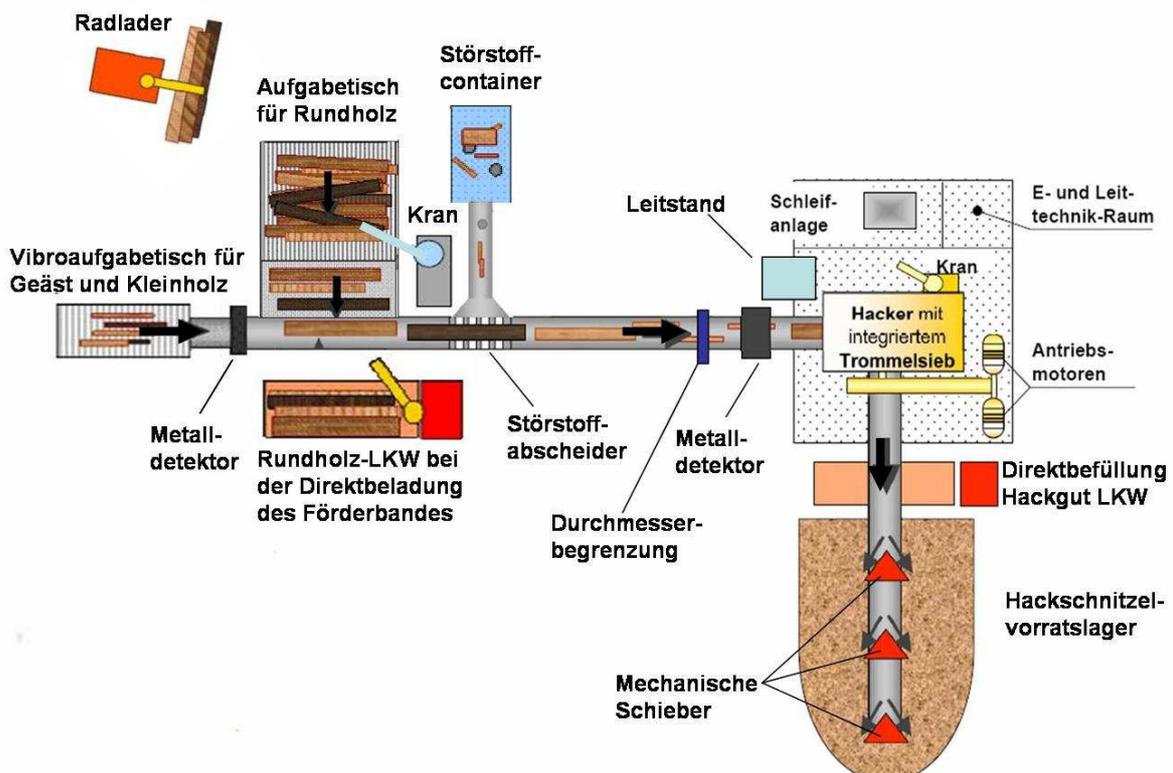


Abbildung 64: Materialfluss einer stationären Hackanlage

Über einen bis maximal 75° Grad steil ansteigenden Kratzkettenförderer werden die Hackschnitzel aus der Hackanlage gefördert und an einen horizontalen Kratzförderer übergeben. Durch die im Boden des Kratzkettenförderers angebrachten mechanischen Schieber werden die Hackschnitzel über dem Vorratslager abgeworfen. Weiters ist es möglich über eine Öffnung am Steilkratzkettenförderer,

die für den Abtransport der Hackschnitzel vorgesehenen Hackgut LKWs, direkt zu befüllen. Bei eventuellen Unterbrechungen oder Stillständen der Hackanlage werden die Hackgut LKWs mit dem Radlader und einer Schüttgutschaufel beladen. Eine Detailbeschreibung einer stationären Hackanlage erfolgt in Kapitel 14.5.

12.5 Auslegung des Hackgutvorratslagers

Der Hackschnitzelbedarf je Heizwerk beträgt pro Tag rund 700 Srm. Für alle drei Heizwerke ergibt das einen Tagesbedarf von 2.100 Srm. Damit es bei einem Ausfall der Hackmaschine nicht zum totalen Ausfall der Hackschnitzelversorgung für die KWK – Anlagen kommt, muss ein Hackschnitzelvorratslager eingeplant werden. Als Puffer wurde eine Zeitspanne von drei Tagen gewählt. Das heißt, dass eine Menge von insgesamt 6.300 Srm Hackgut am Hackplatz gelagert werden müssen.

➤ Schematische Darstellung Hackgutvorratslager

Die Lagerung der Hackschnitzel erfolgt in Form eines Freilagers am Hackplatz. Die Hackschnitzel werden über ein Förderband von der Hackanlage zum Freilager gebracht. Bei einem Böschungswinkel¹⁰¹ der Hackschnitzel bei freier Schüttung von rund 45°, ergeben sich folgende Abmaße für das Hack schnitzelvorratslager:

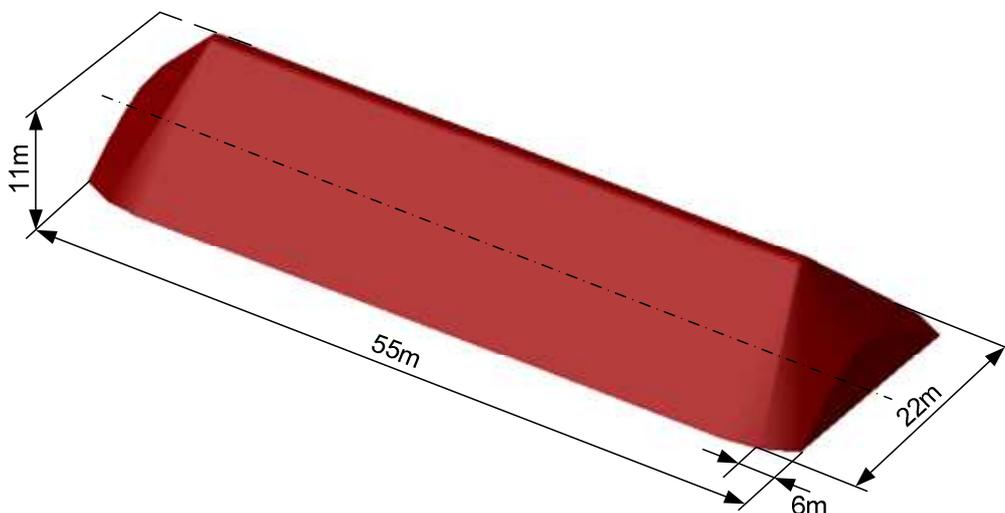


Abbildung 65: Skizze Hackgutvorratslager

Das Volumen setzt sich dabei aus zwei Halbkegeln, die nach 6 m vom Mittelpunkt aus von der Lagermauer geschnitten werden, und einem Hauptteil mit einer Länge von 43 m zusammen. Bei einer Höhe von 11 m des Schüttguthaufens ergibt das ein rein rechnerisches Lagervolumen für rund 6.350 Srm Hackschnitzel. Durch die Eigenlast der Hackschnitzel kommt es zu einer Verdichtung des Hackgutes, das

¹⁰¹ vgl. mündliche Mitteilung: Ing. Uwe Geissler, Verkauf, Fa. Vecoplan AG (16.11.07)

dazu führt, dass eine wesentlich höhere Lagerkapazität als die 6.350 Srm Hackschnitzel am Vorratslager angehäuft werden können.

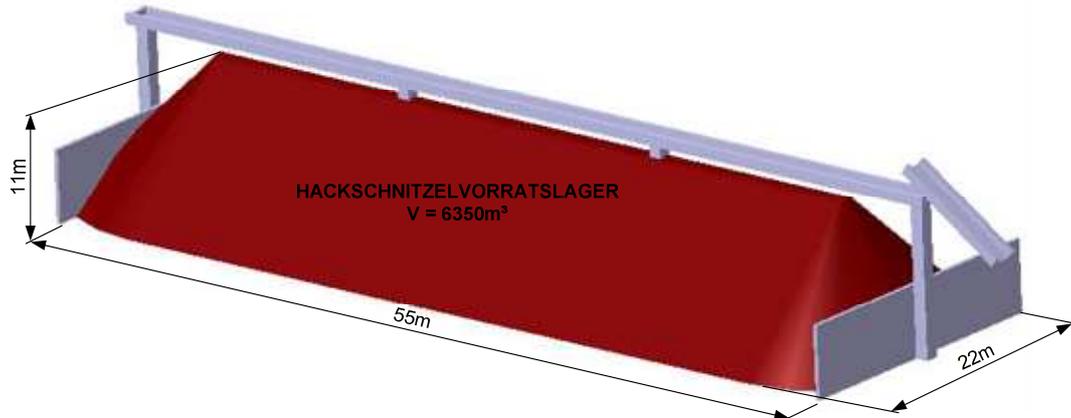


Abbildung 66: Skizze Hackgutvorratslager mit Förderband und Aufschüttwände

12.6 Abstimmung des Hackguttransportes zu den KWK – Anlagen

Um den Auslieferungsvorgang der Hackschnitzel zu den KWK – Anlagen logistisch planen zu können, müssen folgende Punkte beachtet werden:

- Auslieferungsmenge an Hackschnitzel / Tag
- benötigte Hackerleistung zur Deckung des Hackschnitzelbedarfes
- Ein- oder Zweischichtbetrieb der Hackanlage
- LKW – Fahrverbote am Wochenende und in der Nacht (Samstag ab 15 Uhr bis Sonntag 22 Uhr bzw. Nachtfahrverbot von 22 Uhr bis 5 Uhr früh laut § 42 StVO)

12.6.1 Auslieferungsmenge an Hackschnitzel pro Tag

Der Wochenbedarf eines Heizwerkes beträgt insgesamt rund 4.900 Srm Hackgut. Um das Wochenendfahrverbot für LKWs bestmöglich zu umgehen wird von Montag bis Freitag jeweils mehr Hackgut angeliefert und das überschüssige Material in einer Lagerhalle bevorratet. Dadurch kann das Wochenende ohne Hackschnitzelanlieferung an die Kraftwerke überbrückt werden.

Wochenbedarf (Mo - So)	4.900 Srm
Anliefertage (Mo – Fr)	5 Tage
Täglich benötigte Anlieferungsmenge je KWK Anlage	~ 980 Srm/Tag

Abbildung 67: Tägliche benötigte Anlieferungsmenge je KWK Anlage

Durch eine Anlieferungsmenge von 980 Srm Hackschnitzel pro Tag, von Montag bis Freitag, kann der Wochenendbedarf von 1.400 Srm gedeckt werden. Damit durch Feiertage oder verlängerte Wochenenden keine Stillstände bei der

Kraftwerksversorgung verursacht werden, wird noch zusätzlich ein Vorratslager direkt beim Heizwerk von rund dreieinhalb Tagesbedarfsmengen (2.450 Srm) eingeplant. Das heißt, in einer normalen Kalenderwoche befinden sich am Montag dreieinhalb Tagesvorräte im Lager und am Freitag fünfeinhalb Tagesvorräte mit 3.850 Srm.

Wird das Vorratslager durch ein verlängertes Wochenende vermindert, muss es in den nächsten Wochen wieder aufgefüllt werden. Das heißt, für das Vorratslager ist eine sS – Strategie¹⁰² vorgesehen. Dabei ist ein bestimmter Sollbestand, beim Vorratslager 2.450 Srm, vorgegeben, auf welchen das Lager durch eine erhöhte Hackschnitzelanlieferung in den kommenden Wochen wieder aufgefüllt werden muss. Der Auslösezeitpunkt für die erhöhte Materialanlieferung ist dabei mit 2.100 Srm angesetzt. Das heißt wenn der Bestand im Vorratslager unter 2.100 Srm absinkt, erfolgt eine Meldung um die Materialzufuhr zu erhöhen. Eine Rücksetzung der Materialanlieferung erfolgt erst wieder wenn das Vorratslager vollständig aufgefüllt ist (2.450 Srm).

12.6.2 Benötigte Leistung der Hackanlage

Um die benötigte Tagesmenge an Hackschnitzel erzeugen zu können, muss ein genügend starker Hacker vorhanden sein. Bei einem Tagesbedarf von 2.940 Srm je Wochentag, muss der Hacker bei einem Zweischichtbetrieb folgende Mindestleistung haben:

$$\text{min. Leistung Hacker} = \frac{\Sigma \text{Tagesbedarf aller KWks}}{\text{tägliche Arbeitsstunden (2-Schichten)}} = \frac{2.940 \text{ Srm}}{16 \text{ h}} = \sim 184 \text{ Srm/h}$$

Formel 10: erforderliche Hackerleistung, Szenario A

Die Menge von 2.940 Srm Hackschnitzel deckt jedoch nur den Tagesbedarf der drei Kraftwerke. Die theoretische Leistung des Hackers muss dadurch noch höher angesetzt werden, da neben der Tagesleistung auch noch Hackschnitzel für die Auffüllung des Hackschnitzelvorratslagers am Hackplatz und zur Wiederbefüllung des Vorratslagers beim Kraftwerk produziert werden müssen. Wenn das Vorratslager zum Beispiel wegen einem verlängerten Wochenende unter den Mindestbestand gesunken ist, muss es in den nächsten Wochen wieder aufgefüllt werden. Angenommen die Wiederbefüllung geschieht durch eine erhöhte Anlieferung von 13 LKW Fuhren/Tag und je Kraftwerk, muss der Hacker 3.432 Srm Hackschnitzel pro Tag produzieren um die benötigte Ausfuhrmenge bereitzustellen. Der Hacker müsste dabei eine Leistung von etwa 215 Srm/h aufbringen.

Gewählte Leistung der Hackmaschine	~ 250 Srm/h
---	--------------------

¹⁰² vgl. Kuhlang u.a., 2005, S.39

12.6.3 Abtransport der Hackschnitzel

Der Transport der Hackschnitzel zu den KWK – Anlagen erfolgt mittels Hackgut – LKWs. Die maximal erreichbare Transportleistung pro Tag und LKW ist vom Ladevolumen und der benötigten Zykluszeit, die sich aus der Last- und Leerfahrt sowie der Be- und Entladezeit zusammensetzt, abhängig. Für die Last- und Leerfahrt kann jedoch nicht mehr das Fahrzeitmodell für einen Rundholz LKW wie bei der Erstellung der Leistungskurven beim Hackschnitzeltransport vom Wald bis zum Werk verwendet werden, da der Hack- und Lagerplatz über eine zentrale Verkehrsverbindung verfügt und dadurch eine wesentlich höhere Durchschnittsgeschwindigkeit als beim Hackschnitzeltransport aus dem Wald erreicht werden kann. Die Durchschnittsgeschwindigkeit setzt sich dabei aus den erreichbaren durchschnittlichen Geschwindigkeiten der einzelnen Straßenkategorien zusammen.

Durchschnittliche Transportgeschwindigkeit für Schwerlastverkehr ¹⁰³	
Straßenkategorie	Durchschnittsgeschwindigkeit in km/h
Waldstraße, unbefestigte Wege	10
Orts- / Stadtverkehr	30
Landstraße	50
Bundesstraße	60
Autobahn	80

Tabelle 49: Transportgeschwindigkeiten im Schwerlastverkehr

Transportstrecke			
	HLP - Göpfritz	HLP - Rastenfeld	HLP - Altweitra
	HLP...Hack- und Lagerplatz		
Gesamtkilometer	18	23	37
Straßenkategorieanteile in % ¹⁰⁴			
Waldstraße	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Orts- / Stadtverkehr	25,0 %	21,7 %	21,6 %
Landstraße	33,3 %	21,7 %	54,1 %
Bundesstraße	41,7 %	56,5 %	45,0 %
Autobahn	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Durchschnittliche Transport-Geschwindigkeit in km/h	49,2	51,3	60,5

Tabelle 50: Durchschnittsgeschwindigkeit bei der Hackgutauslieferung je Standort

¹⁰³ vgl. Wittkopf, 2005, S.56

¹⁰⁴ vgl. www.austrianmap.at, 16.10.07

12.6.3.1 Berechnung der Zykluszeit je Transportstrecke

Eine wesentliche Beeinflussung auf die Zykluszeit hat die Leistung des Hackers. Je höher die maximale Hackerleistung ist, desto schneller kann der LKW beladen werden und die Zykluszeit vermindert sich dadurch. Dies führt wiederum zu einer höheren Stundenleistung der Hackschnitzel LKWs.

Gesamtzykluszeiten der Transportstrecken			
	HLP - Göpfritz	HLP - Rastenfeld	HLP - Altweitra
Zeitanteile	in Stunden		
Beladen	0,35	0,35	0,35
Manipulation, Wiegen	0,16	0,16	0,16
Lastfahrt	0,37	0,45	0,61
Entladen	0,25	0,25	0,25
Leerfahrt	0,37	0,45	0,61
Gesamtzykluszeit	1,50	1,66	1,98

Tabelle 51: Gesamtzykluszeiten je Standort

Die Beladezeit wird über die Leistung des Hackers berechnet. Bei einer maximalen Leistung von etwa 250 Srm/h kann der Hacker 2,84 LKWs pro Stunde befüllen. Das Fassungsvermögen eines Hackgut LKWs mit Kippsattelanhänger oder eines Schubboden LKWs beträgt 90 Srm, wobei durch die Berücksichtigung des Wassergehaltes nur mit einem Füllgrad von etwa 98 %, also rund 88 Srm, gerechnet werden kann, da sonst wegen dem hohen Wassergehalt das zulässige Gesamtgewicht überschritten wird (beachte Punkt 5.2.5.4).

$$\text{Anzahl beladene LKWs} = \frac{\text{maximale Leistung Hacker}}{\text{Volumen Hackgut LKW}} = \frac{250 \text{ Srm/h}}{88 \text{ Srm}} = 2,84 \text{ LKWs/h}$$

Formel 11: Anzahl der befüllten LKWs/Stunde

Die Beladezeit für einen Hackgut LKW beträgt deshalb:

$$\text{Beladezeit je LKW} = \frac{60 \text{ min}}{2,84 \text{ LKWs}} = 21,1 \frac{\text{min}}{\text{LKW}} \sim 0,35 \frac{\text{h}}{\text{LKW}}$$

Formel 12: Beladezeit je LKW, Szenario A

Wird der Hackschnitzel LKW mittels Radlader befüllt, kann in etwa mit derselben Beladezeit kalkuliert werden. Bei einem Schaufelvolumen von 8 bis 9,5 Srm sind im schlechtesten Fall etwa 11 Schaufelladungen nötig um den LKW vollständig zu befüllen. Die Zykluszeit einer Schaufelladung darf dabei nicht größer als 115 Sekunden sein, dass bei einer guten Aufstellung des LKWs erreicht werden kann.

Nach dem Beladen des Hackgut LKWs muss die Lieferung an der Brückenwaage abgewogen und erfasst werden, um die tatsächlich ausgelieferte Menge an Hackschnitzel zu den einzelnen KWK – Anlagen feststellen zu können. Für die Manipulationszeit an der Brückenwaage sowie für das Öffnen und Schließen des Frachtraumes beim Beladen des LKWs wurde eine Gesamtzeit von 10 min ($\rightarrow 0,166$ h) angenommen.

Die Last- und Leerfahrt berechnet sich nach der Formel $t = \frac{s}{v}$ und wird über die ermittelten Transportstrecken und durchschnittlichen Transportgeschwindigkeiten berechnet.

Der Aufenthalt bei den einzelnen KWK - Anlagen kann relativ kurz gehalten werden, da kein Wiegevorgang am Werksgelände mehr nötig ist. Die Aufenthaltsdauer beschränkt sich dadurch auf das Entleeren der Fracht, dass in etwa 15 min ($\rightarrow 0,25$ h) abgeschlossen werden kann (vergleiche Punkt 5.2.5.2).

12.6.3.2 Benötigte LKWs zur Versorgung der KWK – Anlagen

Um die Versorgung der einzelnen Heizwerke sicher zu stellen, müssen pro Tag 980 Srm Hackschnitzel an jedes Werk ausgeliefert werden. Bei einem LKW - Ladevolumen von 88 Srm sind das in etwa 11 LKW Ladungen an Hackgut je Heizwerk.

$$\text{Anz. benötigter LKW Fahren / Tag} = \frac{\text{Tagesbedarf / Werk}}{\text{Vol. LKW Fuhre}} = \frac{980 \text{ Srm}}{88 \text{ Srm}} = 11,14 \text{ Fahren / Tag}$$

Formel 13: Benötigte LKW Fahren pro Tag je Heizwerk

Insgesamt müssen am Hackplatz pro Wochentag 33 LKW Ladungen abgefüllt werden. Bei einer Leistung von 250 Srm/h des Hackers und einer täglichen Arbeitszeit von 16 h (Zweischichtbetrieb von 6 bis 14 Uhr und 14 bis 22 Uhr) können etwa 47 LKW Ladungen durch den Hacker direkt abgefüllt werden. Aufgrund der großen Zykluszeiten bei der Auslieferung müssen mehrere LKWs zur Verfügung stehen.

Tägliche Auslieferleistung			
	HLP - Göpfritz	HLP - Rastenfeld	HLP - Altweitra
	mit 1 LKW (Volumen = 88 Srm) / Werk		
Anzahl Fahrten	10	9	8
gelieferte Hackschnitzel in Srm	880	792	704
	mit 2 LKW's / Werk		
Anzahl Fahrten	20	18	16
gelieferte Hackschnitzel in Srm	1.760	1.584	1.408
benötigte LKW Fahrten/Tag/Werk	11,14		
benötigte Srm/Tag	980		
tatsächliche LKW Fahrten/Tag/Werk	11		
Tatsächliche Auslieferungsmenge/Tag (Srm)	968		
	Anzahl der benötigten LKWs		
	HLP - Göpfritz	HLP - Rastenfeld	HLP - Altweitra
Fix zugeordnete LKW's	1	1	1
Springer LKW	1		
	Transportleistung		
Maximal mögliche Fahrten	10 + 2	9 + 3	8 + 4
mögliche Liefermenge an Hackgut in Srm	1.056	1.056	1.056

Tabelle 52: Auslieferleistung pro Tag in Abhängigkeit der Anzahl der LKWs

Mit einem Fuhrpark von 4 Hackgut LKWs kann die Versorgung der drei Heizwerke abgedeckt werden, wobei ein LKW als Springer zwischen den Standorten mit maximal zwei, drei, oder vier Fahren agieren kann (siehe Tabelle 52). Da dadurch die täglich minimal benötigte Hackschnitzelmenge von 980 Srm übertroffen wird, kann durch eine erhöhte Anlieferung der Hackschnitzel das Vorratslagers bei den Heizwerken im Laufe der Woche, wenn nötig, wieder aufgefüllt werden.

Anmerkung:

Um die errechnete theoretische Transportmenge erreichen zu können, dürfen beim gesamten Zyklusablauf keine Stillstandszeiten vorkommen. Weiters muss jede Woche eine zusätzliche LKW Ladung an jedes Kraftwerk angeliefert werden, um die Differenz bei der Berechnung der benötigten LKW Fahren pro Tag (berechnet: 11,14 LKW Fahren → gewählt 11 Fahren) ausgleichen zu können.

➤ **Anzahl der LKWs in Abhängigkeit vom Jahresbedarf**

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Anzahl der täglich benötigten LKW Fahren an Hackgut, in Abhängigkeit von der jährlichen Auslieferungsmenge. Weiters zeigen sie die Anzahl der dafür benötigten LKWs und deren Zuordnung zu den einzelnen Kraftwerken. Bei einer Jahresbedarfsmenge von 234.000 Srm Hackgut werden vier Hackgut LKWs zur Auslieferung benötigt, wobei ein Springer LKW alle drei Standorte anfährt. Ab einer Menge von 171.000 Srm wird nur mehr ein fix zugeteilter LKW je Standort benötigt um den Tagesverbrauch decken zu können (vergleiche Abbildung 71).

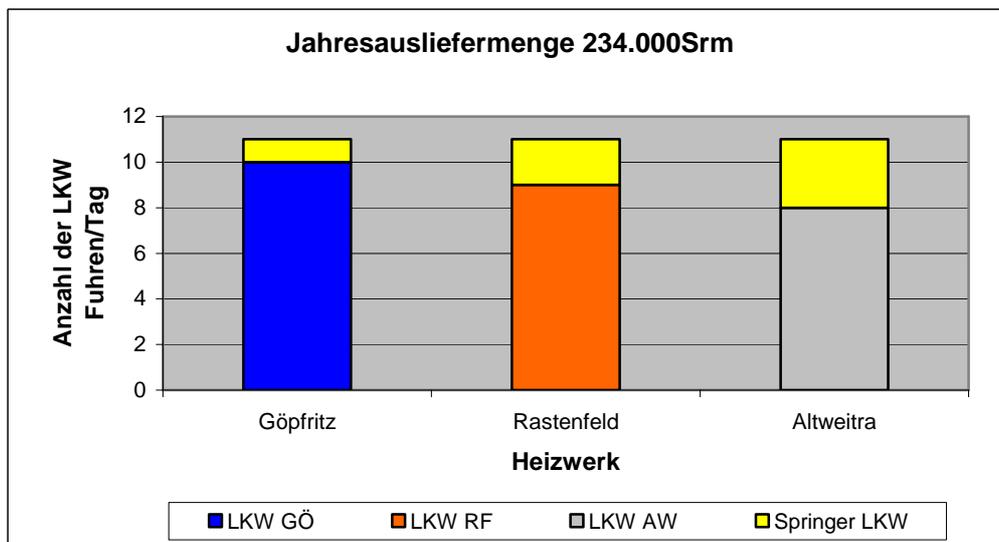


Abbildung 68: LKW Zuordnung in Abhängigkeit der Jahresauslieferungsmenge (1)

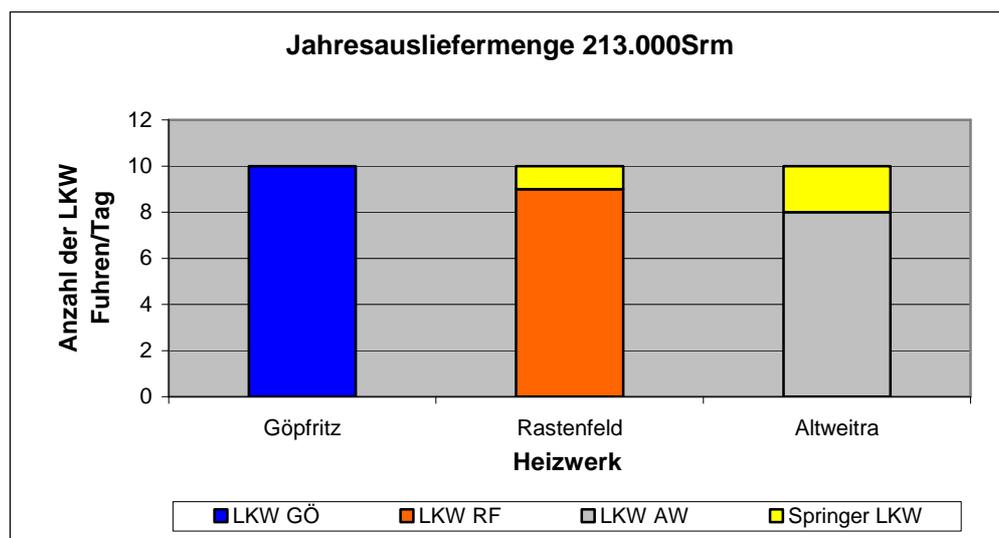


Abbildung 69: LKW Zuordnung in Abhängigkeit der Jahresauslieferungsmenge (2)

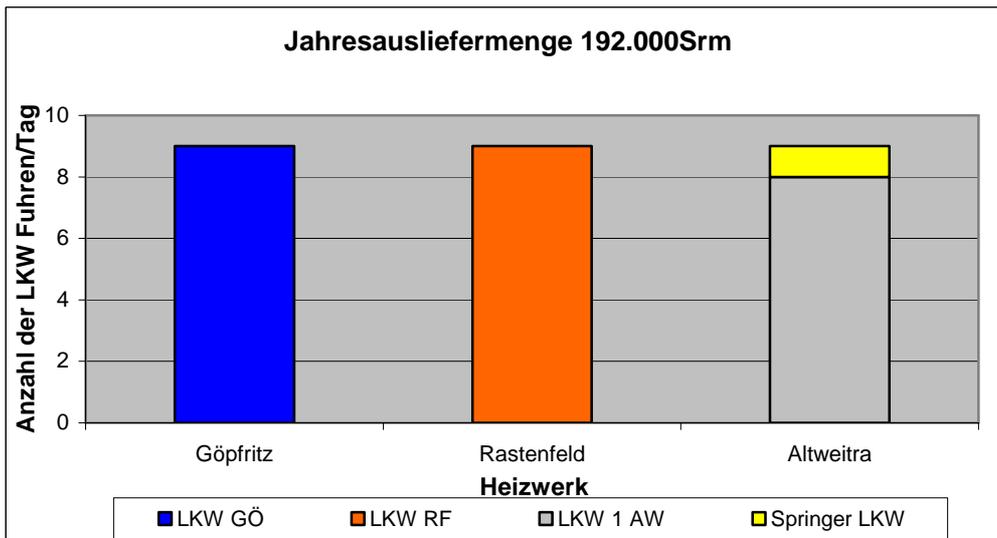


Abbildung 70: LKW Zuordnung in Abhängigkeit der Jahresauslieferungsmenge (3)

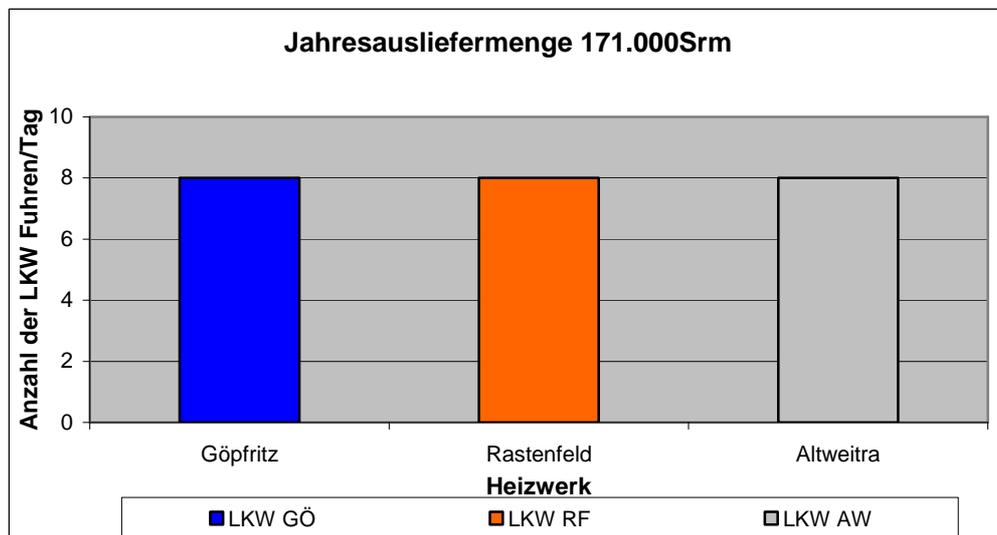


Abbildung 71: LKW Zuordnung in Abhängigkeit der Jahresauslieferungsmenge (4)

➤ **Arbeitsstunden in Abhängigkeit der Auslieferungsmenge**

Übersicht Arbeitsstunden in Abhängigkeit der Auslieferungsmenge				
KWK Standort		Göpfritz	Rastenfeld	Altweitra
Zykluszeit (h)		1,50	1,66	1,98
Auslieferungsmenge/ Jahr (Srm)	benötigte LKW Fahren/Tag/Werk	Arbeitsstunden/Jahr (230 Tage)		
234.000	11,0	3.989	4.415	5.265
213.000	10,0	3.631	4.018	4.793
192.000	9,0	3.273	3.622	4.320
171.000	8,0	2.915	3.226	3.848
150.000	7,0	2.557	2.830	3.375

Tabelle 53: Arbeitsstunden in Abhängigkeit der Auslieferungsmenge

Die Tabelle 53 und die Abbildung 72 zeigen den Verlauf der benötigten Arbeitsstunden zur Auslieferung einer bestimmten Jahresmenge an Hackgut pro Jahr. Aufgrund dieser Übersicht können damit die anfallenden Kosten bei der Hackgutauslieferung je nach Betriebsstandort berechnet werden.

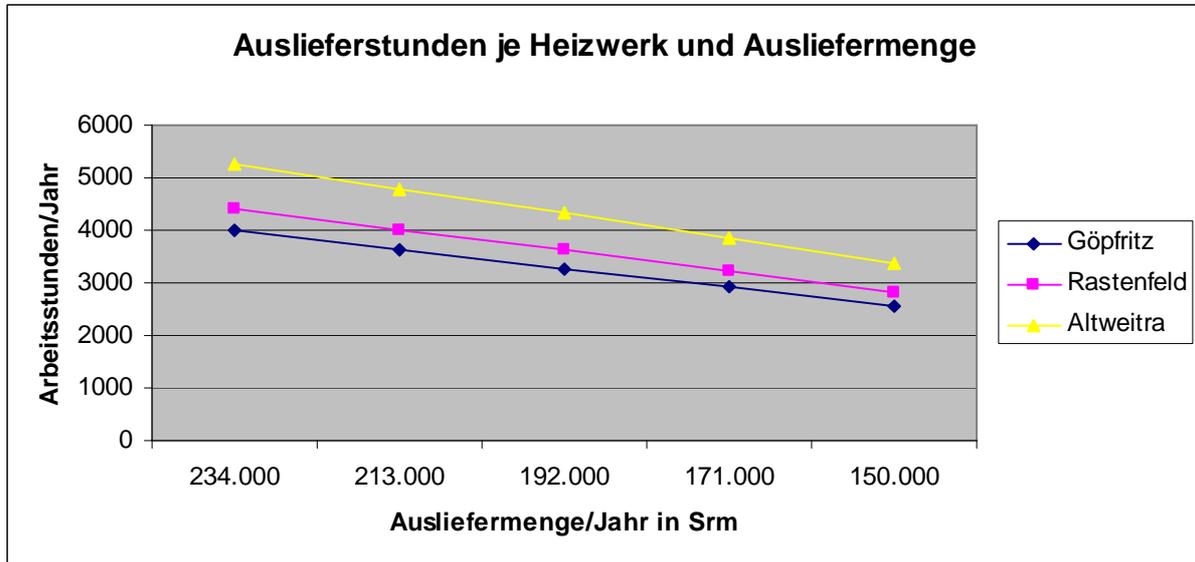


Abbildung 72: Arbeitsstunden in Abhängigkeit der Auslieferungsmenge

12.7 Auslegung der Lagerhalle an den KWK – Standorten

Die Lagerhalle wird für eine Hackschnitzelmenge von fünfeinhalb Tagesmengen ausgelegt. Bei einem Tagesbedarf von 700 Srm Hackgut entspricht das einer Menge von 3.850 Srm Hackschnitzel. Zwei Tagesmengen, also 1.400 Srm, sind dabei für die Versorgung des Kraftwerkes über das Wochenende vorgesehen. Der restliche Anteil von 2.450 Srm dient als Vorratslager, dass bei verlängerten Wochenenden oder bei Schwierigkeiten bei der Materialzufuhr vom Hack- und Lagerplatz in Anspruch genommen werden muss. Die Reichweite des Vorratslagers beträgt damit dreieinhalb Tage.

Das Volumen der zwei Beschickungsbunker bei der Heizanlage ist mit einem Fassungsvermögen von je 350 Srm, also insgesamt einem Tagesbedarf (700 Srm), bereits vorgegeben.

Auslegung der Lagerhalle (inkl. Vorratslager)			
benötigte Lagermenge an Hackschnitzel (Srm)	~ 3.850		
Größe des benötigten Schüttguthaufens			
	Länge	Breite	Höhe
Abmaße (m)	40	22	5
Böschungswinkel (°)	45°		
Fassungsvermögen der Lagerhalle (Srm)	3.900		
	~ 5,5 Tagesvorräte		

Tabelle 54: Auslegung der Lagerhallengröße

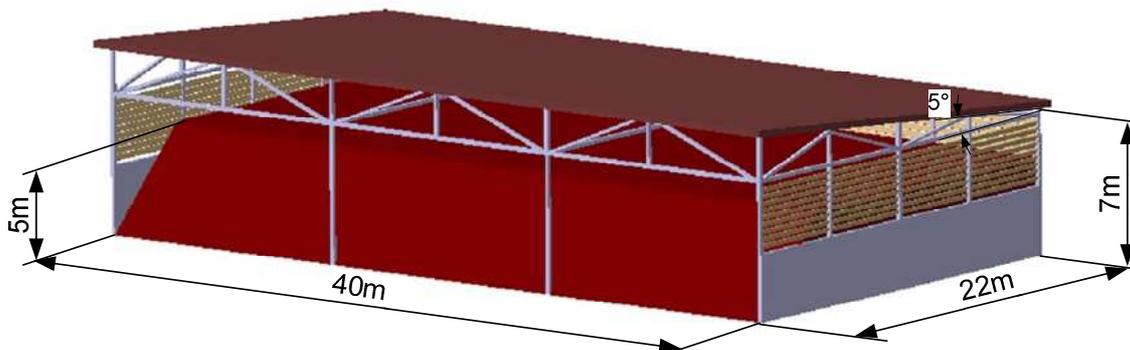


Abbildung 73: Skizze Lagerhalle in Flugdachausführung

Die bevorratete Menge kann eine Versorgung der KWK – Anlage auf 5 Tage gewährleisten. Dadurch können Schwierigkeiten bei der Materialzufuhr, zum Beispiel durch Schlechtwetter oder Ausfall der zentralen Hackanlage sowie verlängerte Wochenenden durch Feiertage überbrückt werden.

12.8 Beschickung der Hackschnitzelbunker

Die Hackgut LKWs bringen das Hackgut in einem Zeitraum von 6 Uhr früh bis 22 Uhr zu den Kraftwerken. Je nach Situation und Möglichkeit werden die Hackschnitzel gleich direkt in die Bunker gekippt oder in der Vorratshalle abgeladen. Für die kontinuierliche Beschickung der Hackschnitzelbunker ist jedoch zusätzlich ein Radladerfahrer zuständig. Der Radladerfahrer ist täglich von 7 bis 12 Uhr und von 13 bis 16 Uhr im Einsatz und muss gewährleisten, dass die Hackschnitzelbunker am Tagesende (16 Uhr) maximal, also mit einer Menge von rund 700 Srm, befüllt sind. Wird das Hackgut von den LKWs in der Vorratshalle abgeladen und ist der Radlader alleine für die Beschickung der Bunker verantwortlich, muss der Radlader folgende Transportleistung pro Tag aufweisen:

Transportleistung Radlader	
Tageszyklus Bunker	Füllstand Bunker in Srm
Bunkerfüllstand Tagesende (16 Uhr abends)	700
Verbrauch von 16 Uhr abends – 7 Uhr morgens	438
Bunkerfüllstand Tagesanfang (7 Uhr morgens)	262
Benötigte Transportleistung	Srm
Hackgutbedarf von 7 - 16 Uhr	262
benötigte Menge zur Bunkerauffüllung auf 840 Srm	438
Gesamte Transportleistung des Radladers (Srm/Tag)	700

Tabelle 55: Transportleistung Radlader

Die gesamte Transportleistung des Radladers entspricht einem Tagesbedarf und setzt sich aus der benötigten Hackgutmenge während der Arbeitszeit und der Menge zur Auffüllung der Hackschnitzelbunker zusammen.

Bei einer Arbeitszeit von 8 Stunden und einem maximalen Fassungsvermögen der Radladerschaufel von 8 - 9,5 m³ müssen im schlechtesten Fall (8 m³ pro Schaufelladung) in der Stunde etwa 11 Schaufelladungen zu den Bunkern geliefert werden.

$$\text{benötigte Schaufellad. (SL)/h} = \frac{\text{Tagesbedarf}}{\text{Arb.zeit} * \text{Schaufelvol.}} = \frac{700 \text{ Srm}}{8 \text{ h} * 8 \text{ Srm}} = 10,94 \text{ SL/h} \sim 11 \text{ SL/h}$$

Formel 14: benötigten Schaufelladungen/h - Bunkerbeschickung, Szenario A

Pro Schaufelzyklus darf der Radladerfahrer deshalb nicht länger als 5,45 min brauchen um einen kontinuierliche Beschickung der Bunker zu gewährleisten. Bei

einer mittleren Fahrdistanz zwischen Lagerhalle und Bunker von etwa 60 m und einer durchschnittlichen Fahrgeschwindigkeit von 10 km/h, ergibt das eine Fahrzeit von rund 22 Sekunden. Bei einer minimalen Zykluszeit von 5,45 min bleiben abzüglich der Hin- und Rückfahrt noch 4,73 min zur Manipulation der Hackschnitzel bei der Lagerhalle und den Hackschnitzelbunkern vorhanden.

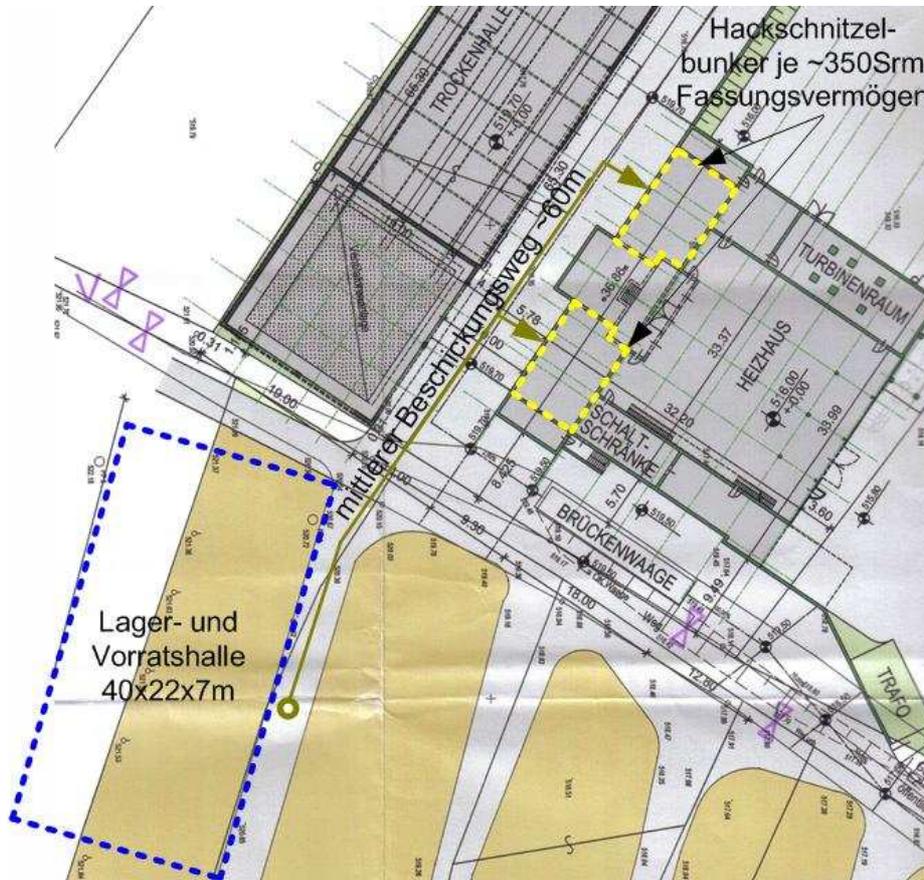


Abbildung 74: Lageplanskizze der Lager- und Vorratshalle

Die Zykluszeit bei einem mittleren Beschickungsweg von 60 m kann mit etwa rund 3 Minuten angesetzt werden¹⁰⁵, wenn für die Manipulation des Hackgutes beim Laden und Entladen ein Zeitbedarf von je einer Minute eingeplant wird. Bei einem Bedarf von 88 Schaufelladungen pro Tag muss mit einem Zeitaufwand von etwa 4,5 Stunden gerechnet werden. Diese Einsatzzeit umfasst nur den reinen Beschickungsvorgang.

Für die Beschickung der Hackgutbunker am Wochenende ist der jeweilige Schichtbedienstete der KWK – Anlage verantwortlich. Dabei wird je Schicht nur die verbrauchte Menge an Hackgut zugeführt, um den Aufwand zum Beschicken der Bunker möglichst gering zu halten. Bei einem Verbrauch von etwa 234 Srm je Schicht, sind dafür 30 Schaufelladungen nötig. Dies entspricht einem Zeitaufwand von 1,5 Stunden die der Anlagentechniker zur Bunkerbeschickung aufwenden muss.

¹⁰⁵ vgl. mündliche Mitteilung: Reinhard Wurz, Wiegemeister, Firma Nawaro Energie Betrieb (11.02.2008)

12.9 Personalbedarf

➤ Hack- und Lagerplatz

Für folgende Arbeitstätigkeiten muss Personal zu Verfügung gestellt werden:

- Energieholzübernahme der eingehenden Holzmengen und Verwiegung der ausgehenden Lieferungen
- Materialzufuhr zur stationären Hackanlage
- Entladung des angelieferten Holzes mittels Eisenbahn
- Bedienung und Überwachung der stationären Hackanlage

Täglich müssen etwa 33 (Restbedarf über Eisenbahn) eingehende und minimal 24 ausgehenden LKW Fuhren logistisch bewältigt werden. Bei einem Zeitbedarf von etwa 15 Minuten zur Verwiegung, Probenentnahme, Rückwiegung und Dokumentation, ergibt das einen täglichen Zeitaufwand von 14,25 Stunden. Somit muss für die Energieholzübernahme pro Schicht ein Wiegemeister zur Verfügung stehen.

Für die Materialzufuhr zur stationären Hackmaschine muss ebenfalls pro Schicht eine Person gerechnet werden. Bei einer Stundenleistung von bis zu 250 Srm der Hackanlage und einem Fassungsvermögen von rund 9 fm der Rundholzzange des Volvo Radladers bei 4 m Rundholz, muss der Radladerfahrer zwölf Ladungen pro Stunde zur Hackanlage bringen.

Weiters werden für die Entladung der Holzanlieferungen per Bahn bzw. der Rundholz LKWs sowie zur Bedienung der Hackanlage wiederum jeweils eine Person pro Schicht benötigt.

Übersicht (pro Schicht 4 Personen):

- ein Wiege- bzw. Platzmeister
- ein Radladerfahrer
- ein High Lift Radladerfahrer
- ein Leitstellentechniker zur Bedienung der Hackanlage

➤ Auslieferung der Hackschnitzel

Für die Auslieferung der Hackschnitzel wird ein „halber“ Mitarbeiter zur Disposition und Koordinierung der LKWs eingerechnet. Die Auslieferung selbst erfolgt durch ein Transportunternehmen.

➤ Lagerung und Beschickung beim Heizwerk

Beim Heizwerk muss die Beschickung der Hackgutbunker und nur die Holzübernahme von externen Lieferanten arbeitstechnisch bewältigt werden, da die LKW Ladungen seitens des zentralen Lagerplatzes bereits dort verwogen worden sind. Bei einem Arbeitsaufwand von rund 4,5 Stunden zur Beschickung der Hackgutbunker bleiben 3,5 Stunden zur Holzübernahme von externen Lieferanten zur Verfügung. Für diesen Arbeitsbereich muss insgesamt ein Mitarbeiter eingeplant werden.

12.10 Beispiel zur Versorgung der Heizwerke bei Lieferengpässen

Kalender	Anlieferungsmenge in Srm		Verbrauch in Srm	Materialstand Lagerhalle (TE = 22:00 h)		Bunkerfüllstand (TE=16:00h)
	normale Liefermenge	erhöhte Liefermenge		in Srm	in Tagesvorräten	in Srm
SO 16.Dez.07			700	2.450	3,5	700
MO 17.Dez.07	968	0	700	2.718	3,9	700
DI 18.Dez.07	968	0	700	2.986	4,3	700
MI 19.Dez.07	968	0	700	3.254	4,6	700
DO 20.Dez.07	968	0	700	3.522	5,0	700
FR 21.Dez.07	968	0	700	3.790	5,4	700
SA 22.Dez.07			700	3.090	4,4	700
SO 23.Dez.07			700	2.390	3,4	700
MO 24.Dez.07	968	0	700	2.658	3,8	700
DI 25.Dez.07			700	1.958	2,8	700
MI 26.Dez.07			700	1.258	1,8	700
DO 27.Dez.07	0	1.056	700	1.614	2,3	700
FR 28.Dez.07	0	1.056	700	1.970	2,8	700
SA 29.Dez.07			700	1.270	1,8	700
SO 30.Dez.07			700	570	0,8	700
MO 31.Jan.08	0	1.056	700	926	1,3	700
DI 01.Jan.08			700	226	0,3	700
MI 02.Jan.08	0	1.056	700	582	0,8	700
DO 03.Jan.08	0	1.056	700	938	1,3	700
FR 04.Jan.08	0	1.056	700	1.294	1,8	700
SA 05.Jan.08			700	594	0,8	700
SO 06.Jan.08			700	-106	-0,2	594
MO 07.Jan.08	0	1.056	700	250	0,4	700
DI 08.Jan.08	0	1.056	700	606	0,9	700
			Wochenende			
			Feiertag			
	1.958		Auslösungszeitpunkt der erhöhten Materialanlieferung, da aktueller Bestand (1.958 Srm) kleiner Mindestbestand (2.100 Srm)			
TE			Tagesende			

Tabelle 56: Versorgungsablauf bei Lieferengpässen

Die Ausgangssituation für die Simulation bezieht sich auf ein volles Vorratslager mit 2.450 Srm nach dem Wochenende. Die derzeitige Anlieferungsmenge pro Tag beläuft sich auf 11 Fuhren, also 968 Srm, und umfasst einen Fuhrpark von 4 LKWs. Durch den Feiertag am 25. Dezember 2007 erfolgt keine Anlieferung von Hackschnitzeln und der Bestand im Vorratslager sinkt unter den Mindestbestand (2.100 Srm) ab. Somit wird eine erhöhte Materialanlieferung ausgelöst.

An alle Standorte wird nun täglich eine Menge von 1.056 Srm pro Tag, also 12 LKW Fuhren, ausgeliefert. Die erhöhte Materialzufuhr wird erst wieder auf Normalbetrieb umgestellt wenn das Vorratslager vollständig gefüllt ist (2.100 Srm). Tritt in den Spalten „Materialstand Lagerhalle“ eine negative Zahl auf, so ist das Vorratslager leer und es ist am Tagesende nur mehr das Material im Beschickungsbunker beim Heizwerk vorhanden. Bei einem Bunkerstand von 594 Srm (siehe Tabelle 56, Spalte

So. 02.01.2008) bleiben etwa noch 20 Stunden Zeit bis ein Versorgungsstillstand der Anlage eintritt.

Kann die Materialversorgung mit 4 LKWs nicht sichergestellt werden, muss ein weiterer LKW zur Hackschnitzelauslieferung aufgenommen werden. Dadurch können bis zu 15 Fuhren pro Tag an jedes Kraftwerk (1.320 Srm Hackgut) angeliefert werden.

12.11 Kostenberechnung Szenario A

12.11.1 Energieholzbeschaffung

Da die Kosten bei der Energieholzbeschaffung sehr stark vom Holzmarktpreis abhängig sind, werden sie bei der Kostenkalkulation außer Acht gelassen. Weiters kommt hinzu, dass die Lieferverträge mit unterschiedlichen Frächtern und Holzlieferanten zu unterschiedlichen Preisen ausgehandelt werden und sich daher nicht oder nur schwer verallgemeinern lassen.

12.11.2 Lagerplatz und Materialzufuhr

➤ Eingangsdaten Lagerplatz und Materialzufuhr

Eingangsdaten zur Kostenberechnung		
Bezeichnung	Beschreibung	Anzahl
Infrastruktur		
Lagerplatz	41.000 m ² , befestigt, asphaltierte Zufahrtswege,...	1
Ortsbeton - Langbrückenwaage	18 m x 3 m, 60 to/20 kg, inkl. Software	1
Personen		
Wiegemeister	2 - Schichtbetrieb	2
Radladerfahrer	2 - Schichtbetrieb	2
High - Lift Laderfahrer	2 - Schichtbetrieb	2
Maschinen		
Radlader Volvo E180L High - Lift	33 - 35 to, 235 kW, Rundholzzange mit 3,5 m ²	1
Radlader Volvo E120L	20,9 to, 180 kW, inkl. Schüttgutschaufel und Rundholzzange	1

Tabelle 57: Eingangsdaten Lagerplatz und Materialzufuhr, Szenario A

Genauere Daten zur Kostenberechnung befinden sich im Anhang.

➤ Anfallende Kosten/Srm Hackgut, Lagerplatz und Materialzufuhr

Varianten:	Umgeschlagene Hackgutmenge in % vom Jahresverbrauch aller KWK Anlagen				
	100 %	95 %	90 %	85 %	80 %
Umgeschlagene Hackgutmenge (Srm)	702.000	666.000	630.000	594.000	561.000
Gesamtkosten Lagerung und Materialzufuhr (€)	769.000	762.500	756.500	750.000	744.500
Kosten pro Srm Hackgut (€/Srm)	1,10	1,14	1,20	1,26	1,33

Tabelle 58: Kosten/Srm Hackgut Lagerplatz und Materialzufuhr, Szenario A

Den größten Anteil an den Lagerungs- und Materialzufuhrkosten nehmen die Personalkosten in Anspruch. Die Gründe dafür liegen im geführten 2 – Schichtbetrieb des Hack- und Lagerplatzes und in der hohen Frequentierung der ein- und ausgehenden Transportladungen. Darum ist für die Übernahme der Holzab- und zufuhr ein Wiege- bzw. Platzwart pro Schicht nötig. Weiters sind für die Holzmanipulation und die Holzzufuhr zur stationären Hackanlage jeweils zwei Personen pro Schicht einkalkuliert (vergleiche Kapitel 12.9). Die anfallenden Kosten ergeben, umgewälzt auf die umgeschlagene Hackgutmenge, je nach Jahresbedarf der KWK Anlagen zwischen € 1,10 – 1,33/Srm Hackgut.

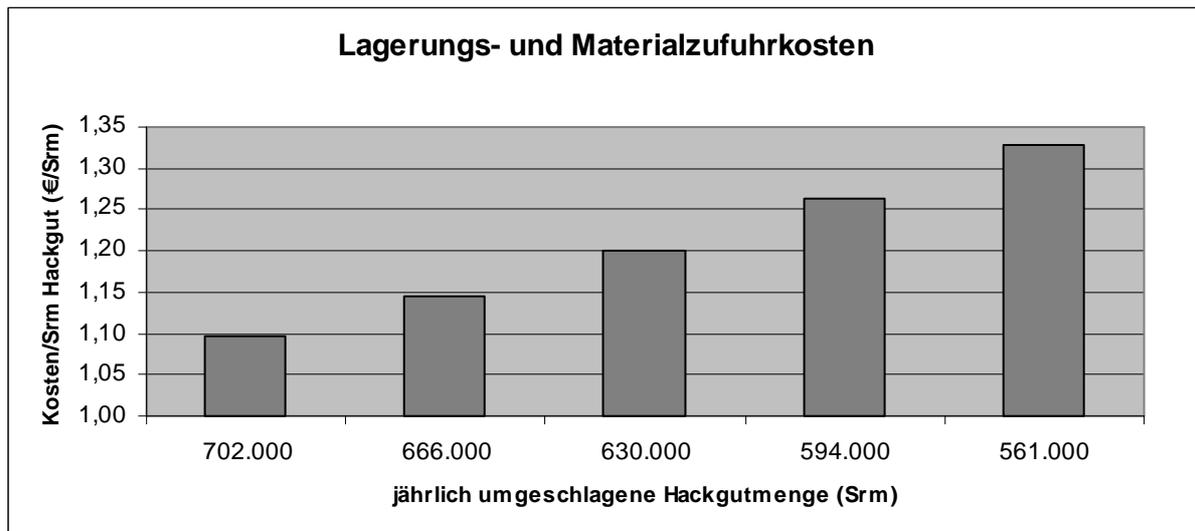


Abbildung 75: Kosten/Srm Hackgut Lagerplatz und Materialzufuhr, Szenario A

12.11.3 Hackvorgang, stationäre Hackanlage

➤ Eingangsdaten Hackvorgang

Eingangsdaten zur Kostenberechnung		
Bezeichnung	Beschreibung	Anzahl
Maschinenanlage		
Stationäre Hackanlage	VTH Hacker 105/60/4, 250 Srm/h Leistung, Antriebsmotoren 2 x 315 kW	1
angeschlossenes Hackgutlager	Fassungsvermögen ~ 6.500 Srm Hackgut	1
Personen		
Leitstellentechniker	2 - Schichtbetrieb	2

Tabelle 59: Eingangsdaten Hackvorgang, Szenario A

Genaue Daten zur Kostenberechnung befinden sich im Anhang!

➤ **Anfallende Kosten/Srm Hackgut, stationäre Hackanlage**

Varianten:	Produzierte Hackgutmenge in % des Jahresbedarfes aller KWK Anlagen				
	100 %	95 %	90 %	85 %	80 %
Produzierte Hackgutmenge (Srm)	702.000	667.000	632.000	597.000	562.000
Gesamtkosten STH (€)	624.500	602.500	595.350	585.000	563.000
Kosten pro Srm Hackgut (€/Srm)	0,89	0,90	0,94	0,98	1,00

Tabelle 60: Kosten/Srm Hackgut Hackvorgang, Szenario A

Die stationäre Hackanlage erzeugt bei einer produzierten Hackgutmenge von 702.000 Srm pro Jahr, anfallende Kosten von nur € 0,89/Srm Hackgut. Die hohe Stundenleistung und der geringe Personalbedarf für den Betrieb der Anlage wirken sich günstig auf die anfallenden Kosten aus.

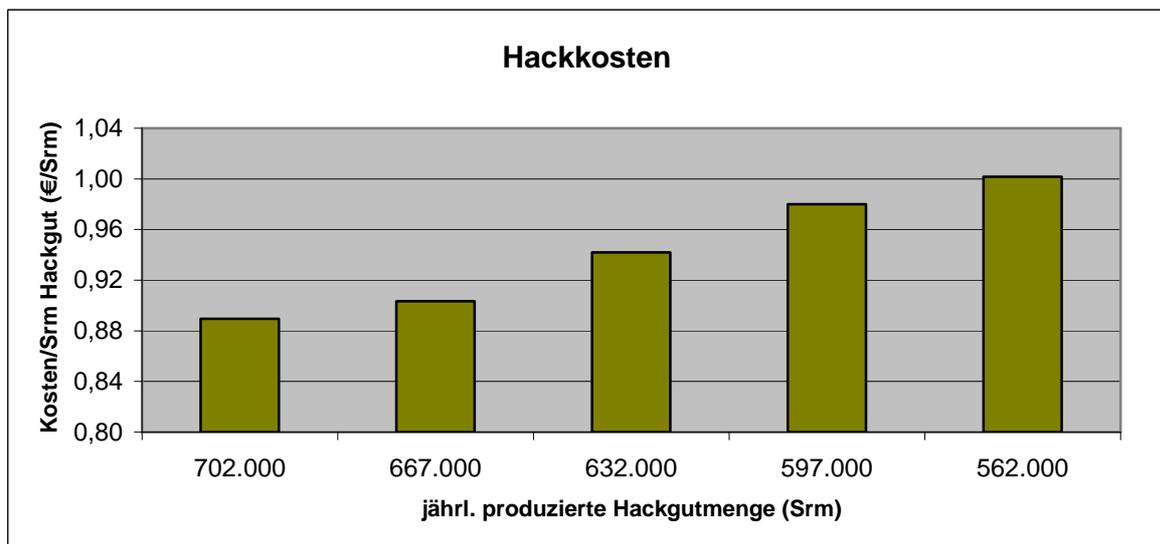


Abbildung 76: Kosten/Srm Hackgut Hackvorgang, Szenario A

12.11.4 Auslieferung der Hackschnitzel

Arbeitsstunden in Abhängigkeit der Auslieferungsmenge, Auslieferkosten				
KWK Standort		Göpfritz	Rastenfeld	Altweitra
Zykluszeit (h)		1,50	1,66	1,98
Auslieferungsmenge/ Jahr (Srm)	% vom Jahresbedarf	Arbeitsstunden/Jahr (230 Tage)		
234.000	100 %	3.989	4.415	5.265
222.000	95 %	3.785	4.037	4.995
210.000	90 %	3.580	3.819	4.725
198.000	85 %	3.375	3.600	4.455
187.000	80 %	3.188	3.400	4.208

		Gesamtauslieferungskosten (€/Jahr)		
234.000	100 %	259.285	286.975	342.225
222.000	95 %	246.025	262.405	324.675
210.000	90 %	232.700	248.235	307.125
198.000	85 %	219.375	234.000	289.575
187.000	80 %	207.220	221.000	273.520
Kostensatz Lieferant (€/h)		65		
Jährliche Personalkosten Disposition (€/a)		31.816		
Kosten/Srm Hackgut (€/Srm)		1,15	1,27	1,51

Tabelle 61: Arbeitsstunden bzw. Kosten/Srm Hackgut Auslieferung, Szenario A

Aufgrund der gleich bleibenden Fahrtrouten sind die Auslieferkosten, unabhängig von der jährlichen Auslieferungsmenge, konstant und unterscheiden sich nur hinsichtlich der benötigten Zykluszeit je nach dem KWK Standort.

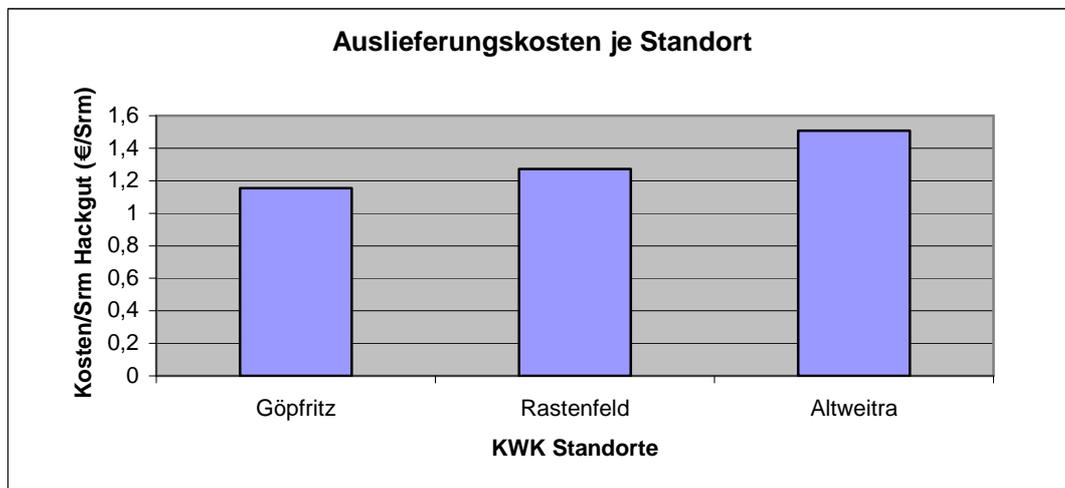


Abbildung 77: Kosten/Srm Hackgut Auslieferung, Szenario A

12.11.5 Lagerung und Beschickung der Hackschnitzelbunker

➤ Übersicht Eingangsdaten Lagerung- und Beschickung

Eingangsdaten zur Kostenberechnung		
Bezeichnung	Beschreibung	Anzahl
Infrastruktur		
Grundstücksbefestigung	5.000 m ² , asphaltierte Zufahrtswege,...	1
Ortsbeton - Langbrückenwaage	18 m x 3 m, 60 to/20 kg, inkl. Software	1
Lagerhalle	Leichtmetallausführung, 40 m x 22 m	1
Personen		
Wiegemeister/Radladerfahrer	/	1
Maschinen		
Radlader Volvo E120L	20,9 to, 180 kW, inkl. Schüttgutschaufel und Rundholzzange	1

Tabelle 62: Eingangsdaten Lagerung und Beschickung, Szenario A

Die genauen Daten zur Kostenberechnung bei der Lagerung und Bunkerbeschickung beim Heizwerk sind im Anhang ersichtlich.

➤ **Anfallende Kosten/Srm Hackgut, Lagerung und Beschickung**

Varianten:	Verbrauchte Hackgutmenge in % vom Jahresbedarf				
	100 %	95 %	90 %	85 %	80 %
Verbrauchte Hackgutmenge (Srm)	234.000	222.000	210.000	198.000	187.000
Gesamtkosten Lagerung und Beschickung (€)	177.000	174.000	172.500	171.000	169.500
Kosten pro Srm Hackgut (€/Srm)	0,76	0,78	0,82	0,86	0,91

Tabelle 63: Kosten/Srm Hackgut Lagerung und Beschickung, Szenario A

In Abhängigkeit der tatsächlich verbrauchten Jahresmenge können die anfallenden Kosten für einen Schüttraummeter Hackgut, bei einer Mengenabweichung von bis zu 20 %, um € 0,15/Srm schwanken. Bei einem vorgesehenen Jahresverbrauch von 234.000 Srm betragen die Lagerungs- und Beschickungskosten € 0,76/Srm Hackgut.

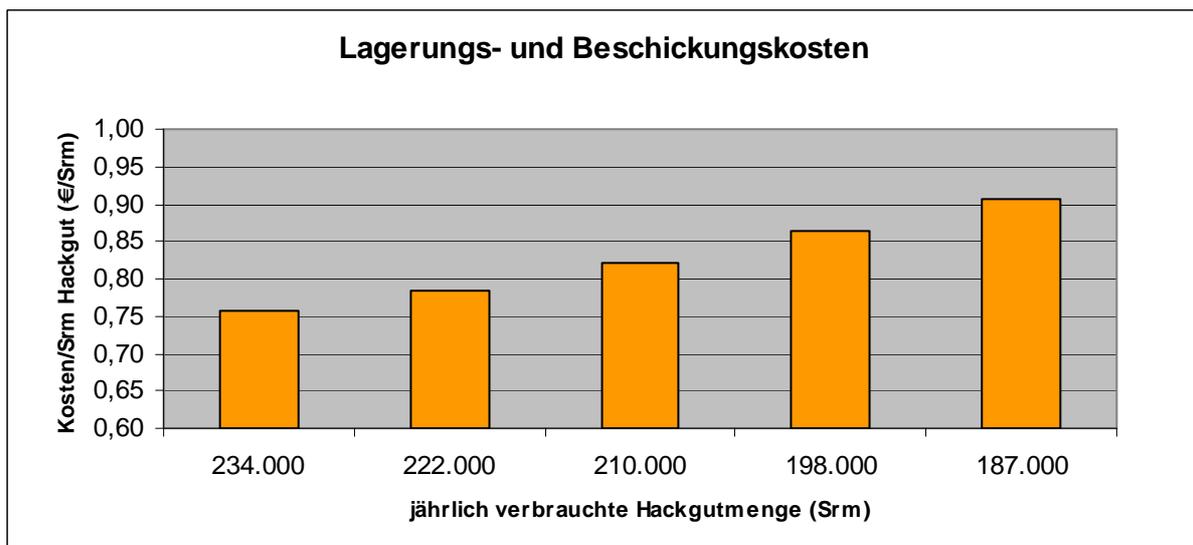


Abbildung 78: Kosten/Srm Hackgut Lagerung und Beschickung, Szenario A

12.11.6 Gesamtkostenübersicht Szenario A „zentraler Hack- und Lagerplatz“

Gesamtkosten/Srm Hackgut, Szenario A					
Varianten:	Produzierte Hackgutmenge in % vom Jahresbedarf bzw. Srm aller KWK Anlagen				
	100 %	95 %	90 %	85 %	80 %
	702.000	667.000	632.000	597.000	562.000
Lagerung und Materialzufuhr (€/Srm)	1,10	1,14	1,20	1,26	1,33
Hackvorgang (€/Srm)	0,89	0,90	0,94	0,98	1,00
Auslieferungskosten (€/Srm)	Abhängig vom Standort				
Lagerung und Bunkerbeschickung (€/Srm)	0,76	0,78	0,82	0,86	0,91
Standort	Verbrauchte Hackgutmenge in Srm des Jahresbedarfes je Heizwerk				
	234.000	222.000	210.000	198.000	187.000
Gesamtkosten/Srm Hackgut (€/Srm) je Standort					
Göpfritz	3,89	3,98	4,11	4,26	4,39
Rastefeld	4,01	4,10	4,23	4,38	4,51
Altweitra	4,25	4,34	4,47	4,62	4,75

Tabelle 64: Gesamtkosten/Srm Hackgut, Szenario A

Die anfallenden Gesamtkosten bei der Aufbereitung, beim Hacken, bei der Lagerung und der Bunkerbeschickung variieren je nach Standort und Jahresverbrauch zwischen € 3,89 – 4,75/Srm Hackgut.

Den größten Kostenanteil nimmt die Auslieferung der Hackschnitzel zu den einzelnen KWK – Standorten ein (vergleiche Abbildung 79 bis Abbildung 81). Beim Standort Altweitra fallen die Transportkosten von € 1,51/Srm mit fast 35 % der Gesamtkosten ins Gewicht. Durch die gemeinsame Lagerung und Aufbereitung der Biomasse zu Hackgut am zentralen Hack- und Lagerplatz fallen die Kostenanteile für diese Arbeitsschritte sehr gering aus. Vor allem der Hackvorgang mit Gesamtkosten von nur € 0,89 – 1,00/Srm bringt einen großen Vorteil mit sich. Die Lagerung des Hackgutes beim Heizwerk und die Beschickung der Hackgutbunker umfassen etwa 15 – 20 % der Gesamtkosten je nach Standort und verbrauchter Jahresmenge.

Aus der Gesamtkostentabelle (Tabelle 64) ist zu entnehmen, dass pro eingekaufter Atrö – Tonne Nadel - Biomasse Rundholz bei einem 100 %igem Jahresverbrauch und je nach Standort etwa € 17,22 – 19,20/AMM (Umrechnung Atrö Tonne – Srm Faktor 5,5) Hackgut zusätzliche Kosten für die Rundholzlagerung, dem Hackvorgang und der Auslieferung entstehen. Bei einem Einkaufspreis von etwa € 61/AMM Nadel – Biomasse Rundholz und rund € 80/AMM Waldhackgut frei Werk (vergleiche Punkt 11.2.3) würde sich die Aufbereitung über den zentralen Lagerplatz für die Standorte Göpfritz und Rastefeld wirtschaftlich lohnen. Für den Standort Altweitra verursachen die hohen Transportkosten ein negatives Ergebnis.

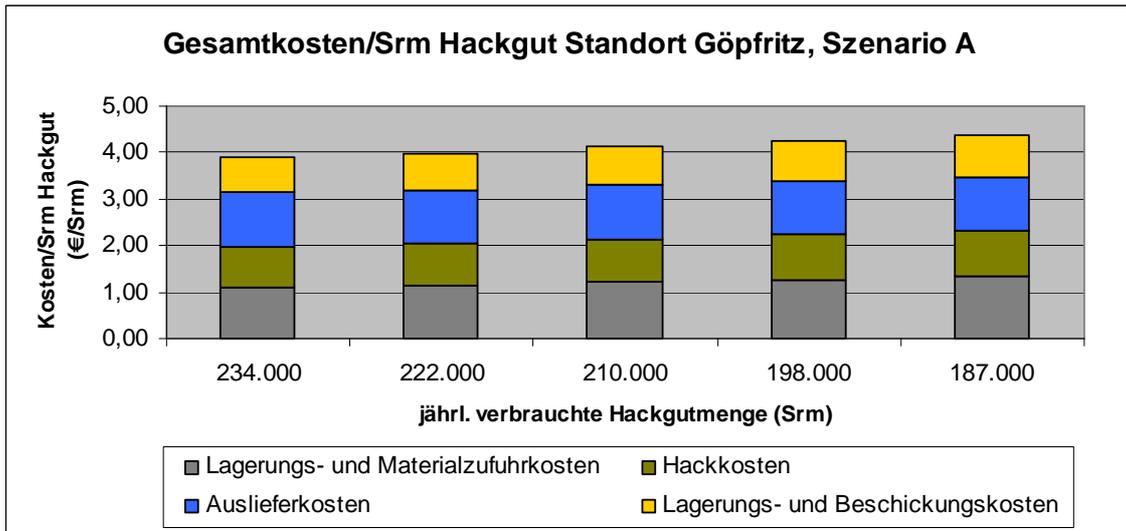


Abbildung 79: Gesamtkosten/Srm Hackgut Standort Göpfritz, Szenario A

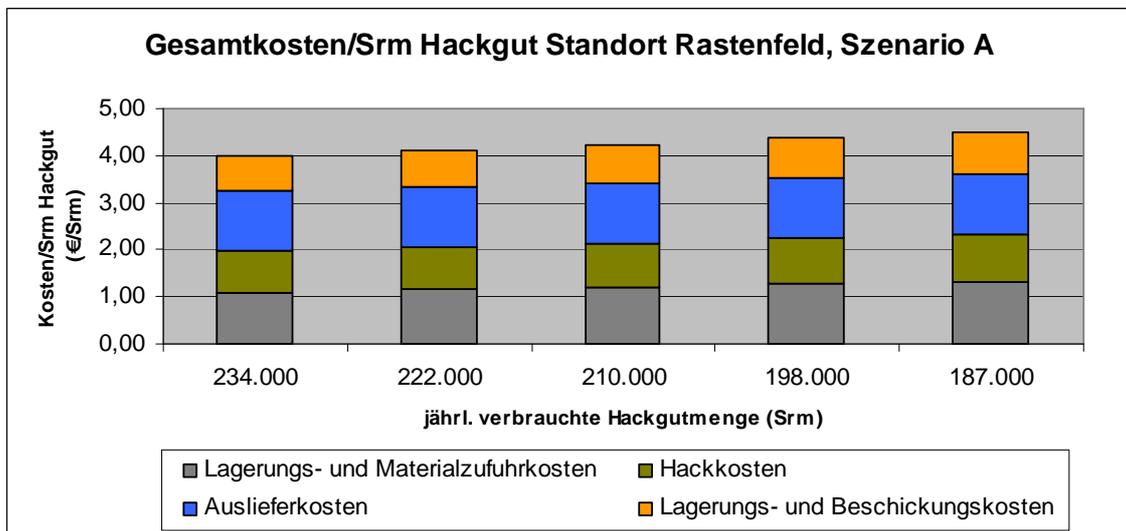


Abbildung 80: Gesamtkosten/Srm Hackgut Standort Rastefeld, Szenario A

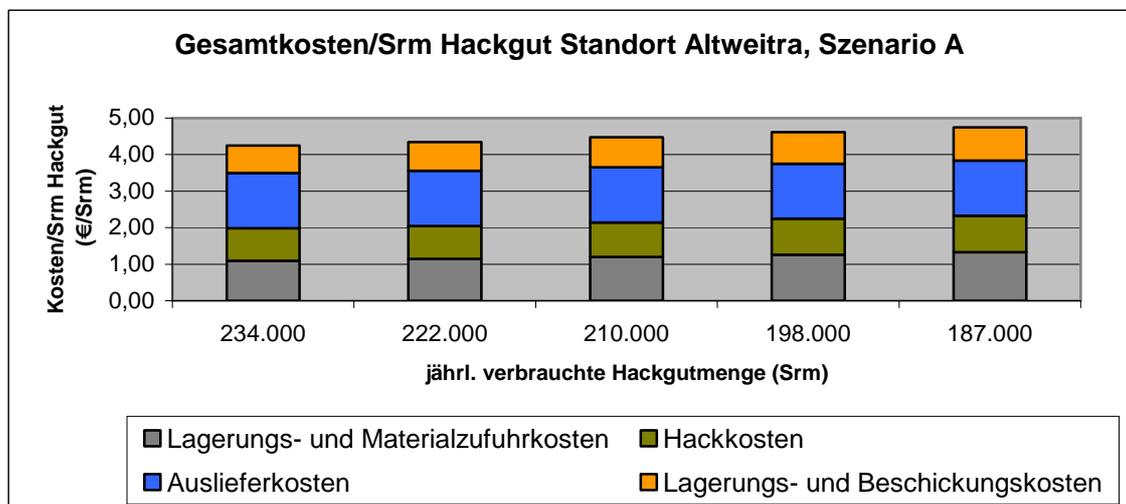


Abbildung 81: Gesamtkosten/Srm Hackgut Standort Altweitra, Szenario A

13 Szenario B: „zentrale Holzlagerung – mobiler Hacker“

13.1 Darstellung des zu untersuchenden Versorgungsszenarios

Ein Großteil des Jahresbedarfes an Hackgut wird von Lieferanten direkt zugekauft und frei Werk angeliefert. Ein weiterer Teil der Jahresmenge soll durch Eigenbeschaffung der Waldhackschnitzel gedeckt werden. Zusätzlich ist ein zentraler Rundholz – Lagerplatz als Vorratslager für alle drei KWK – Standorte vorgesehen, der auftretende Engpässe bei der „Just-in-time“ Anlieferung überbrücken soll.

Jedes Heizwerk soll dabei zu 70 % (60% – 80 %) durch die Fremd- oder Eigenversorgung mit Waldhackgut „Just-in-time“ versorgt werden. Das heißt, dass bereitgestellte Energieholz wird bei der Selbstversorgung direkt an der Waldstraße oder am Waldrand gehackt und mittels Hackgut LKWs zum Heizwerk geliefert. Die restliche Aufbringung des Jahresbedarfes erfolgt durch das zentrale Rundholzlager. Dort werden die Hackschnitzel mit einer mobilen Hackmaschine je nach Bedarf verarbeitet und an die einzelnen Heizwerke ausgeliefert.

Folgende Aufgabenstellungen sind dabei zu klären:

- Geeignete Logistikketten zur Selbstversorgung mit Waldhackgut sind anhand der Ergebnisse in Kapitel 10 auszuwählen und zu empfehlen
- Abstimmung des Hack- und Transportvorganges bei der Selbstversorgung mit Waldhackgut
- Planung der gesamten Arbeitsabläufe bei der Versorgung über den zentralen Lagerplatz:
 - Standortberechnung und Dimensionierung des Energieholzlagerplatzes
 - Abstimmung der Hackgutauslieferung
 - Einsatzzeitberechnung der mobilen Hackmaschine
 - Personalbedarfsplanung
- Kostenberechnung der Versorgung über den zentralen Lagerplatz, umgewälzt auf die umgeschlagene Hackgutmenge

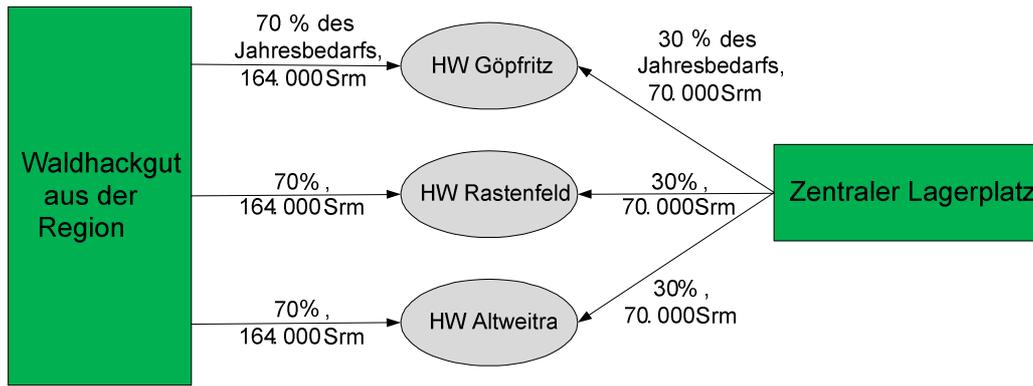


Abbildung 82: Materialfluss beim Szenario B

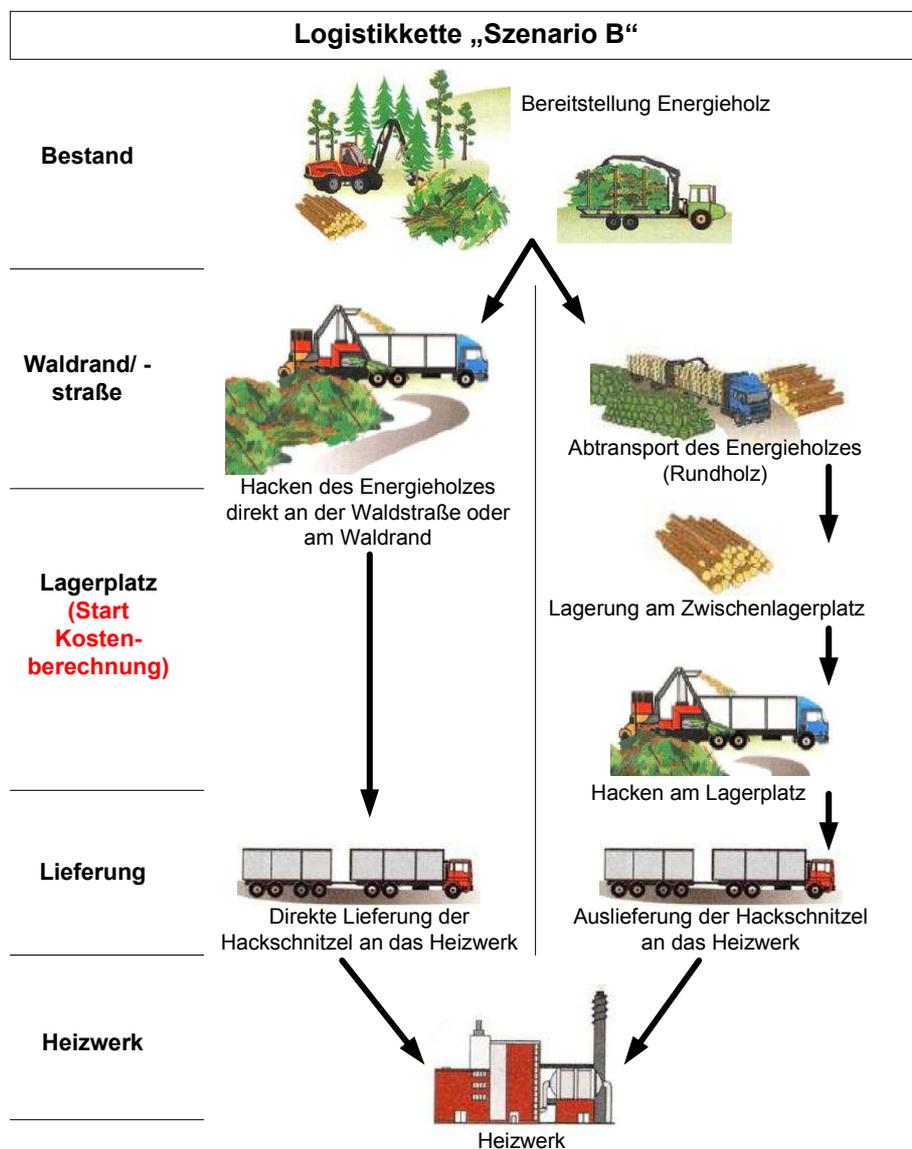


Abbildung 83: Logistikkette "Szenario B"

Die obige Abbildung zeigt die graphische Darstellung des zu untersuchenden Logistikszenarios inklusive dem Start der Kostenberechnung.

13.2 Geeignete Logistikketten zur Waldhackgut Selbstbeschaffung beim Szenario B

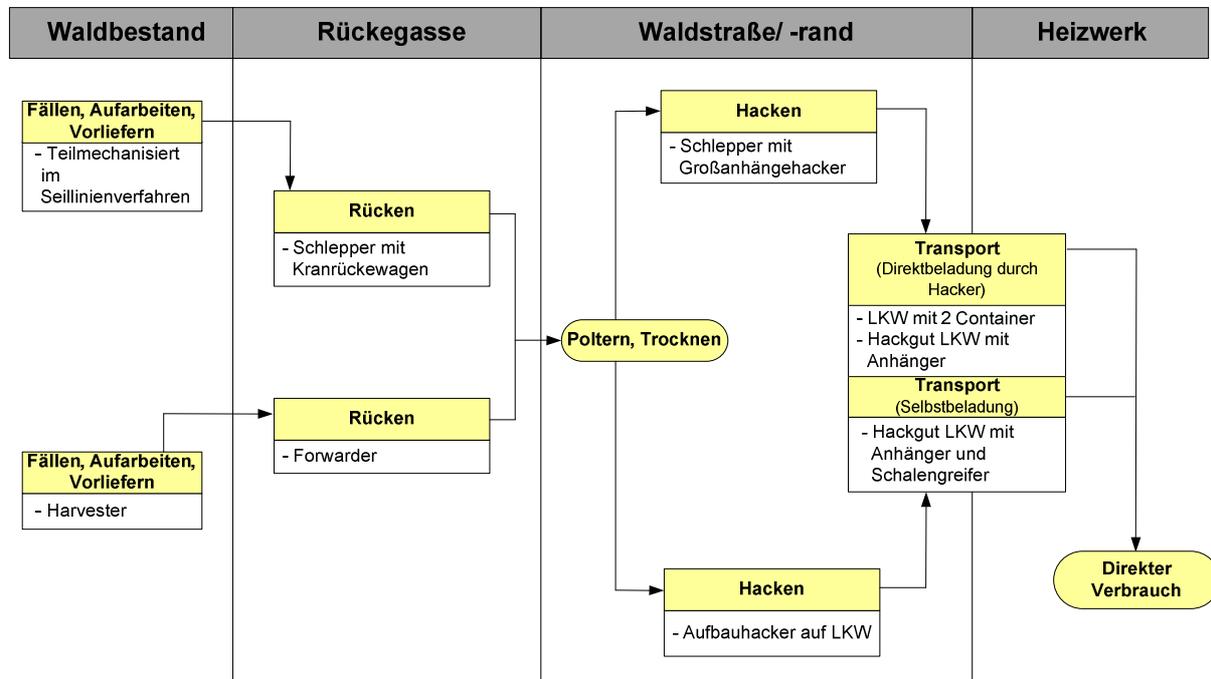


Abbildung 84: Geeignete Logistikketten zur Waldhackgut Selbstbeschaffung, Szenario B

Die Abbildung 84 zeigt zusammengefasst aus Kapitel 10, die am besten geeigneten Logistikketten zur Waldhackgut - Selbstbeschaffung für die KWK Standorte der Nawaro.

Das Harvester System mit der Direktbeladung ist sowohl kosten- als auch leistungsmäßig die effizienteste Logistikkette zur Waldhackgutbereitstellung. Die anfallenden Kosten sind in einer Höhe von etwa € 11,19/Srm und einer dabei erreichten Leistung von rund 8,17 Srm/h, anzutreffen.

Beim Harvestersystem mit der Selbstbeladung des Hackgutes ist mit einer Kostenbelastung von etwa € 11,95/Srm und einer Leistung von 7,28 Srm/h zu rechnen. Erschwerend bei der Logistikkette wirkt sich die Lagerung der Waldhackschnitzel am Boden aus. Dafür muss ein ebener und gut zugänglicher Platz am Waldrand gefunden werden. Weiters ist die Verunreinigung bei der Bodenlagerung und der Materialverlust als negativ zu bewerten. Durch die längere Ladedauer bei der Selbstbeladung treten auch höher Transportkosten als bei der Direktverladung auf. Durch die vollständige Entkopplung des Hack- und Transportvorganges treten jedoch keine Wartezeiten für den Hacker auf, was dessen Produktivität erhöht und somit die Kosten senkt. Weiters ist auch der Platzvorteil im Gegensatz bei der Direktbefüllung als günstig zu betrachten (vergleiche auch Kapitel 5.2.5.3).

Das teilmechanisierte Logistikverfahren mit dem Kranrückwagen erreicht zwar eine geringere Leistung als die Harvester-Systeme, ist jedoch mit anfallenden Kosten von € 12,71/Srm sehr günstig. Die großen Vorteile dieser Logistikkette sind die hohen Verfügbarkeiten der einfachen forstwirtschaftlichen Maschinen und die geringen Gesamtsystemkosten. Weiters können durch das Seilwindenverfahren nicht befahrbare Bestandsflächen bearbeitet werden.

Die Logistikketten Hackschnitzelharvester und Timberchipper erreichen beim Leistungsvergleich respektable Ergebnisse, sind jedoch mit anfallenden Kosten von € 15,89/Srm sehr teuer. Auch die geringe Verfügbarkeit und die hohen Anschaffungskosten mit bis zu € 350.000 sind als negativ anzusehen. In Österreich ist derzeit nur eine Forstspezialmaschine dieser Art im Einsatz.

➤ **Hinweise zur Gestaltung der Energieholzpolter am Waldrand**

- Die für das Hacken vorgesehenen Energieholzpolter sollten so konzipiert sein, dass sie ohne Umladen oder Transportbruch mit den Arbeiten bei der Holzernte verbunden werden können.
- Die Energieholzpolter sollten an einem gut zugänglichen Ort (Waldstraßenkreuzung oder Waldrand) angelegt werden, um genügend Platz für den Hack- und Transportvorgang bieten zu können. Dies kann zu einem Widerspruch mit dem oben erwähnten Punkt führen!
- Entstehen keine zusätzlichen Transportwege bei der Polterung, so sind diese praktisch kostenlos.
- Der Holzpolter darf nicht zu nahe an der Waldstraße gelagert werden, um ausreichend Platz für die Manipulation der Hackmaschine zu gewährleisten.
- Die Größe der Energieholzpolter sollte auf die maximale Durchsatzleistung der Hackmaschine angepasst sein, um die Kosten für die Zu- und Abfuhr zu kompensieren.

13.3 Verbesserungsvorschläge bei der Waldhackguterzeugung

Um eine Just-in-time Versorgung eines Heizkraftwerkes realisieren zu können müssen alle Beteiligten im Bereitstellungsprozess bestmöglich integriert werden und ein transparenter Daten- und Informationsfluss zwischen den Organisationen soll vorhanden sein. Ziele eines solchen Logistikkonzeptes zur Waldhackgutbereitstellung sind minimale Durchlaufzeiten, minimale Lagerbestände beim Heizwerk und im Waldbestand, Termintreue sowie die technischen Möglichkeiten, ständig Bericht darüber zu erstatten, in welchem Status innerhalb der Logistikkette sich welche Holz mengen jeweils befinden.

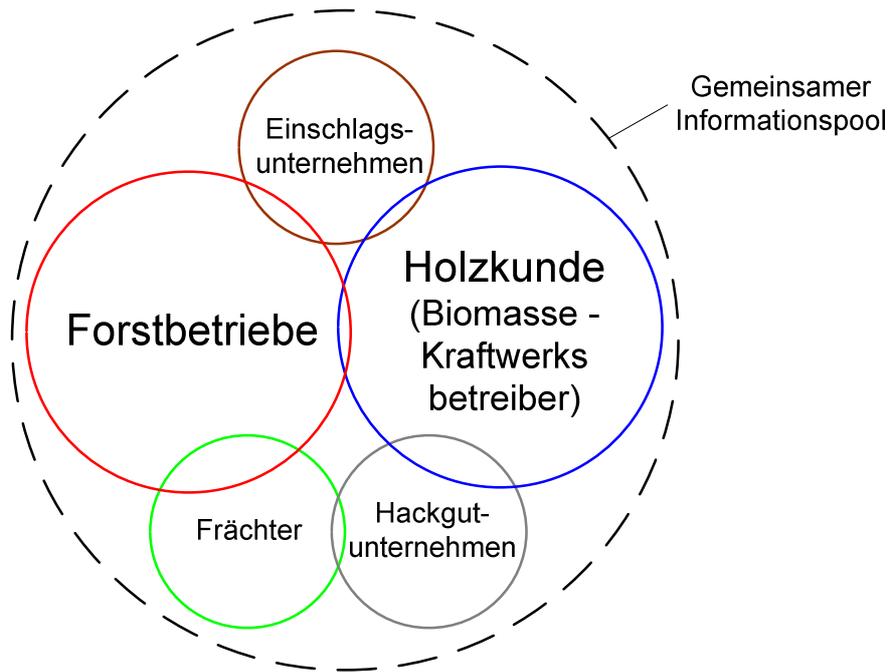


Abbildung 85: Ganzheitliche Organisation bei der Waldhackguterzeugung

Die beteiligten Organe bei einer ganzheitlichen Organisation zur Hackgutbereitstellung müssen folgende Aufgaben erfüllen:

- Die Forstbetriebe müssen ihre Einschläge verlässlich planen und die Dienstnehmer sowie den Kunden frühzeitig in die Jahresplanung einbinden. Weiters müssen sie bei eventuellen Abweichungen der Einschlagsplanung rechtzeitig gegensteuern und den Dienstnehmern ein optimales Arbeitsumfeld liefern.
- Die Holzernteunternehmen müssen sich aktiv in die Planung einbringen und die Einsätze zeitgerecht und verlässlich durchführen. Weiters muss das Einschlagspersonal instruiert werden:¹⁰⁶
 - Fremdmaterialien wie z.B. Steine, Metallteile oder Ketten der Forstmaschinen dürfen nicht unter das Hackholz gelangen → große Schäden an der Hackmaschine
 - Beim Aufarbeiten muss nicht gründlich entastet werden → nur die nötigsten Schritte beim Aufarbeiten ausführen
 - Hackholz soll nicht mit Erde beschmutzt sein → kein Überfahren mit den Forstgeräten
- Die Frächter und Hackgutunternehmer müssen ebenfalls in die Planung miteinbezogen werden. Weiters ist eine optimale Zusammenarbeit beim Hack- und Transportvorgang zwischen diesen Dienstnehmern erforderlich, um die Einsätze bestmöglich abwickeln zu können.

¹⁰⁶ vgl.

http://www.holzenergie.ch/uploads/tx_userpublicationshop/409rat_holzschneitzelbereitstllg_01.pdf
(12.01.08)

- Der Energieholzkunde muss schon frühzeitig mit den Forstbetrieben Lieferprofile vereinbaren und die vereinbarte Liefermenge verlässlich abnehmen.

13.4 Abstimmung Hack- und Transportvorgang

Der Hackvorgang ist der kostenaufwändigste Arbeitsablauf in der Logistikkette der Waldhackgutbereitstellung. Deshalb wirken sich vermehrte Stillstandszeiten der Hackmaschine negativ auf die anfallenden Gesamtkosten aus. Darum ist es nötig den Transportvorgang so auf das Hacken abzustimmen, dass immer genügend Transportmittel zum Abtransport des Hackgutes zur Verfügung stehen. Über die Hackerleistung, der Zykluszeit des Transportmittels, dem Transportvolumen und der Transportentfernung kann die Anzahl der benötigten LKWs bzw. Transportmittel berechnet werden.

Eingangsdaten und Berechnung der nötigen Transportmittel:

Eingangsdaten:	Formel, Wertebereich	Einheit
Hackerleistung (Lh)	80 - 160	Srm/h
Volumen LKW + Anhänger (V)	88	Srm
Transportgeschwindigkeit (v)	$32,1 \cdot \log(\text{distanz}) - 7,1$	km/h
Entfernung (s)	5 - 80	km
Ablade/Wartezeit/Manipulation (tw)	0,25	h

Tabelle 65: Eingangsdaten zur Berechnung der Transportmittellanzahl

Berechnung Zykluszeit:	Formel	Einheit
Ladezeit (tl)	V/Lh	[h]
Fahrzeit (Last- und Leerfahrt) (tf)	$2 \cdot (s/v)$	[h]
Ablade/Wartezeit/Manipulation (tw)	tw	[h]
Zykluszeit (ZZ)	$Tl + tf + tw$	[h]
Benötigte LKW's:		
Max. Leistung LKW (Lmax LKW)	V/ZZ	Srm/h
Benötigte LKW's	$Lh/(Lmax LKW)$	Anzahl LKW's

Tabelle 66: Berechnung der benötigten Transportmittel

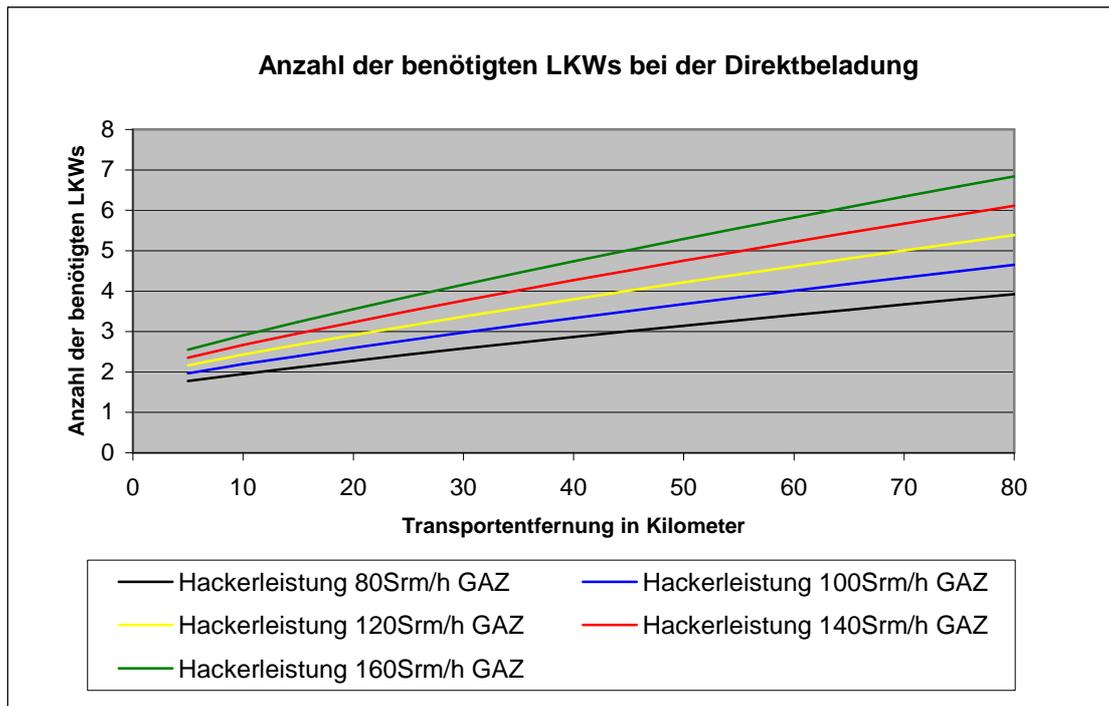


Abbildung 86: Anzahl der benötigten LKWs bei der Direktbefüllung

Wie in Abbildung 86 ersichtlich, steigt die Anzahl der benötigten Transportmittel bei größer werdender Transportentfernung und höherer Hackerleistung immer stärker an. Sind bei einer Entfernung von 20 km und einer Hackleistung von 80 Srm/h mindestens zwei LKWs notwendig, so steigt bei einer Hackleistung von 160 Srm/h die Anzahl der benötigten LKWs auf mindestens drei LKWs an. Die Verringerung des maximalen Transportvolumens würde zu einer weiteren Steigerung der Transportmittelanzahl führen.

13.5 Standort und Auslegung des zentralen Energieholzlagerplatzes

13.5.1 Optimaler Standort des Energieholzlagerplatzes

Der Standort des zentralen Lagerplatzes soll hinsichtlich des Transportaufwandes und den damit verbundenen Transportkosten optimiert werden. Wie bereits im Kapitel 12.2.3.1 wird der Standort des Lagerplatzes (Quelle) hinsichtlich der drei Auslieferungsstandorte (Heizwerke → Senken) ermittelt. Aufgrund der gleichen Eingangsdaten bei der Berechnung liegt der ideale Standort zur Optimierung der Transportkosten zur Auslieferung des Hackgutes im Bezirk Zwettl zwischen den Katastralgemeinden Germanns und Hörmanns.

13.5.2 Lagerkapazität und Infrastruktur des Rundholzlagerplatzes

13.5.2.1 Benötigte Lagerkapazität

Der Energieholzlagerplatz soll ein Fassungsvermögen von etwa 2 – 3 Monate haben, um die Versorgung der KWK – Anlagen auch über die Wintermonate gewährleisten zu können. Bei einem Jahresbedarf von rund 93.600 fm Energieholz je Heizwerk muss der Lagerplatz ein Fassungsvermögen von etwa 58.500 fm bieten um die Versorgungssicherheit von zweieinhalb Monaten über die Wintermonate sicherstellen zu können. Dafür ist eine minimale Fläche von etwa 3,2 Hektar nötig (vergleiche Kapitel 6.1). Zusätzlich kommt hinzu, dass 30 % des Jahresbedarfs je Heizwerk durch den Lagerplatz gedeckt werden müssen. Pro Heizwerk ist das eine Menge von 28.000 fm, insgesamt werden demnach rund 84.000 fm Energieholz am Lagerplatz umgeschlagen.

13.5.2.2 Ausführung und Infrastruktur des Lagerplatzes

- **Bauliche Ausführung siehe Kapitel 6.1**
- **Vorhandene Infrastruktur**

Der Lagerplatz umfasst eine Lagerhalle zur Bevorratung des Hackgutes mit einem Fassungsvermögen von knapp 3.900 Srm Hackgut. Das entspricht einer Verbrauchsmenge von etwa 1,86 Tagen aller Werke zusammen. Dadurch können kurzfristige Engpässe bei der Versorgung ausgeglichen werden. Weiters ist eine Brückenwaage und ein dazugehöriges Wiegehaus zur Erfassung der ein- und ausgehenden Transportladungen vorhanden. Dazu kommt noch ein Radlader der Marke Volvo, Typ E120L, inklusive einer Rundholzzange und einer Schüttgutschaufel mit einem Fassungsvermögen von 8 – 9,5 m³.

13.5.2.3 Übersicht Lagerplatz

Übersicht Lagerplatz	
Größenumfang	3,20 ha
Lagerkapazität	58.500 fm
Vorrats - Reichweite	2,5 Monate
Lagerumschlagshäufigkeit/Jahr	1,44 mal

Tabelle 67: Übersicht Lagerplatz, Szenario B

➤ Lagerumschlagshäufigkeit

Die Anlieferung des Rundholzes und der Abtransport des Hackgutes sind so abgestimmt, dass der Lagerplatz nahezu immer gefüllt ist und daher durchschnittlich rund 58.500 fm Energieholz vorhanden sind. Bei einem Jahresumschlag von 84.000 fm ergibt das eine Lagerumschlagshäufigkeit von 1,44-mal pro Jahr.

$$\text{Lagerumschlagshäufigkeit} = \frac{\text{Verbrauch pro Periode (Stk, fm, Srm,...)}}{\text{durchschnittlicher Lagerbestand } d \text{ (Stk, fm, Srm,...)}} =$$

$$\text{Lagerumschlagshäufigkeit} = \frac{84.000 \text{ fm / Jahr}}{58.500 \text{ fm / Jahr}} = 1,44$$

Formel 15: Lagerumschlagshäufigkeit, Szenario B

Weiters müssen täglich rund 365 fm Rundholz angeliefert werden, um den Lagerstand konstant halten zu können. Dies entspricht einer Menge von 14 Rundholz LKW Fuhren zu je 26 fm Ladevolumen.

13.6 Auslieferung des Hackgutes

Der Tagesbedarf eines Heizwerkes beträgt 980 Srm Hackgut. Das sind rund 11 LKW Fuhren mit je 88 Srm Fassungsvermögen, wovon acht Fuhren für die Tagesversorgung und drei Ladungen zur Abdeckung des Wochenendbedarfes benötigt werden. Bei einem Gesamtjahresumschlag von 84.000 fm Energieholz am Lagerplatz können jährlich je 28.000 fm, also 70.000 Srm Hackgut, an alle Kraftwerke ausgeliefert werden. Somit kann pro Arbeitstag (siehe Tabelle 68) eine Menge von 305 Srm Hackgut an jedes Heizwerk ausgeliefert werden. Dies entspricht rund 3,47 LKW Fuhren mit einem Volumen von 88 Srm. Daraus ist abzuleiten, dass die Wochenendversorgung und eventuelle Engpässe durch den Lagerplatz abgedeckt werden können. Die reinen Tagesbedarfsmengen von 8 Fuhren je Heizwerk müssen über die direkte Bereitstellung des Waldhackgutes (Just-in-time Versorgung) abgeglichen werden.

Berechnung der Anlieferungstage im Jahr	
Arbeitsstunden Volllast im Jahr (KWK - Anlage)	8.000
Dies entspricht:	
Arbeitswochen	48
Arbeitstage	336
Abzüglich Feiertage während der Woche	~ 10
abzüglich Wochenendetage	96
reine Arbeitstage zur Versorgung der KWK Anlage	230

Tabelle 68: Berechnung der Anlieferungstage im Jahr

➤ Benötigte LKWs zur Auslieferung

Um die Anzahl der benötigten LKWs zur Auslieferung des Hackgutes berechnen zu können müssen die Zykluszeiten der jeweiligen Routen bekannt sein. Die Zykluszeit eines LKWs setzt sich dabei aus

- dem Beladen durch den Hacker oder dem Radlader
- der Manipulation und dem Wiegen
- der Lastfahrt zum Heizwerk
- dem Entladen
- und der Leerfahrt zurück zum Lagerplatz zusammen.

Alle Zeiten, außer der Beladezeit, können direkt aus dem Kapitel 12.6.3.1 entnommen werden. Die Ladezeit ist abhängig von der Leistung der Hackmaschine. Hier wird ein maximaler Durchsatz von 140 Srm/h GAZ für eine mobile Hackmaschine angenommen. Daraus kann die benötigte Ladezeit berechnet werden.

$$\text{Beladezeit je LKW} = \frac{88 \text{ Srm} / \text{LKW}}{140 \text{ Srm} / \text{h}} = 0,63 \text{ h} / \text{LKW}$$

Formel 16: Beladezeit je LKW, Szenario B

Die Zykluszeiten für die einzelnen Standorte betragen nun folgende Werte:

Gesamtzykluszeiten der Transportstrecken			
	HLP - Göpfritz	HLP - Rastenfeld	HLP - Altweitra
Gesamtzykluszeit	ZZ ₁ = 1,78 h	ZZ ₂ = 1,94 h	ZZ ₃ = 2,26 h

Tabelle 69: Gesamtzykluszeiten der LKWs je KWK Standort

Pro Arbeitstag (Tagesarbeitszeit von 7 – 12 Uhr und 13 – 16 Uhr) werden minimal drei LKW - Fahren Hackgut an jedes Kraftwerk ausgeliefert, insgesamt verlassen also 9 LKW Ladungen den Lagerplatz. Bei einer täglichen Arbeitszeit von 8 Stunden und einer Hackmaschinenleistung von 140 Srm/h kann nun die benötigte Anzahl von LKWs für die Hackgutauslieferung berechnet werden.

$$\text{Anz. benötigter LKWs} / \text{Tag} = \frac{3 * \sum_{i=1}^3 \text{ZZ}_i}{\text{tägliche Arbeitszeit}} = \frac{17,94 \text{ h}}{8 \text{ h}} = 2,24 \text{ LKWs} / \text{Tag}$$

Formel 17: Benötigte LKWs zur Hackgutauslieferung

Es müssen also täglich drei Hackgut LKWs im Einsatz sein, um den geforderten Auslieferbedarf decken zu können.

13.7 Arbeitszeit der mobilen Hackmaschine

Bei einer täglichen Auslieferleistung von 9 LKW Fuhren Hackgut muss die mobile Hackmaschine etwa 5,7 Stunden im Einsatz sein.

$$\text{Tägliche Einsatzzeit} = \frac{\text{Auslieferungsmenge / Tag}}{\text{Stundenleistung Hackmaschine}} = \frac{792 \text{ Srm}}{140 \text{ Srm / h}} = 5,7 \text{ h Einsatzzeit}$$

Formel 18: tägliche Einsatzzeit Hackmaschine

Durch die unterschiedlichen Zykluszeiten der LKWs können bei der Direktbeladung der LKWs jedoch Wartezeiten für die Hackmaschine auftreten, wodurch sich die tägliche Einsatzzeit erhöhen kann.

13.8 Lagerung und Beschickung beim Heizwerk

Die Infrastruktur beim Kraftwerk besteht aus einer Brückenwaage mit dazugehörigem Wiegehaus, einer Lagerhalle für das Hackgut und einem Radlader der für die Beschickung der Hackgutbunker verwendet wird.

Die Lagerhalle wird wie im Szenario A (siehe Kapitel 12.7) auf ein Vorratsvolumen von rund 5,5 Tagen ausgelegt. Das entspricht einem minimalen Fassungsvermögen von 3.850 Srm Hackschnitzel. Davon sind wieder etwa 1.400 Srm für die Versorgung der KWK – Anlage über das Wochenende vorgesehen und der restliche Teil von rund 2.450 Srm Hackgut dient als Vorratslager um verlängerte Wochenenden durch Feiertage überbrücken zu können. Inklusiv der Hackgut Lagerhalle am Energieholzlagerplatz, das eine Reichweite von 1,8 Tagen für alle Heizwerke umfasst, können somit 6,8 Tage bei Versorgungsgängen überbrückt werden.

13.9 Arbeitsablaufsbeschreibung Szenario B

➤ Beschaffung des Waldhackgutes

Durch die im Kapitel 13.2 beschriebenen Logistikketten zur Bereitstellung von Waldhackgut und durch externe Lieferanten, werden 70 % des Jahresbedarfes direkt an die Heizwerke geliefert.

➤ Beschaffung und Hackguterzeugung über den Energieholzlagerplatz

Durch Holzlieferanten wird das Energieholz zum Lagerplatz gebracht. Dort wird es durch eine mobile Hackmaschine zu Hackschnitzel verarbeitet. Der Abtransport (siehe Kapitel 13.6) erfolgt, wenn möglich, gekoppelt mit dem Hackvorgang und wird von Dienstnehmern durchgeführt.

➤ **Auslieferung des Hackgutes**

Täglich werden acht LKW Ladungen Waldhackgut direkt an das Heizwerk geliefert, dort müssen diese entgegengenommen und bewegt werden. Jeweils drei LKW Ladungen pro Tag werden kontinuierlich seitens des Energieholzlagerplatzes geliefert. Bei einem Materialengpass können auch mehrere Fuhren zur Versorgung der Heizwerke über den Lagerplatz zur Verfügung gestellt werden. Die Bewegung erfolgt bereits am Energieholzlagerplatz, so dass die Lieferungen beim Kraftwerk nur mehr abgeladen werden müssen.

➤ **Lagerung- und Beschickung beim Kraftwerk**

Die ankommenden LKW Ladungen werden direkt vor oder in die Lagerhalle geleert. Mittels Radlader erfolgt die Beschickung der Hackgutbunker beim Heizwerk (vergleiche Kapitel 12.8).

13.10 Personalbedarf

- **Personalbedarf zentraler Hack- und Lagerplatz**

Die Arbeitszeiten am Hack- und Lagerplatz sind von 7 – 12 Uhr und von 13 – 16 Uhr festgelegt. Für die anfallenden Arbeiten am Lagerplatz sind zwei Personen, ein Radladerfahrer und ein Wiege- bzw. Platzmeister, notwendig.

Der Wiegemeister muss täglich 14 eingehende Rundholz LKW Fuhren und minimal 9 ausgehende Hackgut LKWs bearbeiten. Das entspricht einem Zeitaufwand von fast 6 Stunden. Der Radladerfahrer ist für die Entladung der eingehenden Rundholztransporte sowie für die Beladung der Hackgut LKWs zuständig, falls ein direktes Befüllen aufgrund von Engpässen durch die mobile Hackmaschine nicht mögliche ist.

- **Personalbedarf zur Auslieferung der Hackschnitzel**

Für die Auslieferung der Hackschnitzel wird eine Person zur Disposition und Koordination der LKWs mit einem wöchentlichen Zeitaufwand von 8 Stunden eingeplant.

- **Personalbedarf zur Lagerung und Beschickung**

Für die Beschickung der Hackgutbunker und die Lagerung der Hackschnitzel beim Heizwerk sowie für die Übernahme der Just-in-time Versorgung aus Waldhackgut wird ein Mitarbeiter benötigt. Die Arbeitszeit ist dabei wieder von 7 -12 Uhr und 13 – 16 Uhr festgelegt.

Die Beschickung nimmt einen Zeitbedarf von rund 4,5 Stunden in Anspruch (beachte 12.8). Zur Holzübernahme von acht LKW Ladungen aus der direkten Anlieferung werden etwa zwei Stunden einkalkuliert.

13.11 Kostenberechnung Szenario B

13.11.1 Zentraler Lagerplatz

➤ Übersicht Eingangsdaten Lagerplatz

Eingangsdaten zur Kostenberechnung		
Bezeichnung	Beschreibung	Anzahl
Infrastruktur		
Lagerplatz	32.000 m ² , befestigt,...	1
Ortsbeton - Langbrückenwaage	18 m x 3 m, 60 to/20 kg, inkl. Software	1
Lagerhalle	Leichtmetallausführung, 40 m x 22 m	1
Personen		
Wiegemeister	/	1
Radladerfahrer	/	1
Maschinen		
Radlader Volvo E120L	20,9 to, 180 kW, inkl. Schüttgut- schaufel und Rundholzzange	1

Tabelle 70: Eingangsdaten Lagerplatz, Szenario B

Die genauen Daten zur Kostenberechnung befinden sich im Anhang.

➤ Anfallende Kosten/Srm Hackgut, Lagerplatz

Varianten:	Umgeschlagene Hackgutmenge in % vom Jahresbedarf aller KWK Standorte				
	40 %	35 %	30 %	25 %	20 %
Umgeschlagene Hackgutmenge (Srm)	280.000	245.000	210.000	175.000	140.000
Gesamtkosten Lagerung und Hackvorgang (€)	315.000	313.000	311.500	310.000	308.500
Kosten pro Srm Hackgut (€/Srm)	1,13	1,28	1,48	1,77	2,20

Tabelle 71: Kosten/Srm Hackgut Lagerplatz, Szenario B

Aus Tabelle 71 ist zu entnehmen, dass die auftretenden Kosten je Schüttraummeter Hackgut bei einer jährlich umgeschlagenen Menge von 140.000 – 280.000 Srm zwischen € 1,13/Srm und € 2,20/Srm schwanken. Der Personalbedarf bleibt über die verschiedenen Varianten hindurch gleich. Die Gesamtkosten variieren nur aufgrund der unterschiedlichen Auslastungen der Maschinen und den dabei auftretenden Treibstoff- und Instandhaltungskosten.

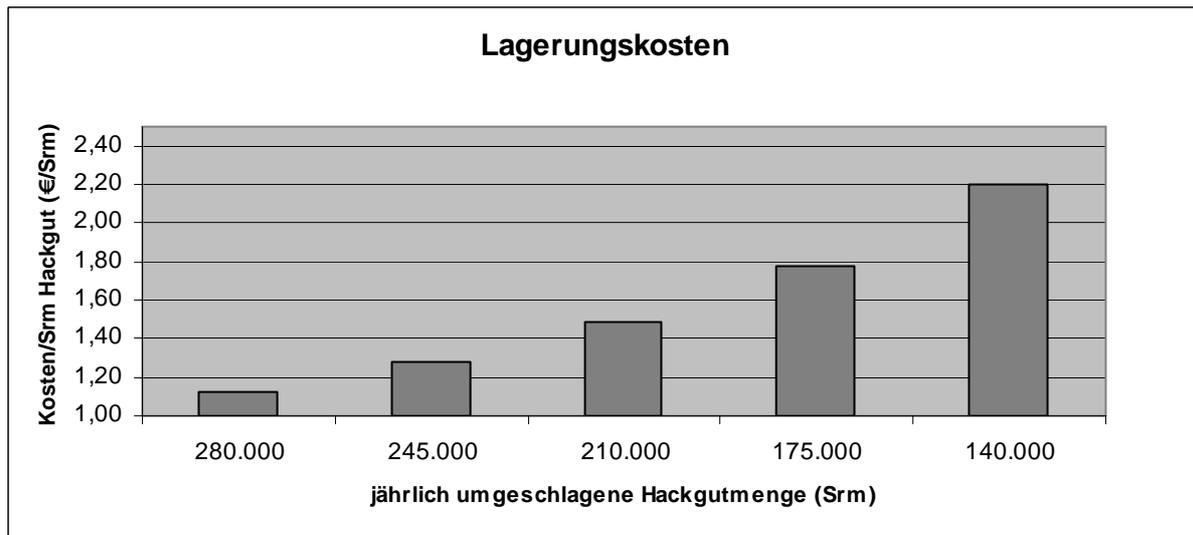


Abbildung 87: Kosten/Srm Hackgut Lagerplatz, Szenario B

13.11.2 Hackvorgang

Der Hackvorgang wird im Szenario B von einem externen Hackguterzeuger durchgeführt. Bei einem Stundensatz von € 230 und einer durchschnittlichen Produktivität von 140 Srm pro Stunde ergibt das eine Belastung von € 1,64/h die zur Erzeugung des Hackgutes mit einkalkuliert werden muss. Je nach Stundensatz und Leistung der Hackmaschine müssen die anfallenden Kosten angepasst werden.

13.11.3 Auslieferung

➤ **Übersicht Eingangsdaten und Kosten bei der Hackgutauslieferung**

Arbeitsstunden in Abhängigkeit der Auslieferungsmenge, Auslieferkosten				
KWK Standort		Göpfritz	Rastenfeld	Altweitra
Zykluszeit (h)		1,50	1,66	1,98
Auslieferungsmenge/ Jahr (Srm)	% vom Jahresbedarf	Arbeitsstunden/Jahr (230 Tage)		
280.000	40 %	1.591	1.761	2.100
245.000	35 %	1.393	1.541	1.838
210.000	30 %	1.194	1.321	1.575
175.000	25 %	995	1.101	1.313
140.000	20 %	796	881	1.050

		Gesamtauslieferungskosten (€/Jahr)		
280.000	40 %	103.415	114.465	136.500
245.000	35 %	90.545	100.165	119.470
210.000	30 %	77.610	85.865	102.375
175.000	25 %	64.675	71.565	85.345
140.000	20 %	51.740	57.265	68.250
Kostensatz Lieferant (€/h)		65		
Jährliche Personalkosten Disposition (€/a)		11.500		
Kosten/Srm Hackgut (€/Srm)		1,15	1,27	1,50

Tabelle 72: Arbeitsstunden und Auslieferkosten, Szenario B

Aufgrund des konstanten Stundensatzes bei der Auslieferung durch einen Transportunternehmer, bleiben auch die anfallenden Kosten pro Schüttraummeter je nach KWK Standort gleich. Bei steigender oder fallender Auslieferungsmenge ändert sich nur die Einsatzzeit der Hackgut LKWs.

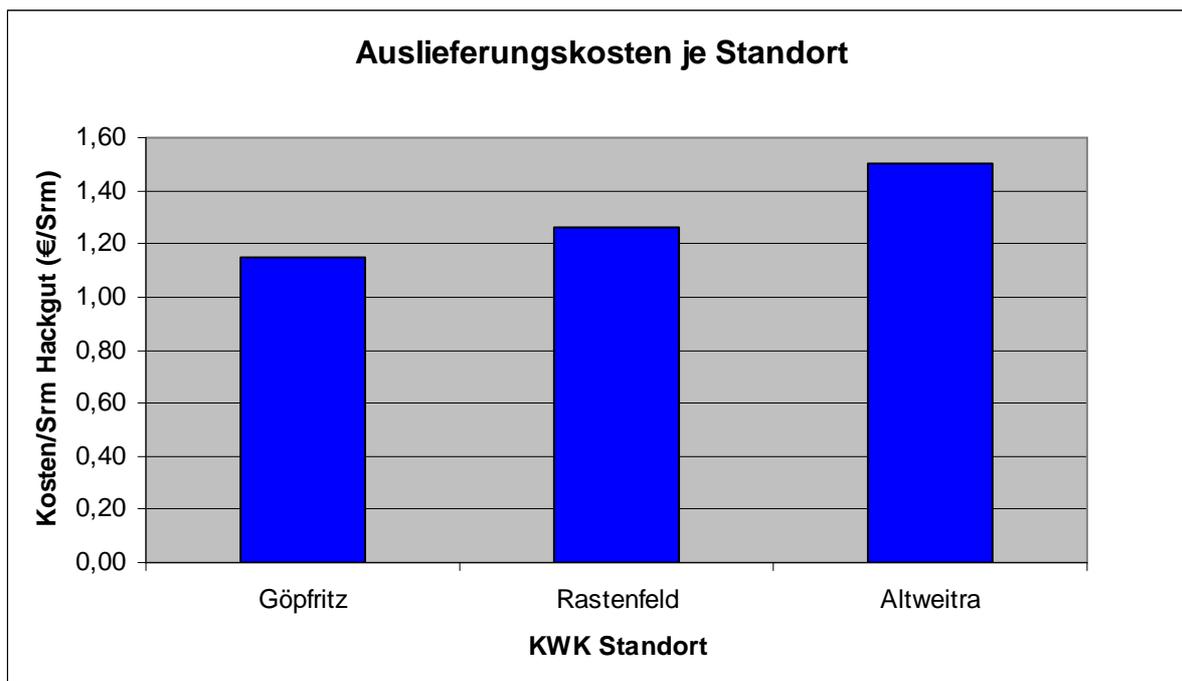


Tabelle 73: Kosten/Srm Hackgut Auslieferung, Szenario B

13.11.4 Lagerung und Beschickung

Aufgrund der gleichen Infrastruktur zur Hackgutlagerung und Beschickung der Hackgutbunker wie beim Szenario A bleiben auch die anfallenden Kosten gleich (vergleiche Punkt 12.11.5).

13.11.5 Gesamtkostenübersicht, Szenario B

Die nachfolgenden Werte und Ergebnisse beziehen sich auf eine Anlieferleistung von 30 % seitens des zentralen Lagerplatzes zu den KWK Standorten und einer jährlichen Verbrauchsmenge von 234.000 Srm Hackgut, also 100%igem Jahresbedarf.

➤ Anfallende Gesamtkosten/Srm Hackgut je KWK Standort

Anfallende Kosten/Srm Hackgut je KWK Standort			
KWK Standort	Göpfritz	Rastenfeld	Altweitra
Kostenstellen			
Lagerplatz (€/Srm)	1,48	1,48	1,48
Hackvorgang (€/Srm)	1,64	1,64	1,64
Auslieferung (€/Srm)	1,15	1,26	1,50
∑ Kosten/Srm Hackgut (€/Srm) zentraler Lagerplatz	4,27	4,38	4,62
Lagerung und Beschickung (€/Srm)	0,76	0,76	0,76
Gesamtkosten/Srm Hackgut (€/Srm)	5,03	5,14	5,38

Tabelle 74: Gesamtkosten/Srm Hackgut je KWK Standort, Szenario B

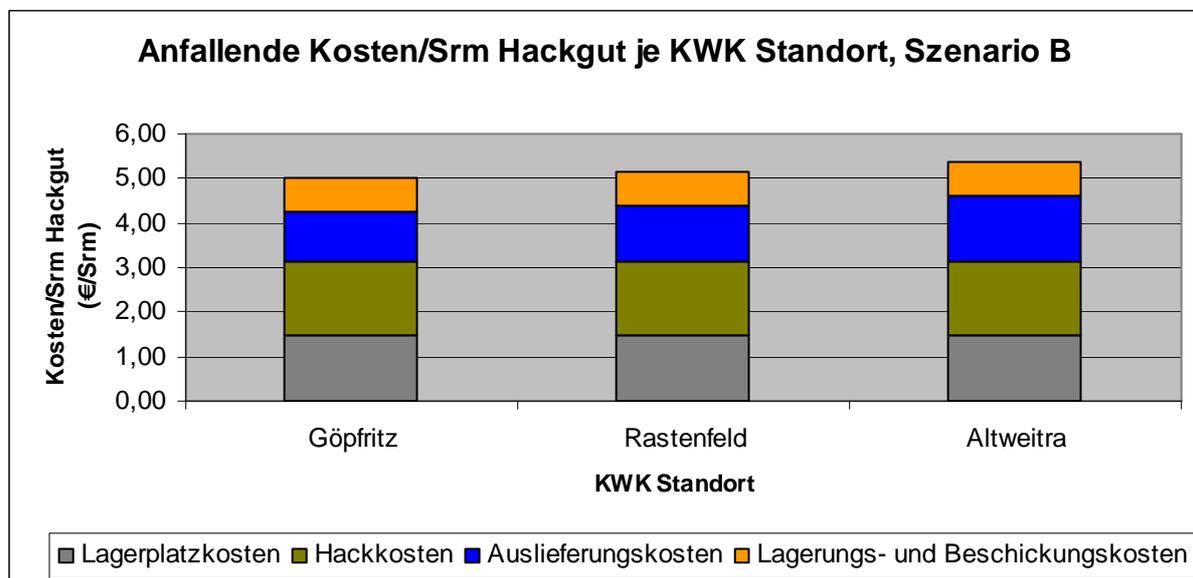


Abbildung 88: Gesamtkosten/Srm Hackgut je KWK Standort, Szenario B

Die Frage ob sich die Versorgungsunterstützung durch den zentralen Lagerplatz gegenüber dem direkten Einkauf von Waldhackgut lohnt, lässt sich durch den Vergleich der Einkaufspreise von Waldhackgut und Biomasse Rundholz ermitteln. Bei einem derzeitigen Preisdelta von € 19/AMM (vergleiche Kapitel 11.2.3) zwischen dem Einkaufspreis von Waldhackgut und Biomasse - Rundholz, darf für die

Aufbereitung, Hacken und Abfuhr von einem Schüttraummeter Hackgut ein Kostenaufwand von € 3,45/Srm nicht überschritten werden. Aus Tabelle 74 ist zu entnehmen, dass sich bei einer 30 %igen Versorgung der Kraftwerke über den zentralen Lagerplatz dies für alle KWK Standorte wirtschaftlich ungünstig auswirkt (Kosten exklusive der Lagerungs- und Beschickungskosten). Auch bei einer Umschlagsmenge von 40 % des jährlichen Jahresbedarfes je Heizwerk, kann die Preisobergrenze von € 3,45/AMM nicht eingehalten werden.

14 Szenario C: „dezentrale Holzlagerung – ungehackt“

14.1 Darstellung des zu untersuchenden Versorgungsszenarios

Die Biomasse wird in Form von Rundholz direkt ans Kraftwerk geliefert. Dort wird das Energieholz am Lagerplatz des jeweiligen Kraftwerkes gelagert und entweder mit einem stationären oder mobilen Hacker zu Hackgut verarbeitet.

Folgende Aufgabenstellungen sind dabei zu klären:

- Erstellung von Entscheidungsgrundlagen zur Auswahl einer stationären oder mobilen Hackanlage bzw. –maschine und Analyse hinsichtlich der Vor- und Nachteile beider Systeme
- Stationäre Hackguterzeugung am Beispiel des KWK Standortes Altweitra
 - Auswahl der Hackmaschinengröße und Leistung
 - Beschreibung des Materialflusses und der Dimensionierung des Vorratslagers
 - Auslegung und Dimensionierung des Energieholzlagerplatzes
 - Arbeitsablaufbeschreibung
 - Personalbedarfsplanung
- Mobile Hackguterzeugung am Beispiel des KWK Standortes Altweitra
 - Übersicht der mobilen Hackguterzeuger im Waldviertel
 - Auslegung und Dimensionierung des Energieholzlagerplatzes
 - Arbeitsablaufbeschreibung
 - Personalbedarfsplanung
 - Kostenvergleich In- und Outsourcing des Hackvorganges
- Kostenberechnung des gesamten Szenarios mit den beiden Hacksystemen, umgewälzt auf die jährlich produzierte Hackgutmenge. Bei der mobilen Hackguterzeugung wird im Fall einer firmeneigenen Maschine gerechnet.
- Kostenvergleich zwischen der Hackguterzeugung mittels einer stationären Hackanlage und einer firmeneigenen mobilen Hackmaschine

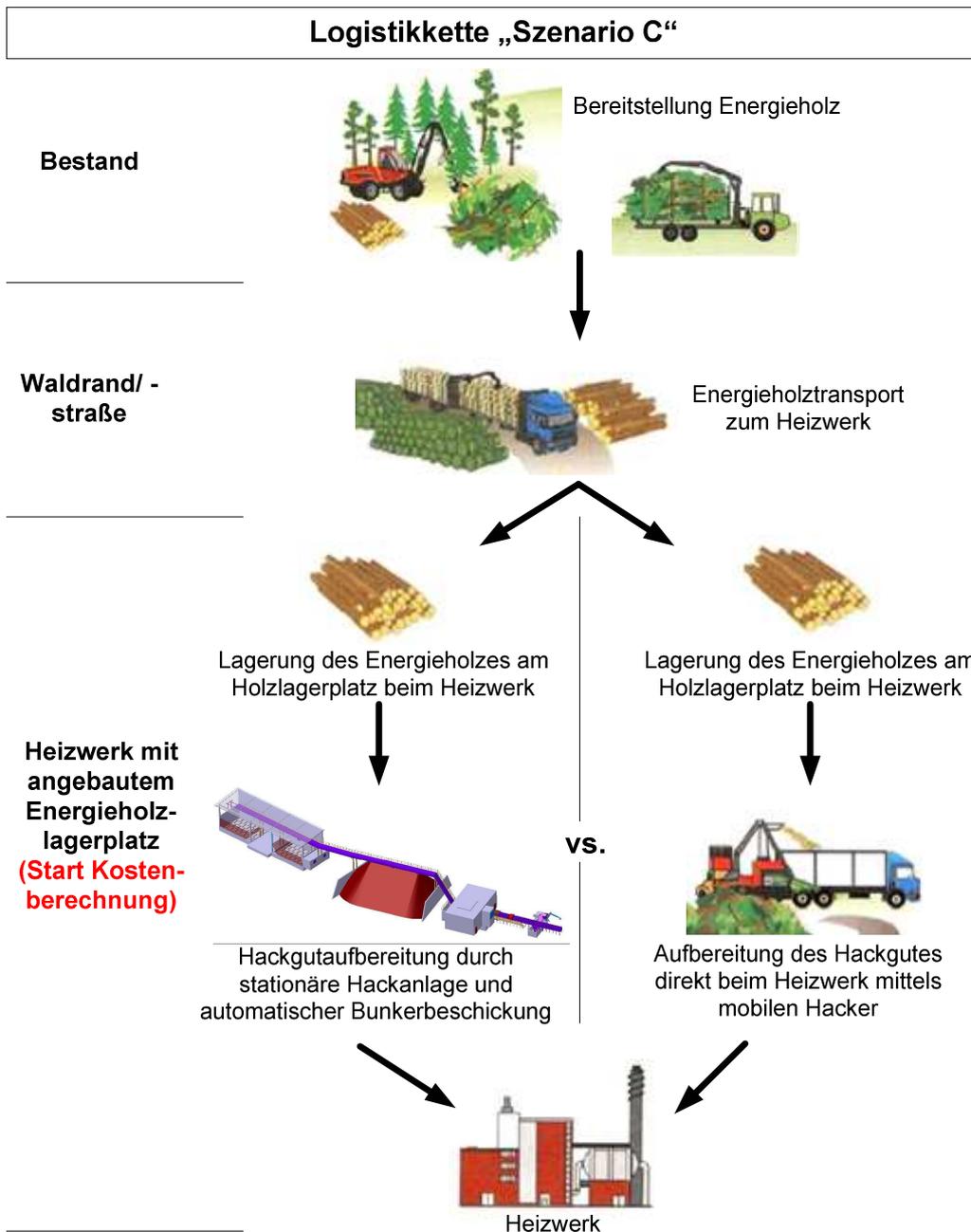


Abbildung 89: Logistikkette „Szenario C“

Die obige Abbildung stellt das zu untersuchende Szenario graphisch dar und zeigt den Start der Kostenberechnung.

14.2 Entscheidungsgrundlagen „Mobiler oder stationärer Hacker“

Um entscheiden zu können ob bei der Hackschnitzelaufbereitung aus Sicht eines Hackgut verarbeitenden Betriebes auf eine stationäre Hackanlage oder auf eine mobile Hackmaschine gesetzt werden soll, müssen zuerst einige Informationen bezüglich der Marktsituation in der Region eingeholt werden. Dabei spielen die Anzahl der mobilen Hackschnitzelerzeuger in der Region und die Entwicklung des Energieholzpreises eine wesentliche Rolle.

Eine große Anzahl an mobilen Hackguterzeugern in der Region erzeugt einen Konkurrenzkampf bei der Hackgutherstellung. Dies führt zu einem enormen Preisdruck innerhalb der Branche und es kommt vor, dass die Arbeiten für die Hackschnitzelerzeugung nahe dem Selbstkostenpreis durchgeführt werden. Die Errichtung einer stationären Hackanlage für die Aufbereitung des Hackgutes aus Sicht eines Biomasseheizwerkes wäre daher nicht sinnvoll, da die auftretenden Kosten pro Schüttraummeter Hackschnitzel bei einer stationären Anlage wesentlich höher anzusetzen sind. Weiters ist durch eine große Anzahl an mobilen Hackguterzeugern auch die Versorgungssicherheit für das Heizwerk gewährleistet, da die Verfügbarkeit an Hackguterzeugern höher ist als bei einer geringen Anzahl an Dienstnehmern.

Ein weiterer Punkt der bei der Auswahl einer mobilen oder stationären Hackmaschine beachtet werden muss, ist der aktuelle bzw. der zukünftige Energieholzpreis. Herrscht ein akuter Engpass bei der Verfügbarkeit von Energieholz so steigt der Energieholzpreis und es entstehen schon beim Einkauf erhöhte Kosten. Deshalb ist es vorhersehbar, dass die bereits angefallenen Mehrkosten bei der Aufbereitung des Energieholzes in Form von Hackgut wieder eingespart werden müssen. Ist jedoch Wetter bedingt zum Beispiel durch Sturm- oder Schneeschäden ein Überangebot an Energieholz vorhanden, so fällt der Energieholzpreis und für die Erzeugung des Hackgutes kann mehr Geld verwendet werden. Hierfür können große stationäre Hackanlagen mit hohem Leistungsvermögen und hoher Versorgungssicherheit gewählt werden.

14.3 Stationäre Hackanlage

14.3.1 Allgemeines

Bei stationären Hackanlagen handelt es sich um einen technischen Systemkomplex der zur Aufbereitung von Biomasse in Form von Hackschnitzel dient. Die großen Stärken einer solchen Hackanlage befinden sich vor allem in der Qualitätssicherung, der hohen Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit sowie der damit verbundenen hohen Versorgungssicherheit der Anlage mit Hackschnitzel.

Durch eine optimale Abstimmung der Hackereinzugsgröße, der Vorschubgeschwindigkeit der Materialzufuhr und des Drehmoments bzw. der Drehzahl der Hackmaschine, kann die Spanqualität der Hackschnitzel optimiert werden. Ein wesentliches Plus der stationären Hackanlagen sind die integrierten Sicherheitseinrichtungen bei der Materialzufuhr. Durch so genannte Störstoffabscheider kann der Verschmutzungsanteil in Form von Erde und Steinen in den Hackschnitzeln sehr gering gehalten werden bzw. vollständig entfernt werden. Weiters sind vor dem Hackeinzug Metalldetektoren angebracht, die beim Erkennen von metallischen Fremdstoffen die Anlage automatisch stoppen können. Diese präventive Sicherheitsmaßnahme führt zu einer längeren Lebensdauer der Hackmesser und verringert somit auch die Schleifkosten der Hackmesser erheblich. Dazu weisen stationäre Hackanlagen bei einer vorschriftsmäßigen Wartung und Instandhaltung eine hohe Zuverlässigkeit bzw. Verfügbarkeit auf. Die Ausfallsrate einer stationären Hackmaschine liegt dabei nahezu bei Null. Durch diese hohe Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit ist somit auch die Versorgungssicherheit eines Heizwerkes hinsichtlich der Materialaufbereitung gewährleistet.

14.3.2 Technische Ausführungen

➤ Materialzufuhr

Die Aufgabe des Rohmaterials erfolgt üblicherweise durch einen Radlader mit Rundholzzange auf einen Querfördertisch oder direkt durch einen Rundholz LKW auf ein Längsförderband. Danach erfolgt die Hackschnitzelaufbereitung vollautomatisch, wie im Kapitel 14.5.5 näher beschrieben wird.

Das Längsförderband dient als Aufgabebereich der Rundhölzer und als Hackerzufuhrband. Dabei ist der Aufgabebereich verstärkt ausgeführt, um die Lebensdauer des Förderbandes zu erhöhen. Eine eventuelle Seitenwanderhöhung im Einwurfbereich erleichtert das Einlegen des Materials.

➤ Biomasse - Trommelhacker

Das Leistungsspektrum der stationären Hackmaschinen bei der Firma Vecoplan reicht von 1 to/h bis zu 150 to/h die über Drehstrommotoren mit bis zu 1.400 kW realisiert werden.

Das Gehäuse (1) eines Trommelhackers zeichnet sich durch ihre kompakte und robuste Bauart aus und reduziert somit die Möglichkeit eines Bauteilbruchs. Die Materialeinzugsschwinge ist, je nach Hackerausführung, mit unterschiedlich vielen Einzugswalzen (2) ausgestattet. Die aggressiv ausgeführten Einzugswalzen sind

Oberflächen gehärtet und daher verschleißfest. Die Schwinge kann bei Verarbeitung von stark unterschiedlichen Stammdurchmessern durch ein hydraulisches Zylinder – Dämpfer – System (3) angehoben bzw. entlastet werden. Somit kann die kompakte Materialzufuhr zum Trommelhacker gewährleistet werden.

Das Trommelrotorgehäuse des Hackers kann über Hydraulikzylinder geöffnet werden und erleichtert damit die Wartungsarbeiten. Die hoch legierten Hackermesser sind 15 – 40 Mal nachschleifbar und können durch die Fliehkeilbefestigung einfach ausgetauscht werden. Bei der Fliehkeil – Hackmesserbefestigung werden die Hackmesser nur durch die aufgrund der Trommeldrehung erzeugte Fliehkraft gespannt. Eine Alternative zur Fliehkeilbefestigung stellt die klassische Schraubklemmung dar.

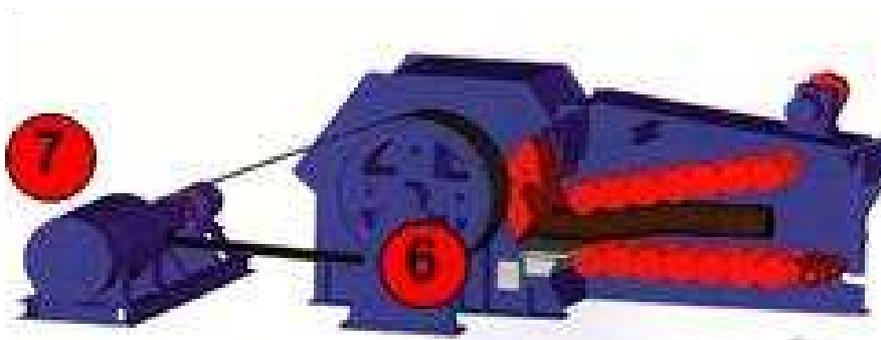
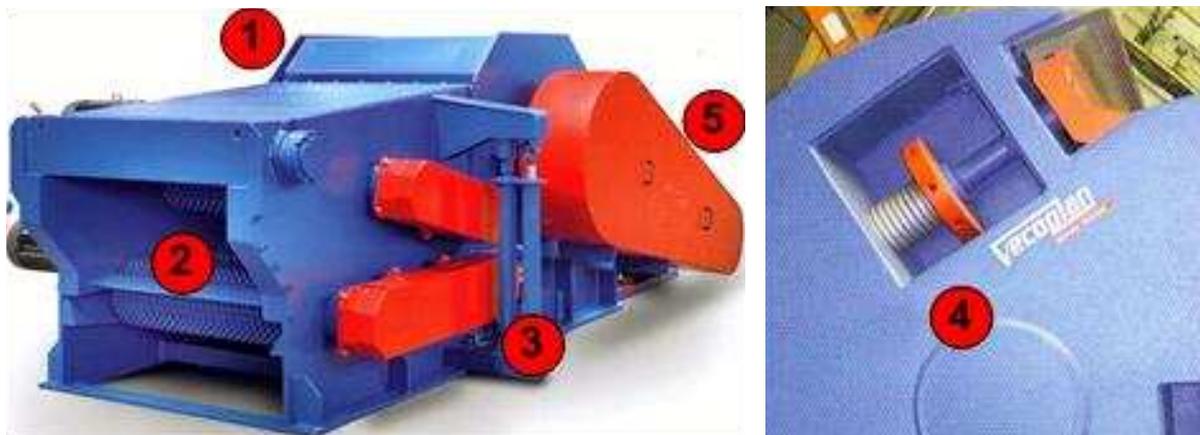


Abbildung 90: Biomasse Trommelhacker (Fa. Vecoplan)

Durch die optimale Auslegung des Verhältnis des Hackertrommeldurchmessers und des maximalen Stammdurchmessers ($\sim 2,25$) kann das Hackermesser immer von oben auf die Holzstämmen einwirken und erleichtert somit die Zerspannung. Dass heißt, der maximale Stammdurchmesser ist immer kleiner als der Radius der Hackertrommel was einen günstigen Schnittwinkel zur Folge hat. Der Antrieb der Trommelhackmaschine erfolgt über einen Elektromotor (7) der das Drehmoment über einen Keilriemenmechanismus (5) und einem Rotor (6) an die Hackertrommelwelle überträgt. Dadurch können Nenndrehmomente bis 22.000 Nm am Trommelrotor erzeugt werden. Die Spitzendrehmomente des Trommelrotors erreichen Werte von bis zu 50.000 Nm.

Technische Daten Biomassehacker VTH ¹⁰⁷			
		VTH 105/60/4	VTH 125/85/14
Einlaufquerschnitt	mm	1050 x 600	1250 x 850
Einzugswalzen	Stk.	4	14
Rotordurchmesser	mm	1300	1800
Werkzeuganzahl	Stk	9	3
Rotordrehzahl	Upm	300	320
Hacklänge	mm	G30 – G100	G30 – G100
Max. Durchsatzleistung	Srm/h	bis 250*	bis 500*
Antriebsleistung (Drehstrommotor)	kW	2x190 – 2x315	630 - 1400
Gewicht ca.	to	30	50

* Abhängig vom Aufgabematerial und Sieblochdurchmesser (Minimalleistung)

Tabelle 75: Technische Daten Biomassehacker VTH



Abbildung 91: Biomassehacker VTH

➤ Materialaustrag

Der Materialaustrag einer stationären Hackanlage erfolgt üblicherweise über einen Fallschacht, einer Doppelförderschnecke und einem Kratzkettenförderer. Nach der Zerspanung gelangt das Hackgut über den Fallschacht zu einer Doppelförderschnecke. Diese hat den Vorteil, dass sie ohne Risiken auch über ihre Förderleistung befüllt werden kann und trotz schwankender Materialzufuhr einen dosierten und gleichmäßigen Materialaustrag gewährleistet. Danach erfolgt die Beförderung des Hackgutes mittels Kratzkettenförderer. Dabei wird das Material im Untergurt befördert und ermöglicht daher einen Abwurf des Materials über mechanische Schieber an jeder gewünschten Stelle. Das Leistungsspektrum reicht dabei von 2 m³/h bis 500 m³/h.

¹⁰⁷ vgl. www.vecoplan.de (03.12.07)

Zusammenfassung der Vor- und Nachteile

Vorteile:

- hohe Durchsatzleistungen (bis 500 Srm/h)
- hohe Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit
- Qualitätssicherung durch optimale Abstimmung der Systemkomponenten und sicherheitstechnische Einrichtungen
- Versorgungssicherheit bei der Materialaufbereitung
- gute Schallisolierung durch Einbettung der Hackanlage in ein Gebäude und einem Lärmschutztunnels beim Hackereinzug (Außenlärm < 85 db). Außerdem treten keine Staubbelastungen für Anrainer durch die Abschirmung des Hackers auf → Keine Probleme bei der Gewerbe genehmigung
- Hackguterzeugung G 100 laut ÖNROM M 7132 möglich

Nachteile:

- kurzzeitig hohe Investitionskosten
- und damit auch kurzfristig hohe Kosten bei der Materialaufbereitung (€/Srm)
- höhere Wartungs- und Instandhaltungskosten als bei der mobilen Einheit

14.4 Mobile Hackmaschinen

14.4.1 Allgemeines

Bei mobilen Hackmaschinen handelt es sich üblicherweise um Aufbauhacker die auf einen LKW als Zugfahrzeug aufgebaut sind. Die Mobilität der Hackmaschine und die geringen Preise bei der Hackschnitzelaufbereitung können als Stärken des Systems gesehen werden. Durch die flexible Einsetzbarkeit kann das Hackholz am Waldrand, bei günstigen Bedingungen sogar schon im Waldbestand bzw. in der Rückegasse, zu Hackschnitzel verarbeitet werden, was sich wiederum günstig auf den Transportvorgang auswirkt, da der Transport von Hackschnitzel billiger als der Transport von Rundholz ist.

Die Materialzufuhr zum Hacker erfolgt direkt über einen Beschickungskran und dadurch kann das Hackholz nicht von eventuellen Verunreinigungen wie bei der stationären Hackanlage gesäubert werden. Deshalb kann es beim Einzug von Steinen oder metallischen Fremdkörpern zu großen Beschädigungen an der Hackmaschine und an den Hackmessern kommen. Dies führt zu einer erhöhten Ausfallsrate und zu einer geringeren Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit im Vergleich zur stationären Hackanlage. Laut Fachberichten¹⁰⁸ gab es in der Vergangenheit immer wieder Versuche, Metalldetektoren in Einzugssysteme von Mobilhackern zu installieren. Eine viel versprechende Lösung wurde dabei bisher nicht gefunden. Eine Schwierigkeit liegt darin, dass die Feldstärke eines Metalldetektors groß sein muss, um im Rundholz Fremdkörper wie Granatsplinter oder andere eingewachsene Metalle zu erkennen. Im Umfeld des Metalldetektors sind gleichzeitig viele metallische Bauteile des Hackers angebracht, die sich zum Teil bewegen, wie das Einzugssystem oder die Greifer des Beschickungskranes. Daher kommt es zu einer geringen Verlässlichkeit des Systems mit hoher Fehlerquote. Dies führt wieder zu höheren Stehzeiten und Unterbrechungen der Maschine und verringert somit die Durchsatzleistung. Dazu kommt noch die starke Vibrationsbelastung eines Mobilhackers, die der empfindlichen Elektronik stark zusetzt und die Lebensdauer verkürzt.

Weiters ist anzumerken, dass mobile Hackmaschinen niemals so robust wie eine stationäre Hackanlage ausgeführt werden können, da sie sonst die Verkehrsvorgaben hinsichtlich dem maximal zulässigen Gewicht und den Fahrzeugabmessungen verletzen würden. Daher sind gewisse Nachteile gegenüber der stationären Hackanlage bezüglich der Robustheit gegeben.

14.4.2 Technische Ausführungen

Die Hackmaschine kann wahlweise zum Aufbau auf ein Fahrgestell, als „Abrollversion“ auf einem Hakenliftrahmen, auf einem Raupenlaufwerk für extreme Geländebedingungen, auf einem LKW oder auf einem Forwarder gefertigt werden. Für die Beschickung ist ein eigener Ladekran mit unterschiedlichen Reichweiten montiert. Neben dem Austrag über ein Schleuderrad ist auch eine Ausführung mittels Förderband üblich. Zur Erleichterung der Materialzufuhr und zur Erhöhung der Beweglichkeit wird die Maschine oftmals auf einen Baggerdrehkranz oder einem Zahnradschwenkwerk aufgesetzt.

¹⁰⁸ vgl. Denkinger Bernhard: Wie forstliche Hacker arbeiten, in: LWFaktuell, 2005, 48, S.21-23

➤ Bauarten

Nach der Art der Messeranordnung unterscheidet man Schneckenrad-, Scheibenrad- und Trommelhacker.

Beim Schneckenradhacker wird das Material in axialer Richtung einer kegelförmigen Schnecke zugeführt, die das Energieholz mittel Außenrand der Schnecke schneidet und durch die Steigung der Schnecke das Hackgut abgespalten wird.

Beim Scheibenhacker sind die Hackmesser an der Stirnseite einer Stahlscheibe angebracht. Das Hackholz wird dabei in einem bestimmten Winkel (45°) zur Scheibe zugeführt. Durch Öffnungen vor den Messern an der Scheibe wird das erzeugte Hackgut abgeführt. Durch Veränderung der Messeranzahl und der Drehzahl kann die Hackgutgröße variiert werden.

Die am öftesten verwendete Hackerausführung bei mobilen Einheiten ist der Trommelhacker.

Dabei sind über den Mantel einer zylindrischen Trommel Messer angeordnet. Das Material wird im rechten Winkel zur Hackerwelle geführt und die Schnittgeschwindigkeit ist gleichmäßig. Vor den Messern sind Hohlräume (Schnitzeltaschen) angebracht. Die Hackschnitzel fließen daher zwangsweise nach außen ab. Durch die Veränderung der Drehzahl, der Hackmesseranzahl und der Schneidelänge lässt sich die Größe der Hackschnitzel variieren. Um einen optimalen Schnittwinkel zu erreichen, und damit eine hohe Hackgutqualität, soll der maximale Holzdurchmesser etwa bei 2/3 des Rotordurchmessers liegen. Der große Vorteil gegenüber den anderen Bauarten liegt in der hohen Leistung bei der Hackguterzeugung.

Technische Daten Mobilhacker JENZ HEM 700 & 1000¹⁰⁹			
		HEM 700	HEM 1000
Einzugsöffnung	mm	700 x 990	1.000 x 1.000
Einzugsrichtung		Längseinzug	Quer- /Längseinzug
Rotordurchmesser	mm	1.040	1.450
Messeranzahl	Stk	10 - 20	20
Max. Durchsatzleistung	Srm/h	220*	250*
Antriebsleistung (Dieselmotor)	kW	440 - 480	440 - 480
Gewicht ca. (ohne Fahrwerk)	to	18,4	18,5
Materialaustrag		Gebläse oder Förderband	
Abmessungen	m (l x b x h)	9,15 x 2,55 x 3,90	/

* theoretische Maximalleistung

Tabelle 76: Technische Daten Mobilhacker JENZ

¹⁰⁹ vgl. www.jenz.de (03.12.07)

Abbildung 92: Mobilhacker Jenz HEM 700¹¹⁰

Zusammenfassung der Vor- und Nachteile

Vorteile:

- hohe Flexibilität bezüglich des Hackortes aufgrund der verschiedenen Aufbaumöglichkeiten
- relativ hohe Leistung (bis 250 Srm/h)
- kurzfristig geringere Investitionskosten gegenüber einer stationären Hackanlage

Nachteile:

- höhere Ausfallsrate im Vergleich zur stationären Hackmaschine, die durch Verschmutzungen (Störstoffe) des Hackmaterials herrühren
- durch die hohe Ausfallsrate ist eventuell die Versorgungssicherheit in Gefahr
- hohe Staub- und Lärmentwicklung (→ eventuell Anrainerbeschwerden)
- hohe Treibstoffkosten unter Berücksichtigung der derzeitigen Preisentwicklung der Kraftstoffe
- Wird der Hackvorgang beim Heizwerk durchgeführt, muss dieser in die Betriebsgenehmigung miteinbezogen werden, auch wenn der Hackvorgang nur einmal im Jahr stattfindet. Die Hackgenehmigung kann durch die hohe Lärm- und Staubbelästigung für die Anrainer in Gefahr sein.

¹¹⁰ vgl. www.jenz.de (20.01.08)

14.5 Stationäre Hackanlage am Beispiel Altweitra

14.5.1 Größenwahl der stationären Hackmaschine

Das Herzstück der gesamten stationären Hackanlage ist die Hackmaschine. Sie ist die teuerste Systemkomponente auf die alle anderen Komponenten wie die Zu- und Abfuhr abgestimmt werden müssen. Um bei der Zerspanung des Hackholzes eine optimale Leistung und Hackschnitzelqualität gewährleisten zu können, muss die Hackmaschine und vor allem der Hackereinzug auf das Eingangsmaterial optimal angepasst werden.

Die Eingangsdaten für die Auswahl eines Hackers sollten mindestens folgende Daten beinhalten:

- erforderliche Mindesthackleistung pro Stunde
- Sortimentslänge des Rundholzes
- Durchschnittlicher Rundholzdurchmesser
- Maximaler Rundholzdurchmesser
- Anteile von Weichholz (Nadelhölzer, Weiden, Pappel,...) und Hartholz (Buche, Eiche,...) an der Gesamtrohstoffmenge

Erst durch diese Informationen bezüglich des Eingangsmaterials kann ein optimal auf den Rohstoff abgestimmter Hacker aus dem Leistungsspektrum ausgewählt werden.

14.5.2 Eingangsdaten zur Hackerauswahl am Standort Altweitra

14.5.2.1 Mindestens erforderliche Hackerleistung

Der Jahresverbrauch der KWK – Anlage beläuft sich bei Volllastbetrieb und 8.000 Betriebsstunden pro Jahr auf 234.000 Srm Hackschnitzel. Abzüglich der Wochenenden und der Feiertage ergibt das eine reine Arbeitszeit von rund 230 Arbeitstagen. Das erfordert eine minimale Leistung der Hackmaschine von etwa 128 Srm/h.

$$\text{min. erforderl. Leistung} = \frac{234.000 \text{ Srm}}{230 \text{ Tage} * 8 \text{ h/Tag}} = 127,2 \text{ Srm/h}$$

Formel 19: erforderliche Hackerleistung - stationärer Hacker, Szenario C

14.5.2.2 Eingangsdaten bezüglich des Rohstoffes

Um die Eingangsdaten für die Auswahl eines geeigneten Hackers ermitteln zu können, wurden am Lagerplatz Altweitra Stichproben hinsichtlich des Durchmessers der Rundhölzer und der Holzart (Hart- oder Weichholz) entnommen.

➤ Vorgangsweise bei der Stichprobenentnahme

Die Stichprobenentnahme erfolgte in Anlehnung an das Stirnflächenverfahren.¹¹¹ Dabei werden je nach Losgröße Markierungslinien in einem gewissen Abstand am Holzpolter in vertikaler Linie angebracht.

Geschätzte Losgröße in fm	Abstand der Markierungslinien in Meter
60 – 120 fm	0,5 m
121 – 300 fm	1,0 m
> 300 fm	2,0 m

Tabelle 77: Losgröße - Markierungslinien

Danach erfolgt die Messung nach folgenden Regeln:

- an der Poltervorderseite und der Polterrückseite sind an allen denjenigen Stücken die Stirnflächendurchmesser ohne Rinde zu ermitteln, die von Markierungslinien berührt werden.
- Die Stirnflächen deutlich erkennbarer Erdstammstücke dürfen nicht gemessen werden
- Messung bis Reichhöhe einheitlich waagrecht, darüber einheitlich senkrecht.
- Auch bei Durchmessern > 20 cm o.R. keine Kreuzmessung.
- Forstübliche Abrundung der ermittelten Stirnflächendurchmesser auf ganze Zentimeter

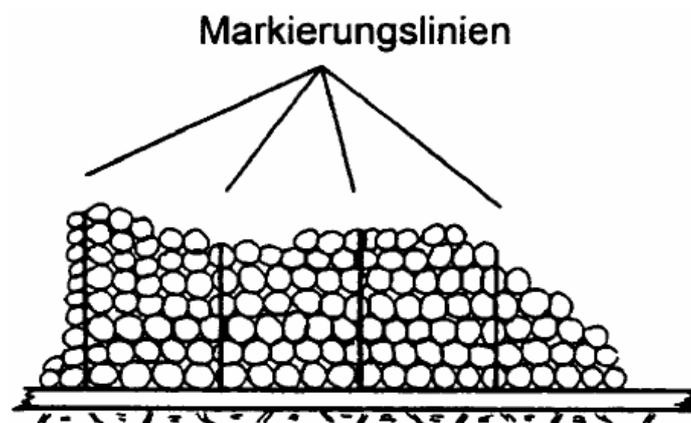


Abbildung 93: Darstellung Markierungslinien

Insgesamt wurden an einem Holzpolter am Lagerplatz Altweitra 200 Stichproben bezüglich des Durchmessers und der Holzart entnommen. Der Abstand der Markierungslinien wurde dabei mit 2 m gewählt, da die Losgröße über 1.000 fm betrug.

Da für die Auslegung des Materialeinzugs der größte Durchmesser der Stämme und auch die Erdstämme von Bedeutung sind, wurde bei der Auswertung der Stichproben jeweils auf den größeren Durchmesser der abgemessenen Stämme zurückgegriffen.

¹¹¹ vgl. <http://www.wald-rlp.de/fileadmin/website/downloads/wertholz/rva.pdf>, 27.11.07

➤ Ergebnisse der Stichprobenentnahme

- Sortimentslänge → einheitlich 4 m Rundholz

Über die Sortimentslänge kann die Länge der Förderbänder bei der Zuführung des Materials zur Hackmaschine bestimmt werden. Die Sortimentslänge ist verantwortlich für die Breite des Querfördertisches der das Material vereinzelt und zum Längsförderer transportiert. Weiters können die einzelnen Elemente der Materialzufuhr wie zum Beispiel der Durchmesserbegrenzer und der Metalldetektor in einem optimalen Abstand in Serie geschaltet werden, ohne dass das Handling der Rundhölzer bei auftretenden Störungen mit dem dazu vorgesehenen Kran, negativ beeinflusst wird.

- Mittlerer Rundholzdurchmesser → 19,80 cm

Zusätzlich zum mittleren Durchmesser der Rundhölzer wurden die Stichproben in Form eines Histogrammes dargestellt um die Häufigkeitsverteilung der verschiedenen Durchmesser sichtbar zu machen. Die Klasseneinteilung erfolgt dabei in einer Größenordnung von 5 cm.

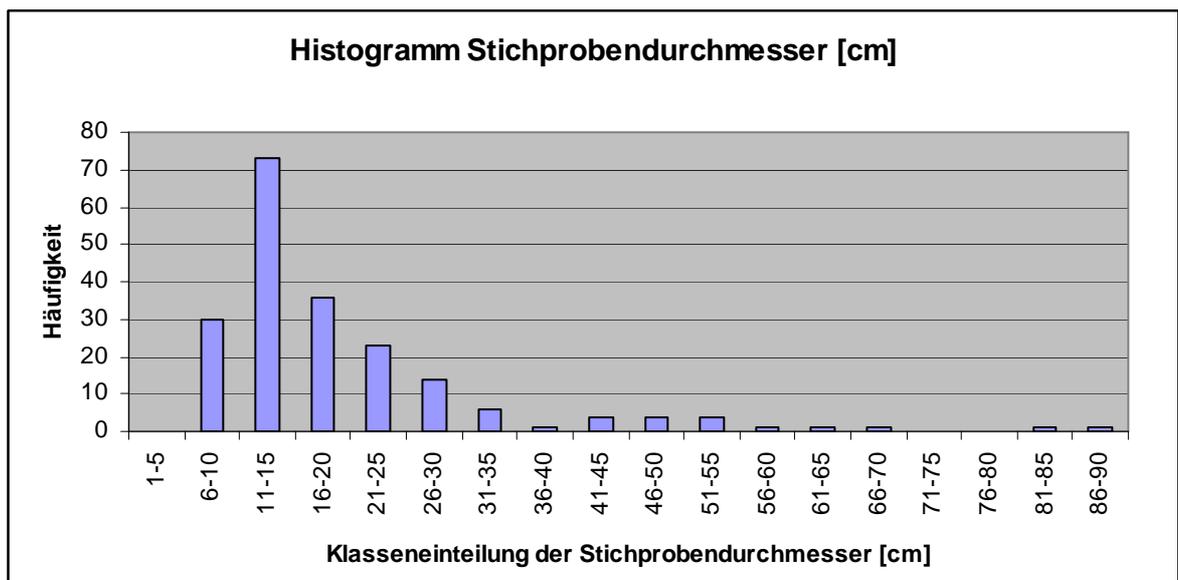


Abbildung 94: Histogramm Stichprobendurchmesser (cm)

- Maximaler Rundholzdurchmesser → 90 cm
- Holzart (Weich-, Hartholz) → 97,50 % Weichholz
2,50 % Hartholz

Nur bei fünf Stichproben der insgesamt 200 verschiedenen Messwerte handelte es sich um Hartholz.

14.5.3 Auswahl der stationären Hackmaschine

Durch die Analyse des Histogramms und des mittleren und maximalen Rundholzdurchmessers kann nun auf die Größe des nötigen Hackereinzuges in Form eines Kastenquerschnittes geschlossen werden. Die minimal benötigte Menge an Hackschnitzel pro Stunde, die Holzart und der Kastenquerschnitt des Hackereinzuges bestimmen dabei die nötige Antriebsleistung der Hackmaschine.

Knapp 90 % der gesamten Messwerte befinden sich in einem Durchmesserbereich zwischen 5 und 30 cm. Damit könnte der Hackeinzug mit etwa 30 – 35 cm sehr klein gehalten werden. Die restlichen Anteile der Rundhölzer müssten mit einer Spaltmaschine auf den nötigen Durchmesserbereich gebracht werden. Weiters würde dies jedoch auch einen gezielten Einkauf im Bezug auf das Rundholz erfordern um die Spaltarbeit in Grenzen zu halten, was in der Praxis natürlich nicht möglich ist.

Daher ist es besser den Hackeinzug auf etwa 60 cm zu vergrößern und nur die Ausreißer im Histogramm (2 % > 60 cm) durch Spalten auf die nötige Größe zu bringen. Außerdem muss beachtet werden dass viele Rundhölzer gekrümmt sind und daher nicht alle Stämme bis 60 cm Durchmesser gehackt werden können. Das heißt, ein gekrümmter Stamm mit zum Beispiel 40 cm Durchmesser kann den gleichen Kastenquerschnitt wie ein gerader Stamm mit 60 cm Durchmesser erfordern.

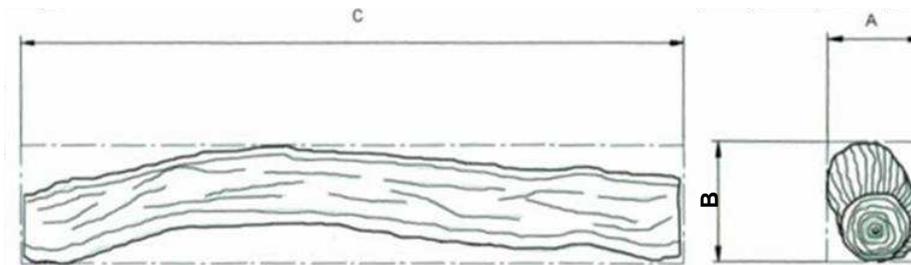


Abbildung 95: Kastenquerschnitt Rundholz

Der Kastenquerschnitt wird daher für die am Lagerplatz befindlichen Rundhölzer unter Berücksichtigung der Stichproben mit $A = 60$ cm und $B = 105$ cm gewählt. Weiters muss auch die Antriebsleistung für die Hackmaschine richtig gewählt werden.

Die Antriebsleistung kann dabei ausschließlich für die benötigte minimale Menge an Hackschnitzel pro Stunde (128 Srm/h) und des erforderlichen Kastenquerschnittes ausgelegt werden, da der Hartholzanteil, ein hoher Hartholzanteil würde die Antriebsleistung bei gleichem Kastenquerschnitt in die Höhe treiben, vernachlässigbar klein ist. Die erforderliche Antriebsleistung für eine Hackmaschine in dieser Größenordnung liegt dabei zwischen 2 x 200 – 315 kW.

➤ **Gewählter stationärer Biomassehacker**

Schlussendlich wurde ein stationärer Biomasse-Hacker VTH 60 der Firma Vecoplan ausgewählt.

Technische Daten Biomassehacker VTH 105/60/4		
Einlaufquerschnitt	mm	1.050 x 600
Einzugswalzen	Stk.	4
Rotordurchmesser	mm	1.300
Werkzeuganzahl	Stk	9
Rotordrehzahl	Upm	400
Hacklänge	mm	50
Durchsatzleistung	Srm/h	160*
Antriebsleistung	kW	2 x 250
Gewicht ca.	to	23

*Nachhaltige Leistung (Durchschnittliche Tagesleistung)

Tabelle 78: Gewählter stationärer Biomassehacker

➤ **Tatsächliche tägliche Einsatzzeit**

Aufgrund der Stundenleistung von 160 Srm/h des gewählten stationären Hackers verringert sich die tägliche Arbeitszeit auf etwa 6,4 Stunden der gesamten Hackanlage.

$$\text{tägliche Einsatzzeit} = \frac{234.000 \text{ Srm}}{230 \text{ Tage} * 160 \text{ Srm} / h} = 6,36 \text{ h}$$

Formel 20: tägliche Einsatzzeit stationärer Hacker

14.5.4 Lagebeschreibung der stationären Hackanlage

➤ Lageplan Hackanlage

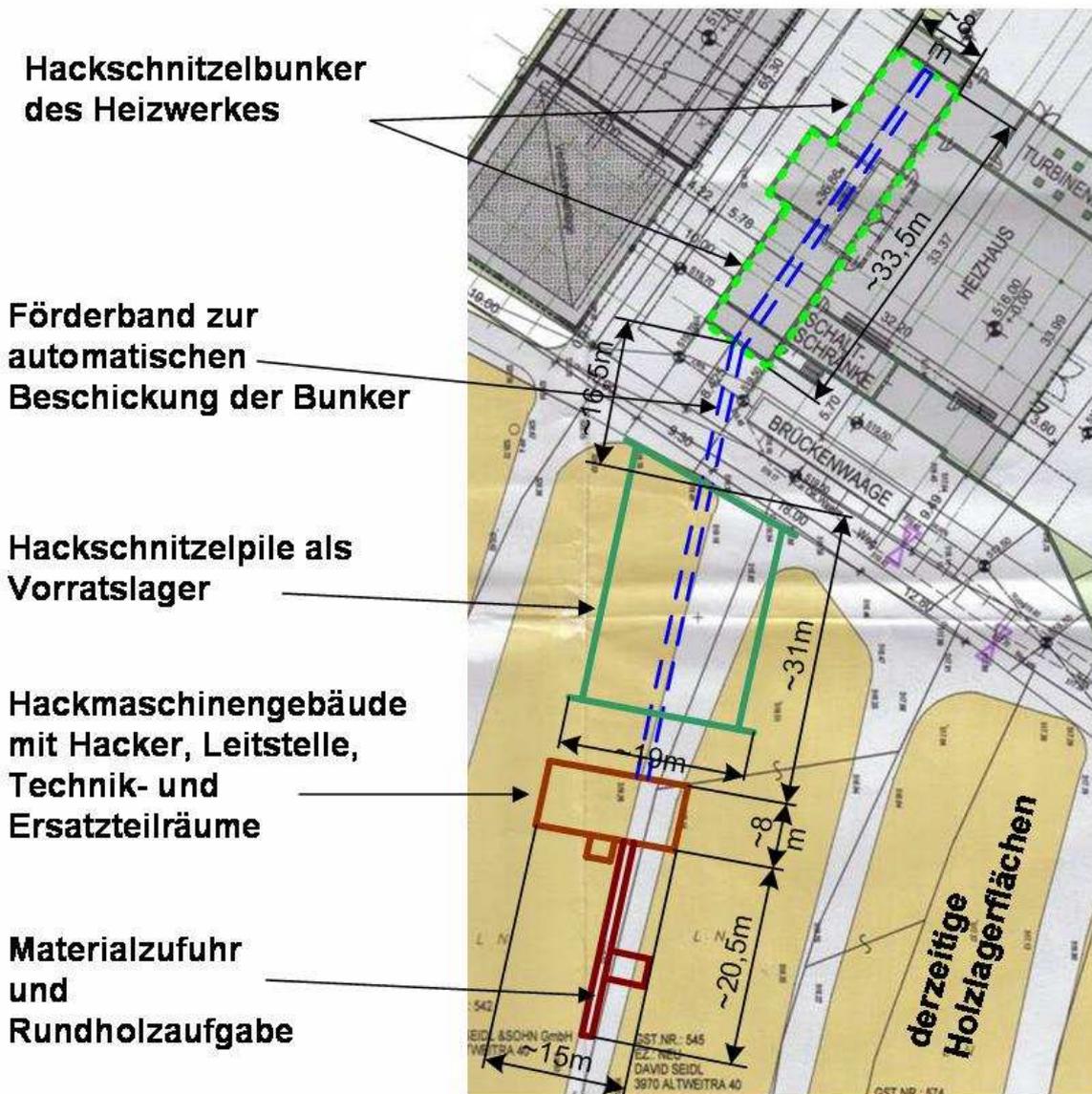


Abbildung 96: Lageplan stationäre Hackanlage Altweitra

Die Lageplanskizze zeigt die groben Grundrisse der stationären Hackanlage inklusive der beiden Hackschnitzelbunker beim Heizkraftwerk und den wichtigsten Abmaßen. Die stationäre Hackanlage ist dabei direkt in den Rundholzlagerplatz hineingeplant. Dies ist für die Materialzufuhr von großer Bedeutung, da nur ein kurzer Weg bei der Bringung der Rundhölzer zurückgelegt werden muss. Weiters ist das Hackschnitzelpile direkt hinter dem Hackmaschinengebäude und so nah als möglich bei den Hackschnitzelbunkern angeordnet damit auch bei der Beschickung der Bunker mittels Radlader möglichst geringe Weglängen zurückgelegt werden müssen.

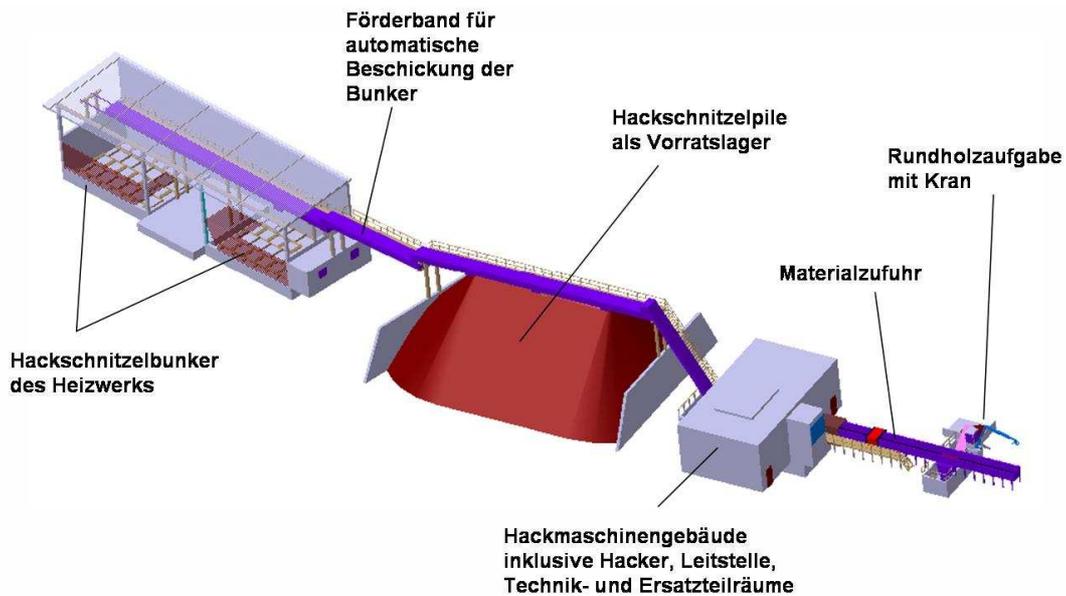


Abbildung 97: 3D - Ansicht stationäre Hackanlage Altweitra

14.5.5 Technische Beschreibung, Materialfluss

Als nächstes werden die Abschnitte der Hackanlage, inklusive der Bunkerbeschickung, einzeln beschrieben. Diese gliedern sich in folgende Komponenten:

- Materialzufuhranlage und Hackmaschinengebäude
- Hackschnitzelpile (Hackschnitzelvorratslager)
- Hackschnitzelbunker beim Heizwerk mit Beschickung über Förderband

14.5.5.1 Materialzufuhranlage mit Hackmaschinengebäude

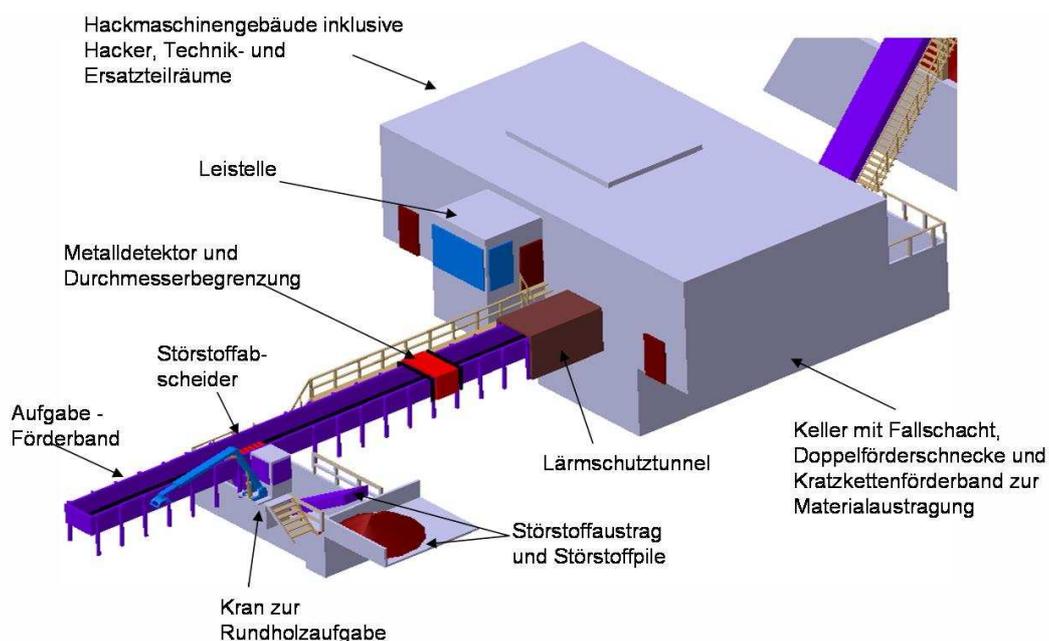


Abbildung 98: Materialzufuhr mit Hackmaschinengebäude, Szenario C

Das Rundholz wird vom Lagerplatz mittels einem Radlader und einer Rundholzzange zum Materialaufgabebereich gebracht. Danach erfolgt die Beschickung des Aufgabetisch – Förderbandes durch den Kran. Durch die Aufgabe des Materials mittels Drehkran kann das Rundholz gebündelt und in angemessenen Mengen auf das Förderband gelegt werden. Das Aufgabebänder hat dabei eine Breite von rund 1 m und ist im Aufgabebereich der Rundhölzer verstärkt ausgeführt, damit kein großer Verschleiß auftritt. Die Fördergeschwindigkeit beträgt etwa 30 m/min. Nach dem Aufgabebereich passiert das Rundholz den Störstoffabscheider. Durch quer zur Laufrichtung angebrachte Rollen, können lose Rindenstücke sowie Steine und Erde abgesondert werden. Die Störstoffe fallen in einen unter dem Förderband angebrachten Trichter und werden über einen Kratzkettenförderer auf einen Störstoffhaufen ausgetragen. Das nun „gesäuberte“ Hackholz wird über das Hackerzuführband zur Durchmesserbegrenzung und zum Metalldetektor weitergefördert. Durch den Metalldetektor werden „Non Ferrite und Ferrit“ im Hackholz erkannt. Ist dies der Fall, kann die Materialzufuhr durch den Bediener in der Leitstelle angehalten werden und über den Aufgabekran kann das bestimmte Rundholz von der Anlage entfernt werden. Ebenso bei Rundhölzer die den Durchmesserbegrenzer überschreiten. Als nächstes werden die Rundhölzer zum Hackereinzug gefördert. Das Hackerzuführband hat eine Fördergeschwindigkeit von 30 m/min und ist genau auf die Leistung des Biomassehackers VTH 60 abgestimmt. Der vorgeschaltete Lärmschutz tunnel dämpft dabei den Hacklärm auf weniger als 85 db ab. Nach dem Hacken der Rundhölzer fallen die Hackschnitzel unmittelbar hinter der Maschine über einen Fallschacht in eine Doppel – Förderschnecke, die einen kontinuierlichen Austrag der Hackschnitzel zum Kratzkettenförderer gewährleistet. Die Förderleistung der Doppel – Trogförderschnecke beträgt dabei in etwa 160 Srm/h und ist auf die Leistung der Hackmaschine abgestimmt.

14.5.5.2 Hackschnitzelpile (Hackschnitzelvorratslager)

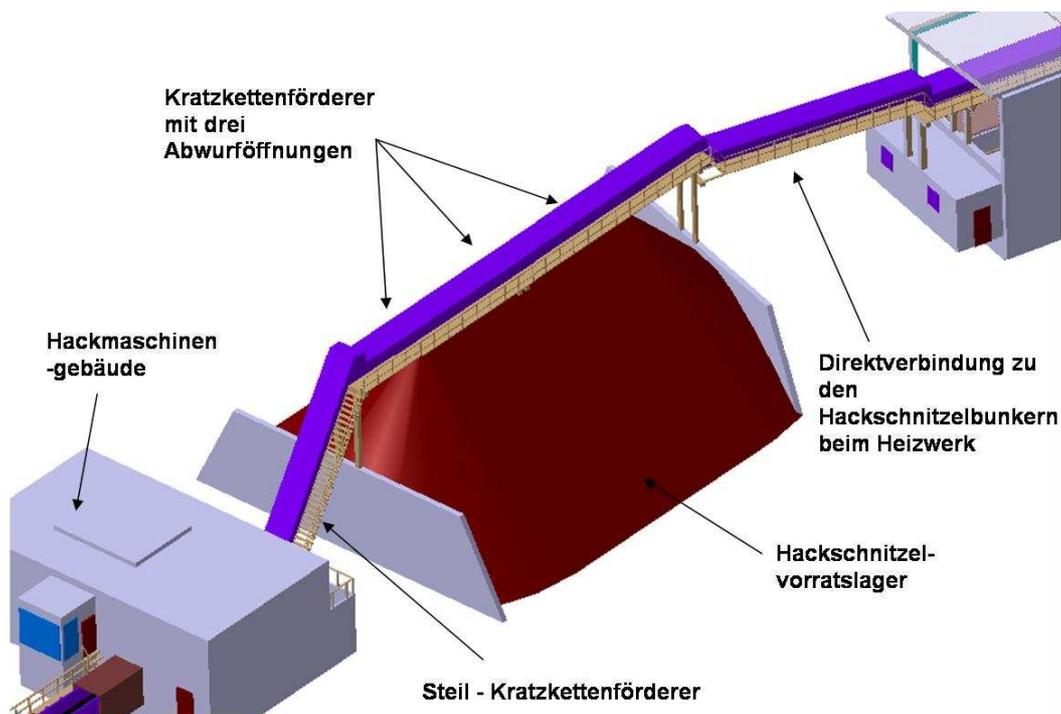


Abbildung 99: Hackschnitzelpile, Szenario C

Über den Steil – Kratzkettenförderer (maximaler Steigungswinkel 75°) werden die Hackschnitzel direkt aus dem Hackmaschinengebäude zum Hackschnitzelvorratslager weitertransportiert. Dort kann das Hackgut über drei Abwurföffnungen, realisiert über mechanische Schieber, gleichmäßig am Vorratslagerplatz verteilt werden. Das Hackschnitzelvorratslager hat eine mittlere Länge von 24 m und eine Breite von 19 m. Das Hackgut kann bis zu einer maximalen Höhe von 9,5 m aufgeschüttet werden und hat ein rechnerisches Fassungsvermögen von rund 2.000 Srm (entspricht einem Bedarf von etwa 2,9 Tagen), wobei in Folge der Setzung durch die Eigenmasse des Hackguthaufens wesentlich mehr Material gelagert werden kann. Weiters besteht eine Verbindung des Kratzkettenförderers mit den Hackschnitzelbunkern beim Heizwerk.

14.5.5.3 Hackgutbunker mit Förderbandbeschickung

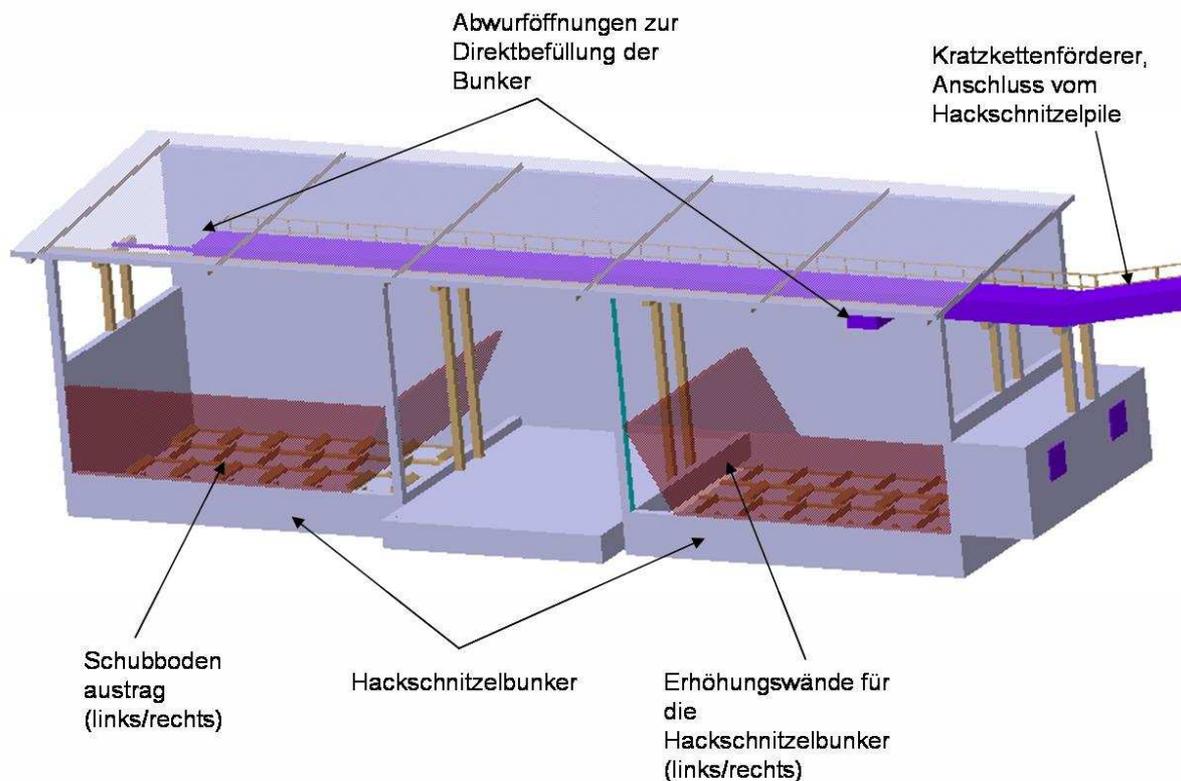


Abbildung 100: Hackgutbunker mit Förderbandbeschickung, Szenario C

Durch die Direktverbindung des Hackmaschinengebäudes mit den Hackschnitzelbunkern beim Heizwerk ist eine hohe Flexibilität bei der Bunkerbeschickung möglich. Während die Hackanlage tagsüber in Betrieb ist, können die Hackschnitzelbunker vollautomatisch über den Kratzkettenförderer durch Umschalten der jeweiligen Abwurföffnungen aufgefüllt werden. Ist kein Bedarf an Hackschnitzel bei den Bunkern nötig, kann in der Zwischenzeit das Vorratslager aufgefüllt werden. Durch die Aufsatzwände ist es möglich, das Fassungsvermögen der Bunker (Gesamtabmaße L x B x H: 11,5 x 8 x 4,5 m) insgesamt auf rund 420 Srm (Tagesbedarf pro Bunker ~ 350 Srm) je Hackgutbunker auszudehnen. Beim Austrag der Hackschnitzel über einen Schubboden muss dabei eine Höhenrestriktion

von maximal 4,5 m Lagerhöhe¹¹² beachtet werden. Hintergrund für diese Einschränkung ist demnach die erhöhte Flächenpressung auf die bodennahen Hackschnitzel aufgrund des wachsenden Gesamtgewichtes der Hackschnitzel mit der Lagerhöhe. Durch die gegensätzlichen Bewegungen beim Schubbodenaustrag könnte es teilweise zur Pressung der Hackschnitzel kommen. Dies wiederum kann bei einem hohen Feinanteil der Hackschnitzel dazu führen, dass sich das Hackgut so stark verdichtet, dass die Funktionsfähigkeit des Schubbodenaustrags wesentlich beeinträchtigt werden kann. Deshalb ist für Hackschnitzel die maximale Lagerhöhe von 4,5 m beim Schubbodenaustrag unbedingt einzuhalten.

14.5.6 Auslegung des Energieholzlagerplatzes

Die stationäre Hackanlage, inklusive des Hackschnitzelvorratslagers, ist direkt in den Energieholzlagerplatz integriert. Dies begünstigt natürlich die Materialversorgung der stationären Hackanlage, die von einem Radlader übernommen wird.

Als Rohstoffpuffer soll am Lagerplatz etwa ein Materialbedarf für zweieinhalb Monate vorhanden sein. Dadurch können eventuelle Engpässe beim Rundholzeinkauf bzw. die Wintermonate, in denen ein Arbeiten im Wald nicht immer möglich ist, überbrückt werden. Bei einem Jahresverbrauch von 93.600 fm Energieholz ergibt das eine Menge von 19.500 fm die als Vorrat gelagert werden müssen. Als Flächenbedarf für diese Lagermenge und dem zusätzlich benötigten Platzbedarf für die stationäre Hackanlage bzw. dem Hackgutvorratslager wird eine Fläche von 1,5 ha eingeplant (vergleiche Kapitel 6). Dies gilt auch für das im Kapitel 14.6 behandelte Szenario „Mobile Hackguterzeugung am Beispiel Altweitra“. Anstatt des benötigten Platzbedarfes für die stationäre Hackanlage ist in diesem Szenario eine Lagerhalle für das Hackgut eingeplant.

➤ Übersicht Lagerplatz

Übersicht Lagerplatz	
Größenumfang	1,5 ha
Lagerkapazität	19.500 fm
Vorrats - Reichweite	2,5 Monate
Lagerumschlagshäufigkeit/Jahr	4,8 mal

Tabelle 79: Übersicht Lagerplatz, Szenario C

¹¹² vgl. mündliche Mitteilung: Ing. Uwe Geissler, Verkauf, Firma Vecoplan (16.11.2007)

➤ **Umschlagshäufigkeit des Lagerplatzes**

$$\text{Lagerumschlagshäufigkeit} = \frac{\text{Verbrauch pro Periode (Stk, fm, Srm,...)}}{\text{durchschnittlicher Lagerbestand (Stk, fm, Srm,...)}} =$$

$$\text{Lagerumschlagshäufigkeit} = \frac{93.600 \text{ fm / Jahr}}{19.500 \text{ fm / Jahr}} = 4,8$$

Formel 21: Lagerumschlagshäufigkeit, Szenario C

Da der Lagerplatz als Puffer dienen soll, ist der Materialverbrauch des Heizwerkes mit der Holzfuhr abgestimmt. Bei einem Tagesverbrauch von 280 fm, müssen während der Woche, täglich etwa 392 fm Energieholz angeliefert werden, um den Lagerstand konstant halten zu können. Dies entspricht einer Menge von 15 Rundholz LKW Fuhren/Tag zu je 26 fm Holz.

➤ **Bauliche Ausführung des Lagerplatzes siehe Kapitel 6**

14.5.7 Arbeitsablaufbeschreibung stationäre Hackguterzeugung

Die Arbeitszeiten während der Woche sind von 7 – 12 Uhr und von 13 – 16 Uhr angesetzt. Zum Betrieb der Hackanlage werden zwei Personen, ein Radladerfahrer und einen Bediener der Leitstelle, benötigt. Dabei ist der Radladerfahrer für die kontinuierliche Zufuhr des Rundholzes verantwortlich. Der Aufgabekran kann direkt von der Zentrale, also vom Leiststellentechniker, bedient werden. Dieser ist somit für die Beschickung des Förderbandes verantwortlich. Weiteres ist er für die Überwachung sowie die Steuer- und Regelung der Förderbänder bzw. des Materialeinzugs zuständig. Außerdem kann er den Materialaustrag auf das Hackschnitzelpile sowie die Befüllung der Hackschnitzelbunker regeln. Um an der stationäre Hackanlage die nötigen Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten wie zum Beispiel das Schleifen oder Tauschen der Hackmesser durchführen zu können, ist es von Vorteil die Hackschnitzelbunker am Wochenende mittels Radlader zu füllen. Dabei wird das benötigte Hackgut vom Hackschnitzelvorratslager entnommen. Die Aufsatzwände der Bunker sind mit einer Höhe von 3,3 m (plus ~ 0,5 m Abstand Bunkerwand - Umgebungsniveau) so ausgelegt, dass die Befüllung mit einem Radlader (z.B. Volvo L120E¹¹³ hat eine Abwurfhöhe von 3,8 – 4,3 m, je nach Hubgerüst) ohne Einschränkung durchgeführt werden kann.

Die Anlage das ganze Jahr durchgehend laufen zu lassen wäre nicht sinnvoll, da die nötigen Servicezeiten nicht zur Verfügung stehen und das Verhältnis Einzugsgröße der Hackmaschine – Hackvolumen – Investition nicht homogen wäre. Die benötigte Stundenleistung würde wesentlich geringer als normal ausfallen und der Einzug müsste kleiner ausgelegt werden. Um hierbei eine kontinuierliche Materialzufuhr gewährleisten zu können, müssten die Rundhölzer, orientiert an einem maximalen Durchmesser, gezielt eingekauft werden oder die Stämme mit zu großen Durchmessern mittels einen Spalter hackfähig gemacht werden.

¹¹³ vgl. <http://www.volvo.com/dealers/de-de/Volvo/Products/WheelLoaders/L120E/specifications.htm> (06.12.07)

14.5.8 Personalbedarf

Die täglichen Arbeitszeiten sind von 7 – 12 Uhr und von 13 – 16 Uhr angesetzt. In dieser Zeit müssen die Arbeiten Holzübernahme, Hackanlagenbetreuung und die Materialzufuhr zur Hackanlage bewältigt werden.

- **Materialzufuhr und Holzübernahme**

Die Stundenleistung der stationären Hackanlage ist mit dem maximalen Tagesbedarf abgestimmt und beträgt 160 Srm. Für die kontinuierliche Versorgung der Anlage mit einem Radlader inklusive Rundholzzange (Fassungsvermögen bei 4 m Rundholz etwa 9 fm) sind etwa sieben Fahrten pro Stunde nötig. Bei durchschnittlich 5 min Zykluszeit und einer täglichen Gesamtarbeitszeit von 6,5 Stunden der stationären Anlage, benötigt der Mitarbeiter etwa 3,8 Stunden für diese Arbeit. Weiters kann dieser Vorgang durch die eingehenden Rundholz LKWs unterstützt werden, da eine direkte Beschickung der Anlage durch den LKW möglich ist.

Die Holzübernahme nimmt bei täglich 15 eingehenden LKWs etwa 3,75 Stunden in Anspruch. Deshalb muss für diese beiden Arbeitsabschnitte insgesamt nur ein Mitarbeiter einkalkuliert werden.

- **Stationäre Hackanlage**

Die stationäre Hackanlage ist bei optimaler Materialversorgung täglich 6,5 Stunden im Einsatz. In dieser Zeit ist der Leistellentechniker für die Beschickung des Aufgabebereiches und der Überwachung der Anlage zuständig. Die restliche Arbeitszeit kann für die nötigen Instandhaltungs- und Wartungsaufgaben, wie Messertausch, Reinigung, Schmieren, usw. aufgewendet werden.

14.5.9 Kostenberechnung Szenario C „dezentraler Holzlagerplatz – ungehackt, stationäre Hackanlage“

14.5.9.1 Hackvorgang

➤ Eingangsdaten Hackvorgang, stationäre Hackanlage

Eingangsdaten zur Kostenberechnung		
Bezeichnung	Beschreibung	Anzahl
Maschinenanlage		
Stationäre Hackanlage	VTH Hacker 105/60/4, 160 Srm/h Leistung, Antriebsmotoren 2 x 250 kW	1
angeschlossenes Hackgutlager	Fassungsvermögen ~ 2.000 Srm Hackgut	1
Personen		
Leitstellentechniker	/	1

Tabelle 80: Eingangsdaten Hackvorgang, stationäre Hackanlage, Szenario C

Genauere Daten zur Berechnung der anfallenden Kosten bei der stationären Hackanlage befinden sich im Anhang.

➤ Anfallende Kosten/Srm Hackgut, stationäre Hackanlage

Varianten:	Produzierte Hackgutmenge in % vom Jahresbedarf				
	100 %	95 %	90 %	85 %	80 %
Produzierte Hackgutmenge (Srm)	234.000	222.000	210.000	198.000	187.000
Gesamtkosten STH (€)	382.500	365.000	361.500	358.000	355.000
Kosten pro Srm Hackgut (€/Srm)	1,63	1,64	1,72	1,81	1,90

Tabelle 81: Kosten/Srm Hackgut, stationäre Hackanlage, Szenario C

Die Kosten/Srm Hackgut liegen in einem Kostenbereich von etwa € 0,25/Srm Hackgut, je nach jährlich erzeugter Hackgutmenge. Auffallend ist der unregelmäßige Kostenabfall beim Jahresverbrauch von 222.000 Srm Hackschnitzel. Dieser Kostensprung wird durch den benötigten Ankauf eines neuen Hackmessersatzes verursacht.

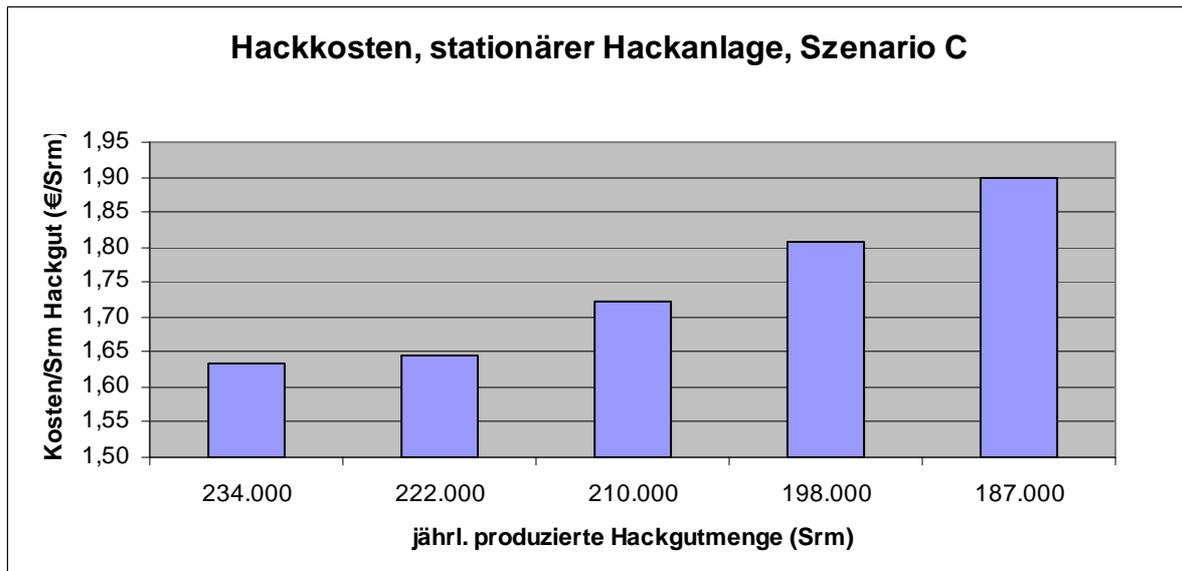


Abbildung 101: Kosten/Srm Hackgut, stationäre Hackanlage, Szenario C

14.5.9.2 Lagerung, Materialzufuhr und Bunkerbeschickung

➤ Eingangsdaten Lagerung, Materialzufuhr (MZF) und Bunkerbeschickung

Eingangsdaten zur Kostenberechnung		
Bezeichnung	Beschreibung	Anzahl
Infrastruktur		
Lagerplatz	15.000 m ² , befestigt, asphaltierte Zufahrtswege,...	1
Ortsbeton - Langbrückenwaage	18 m x 3 m, 60 to/20 kg, inkl. Software	1
Personen		
Wiegemeister/Radladerfahrer	/	1
Maschinen		
Radlader Volvo E120L	20,9 to, 180 kW, inkl. Schüttgutschaufel und Rundholzzange	1

Tabelle 82: Eingangsdaten Lagerung, MZF und Bunkerbeschickung; stationäre Hackanlage, Szenario C

Die genauen Daten zur Kostenberechnung des befinden sich im Anhang.

➤ **Anfallende Kosten/Srm Hackgut**

Varianten:	Verbrauchte Hackgutmenge in % vom Jahresbedarf				
	100 %	95 %	90 %	85 %	80 %
Verbrauchte Hackgutmenge (Srm)	234.000	222.000	210.000	198.000	187.000
Gesamtkosten Lagerung, MZF und Beschickung (€)	216.000	212.500	210.500	209.000	207.500
Kosten pro Srm Hackgut (€/Srm)	0,92	0,96	1,00	1,06	1,11

Tabelle 83: Kosten/Srm Hackgut Lagerung, MZF und Beschickung; stationäre Hackanlage, Szenario C

Die Lagerungs-, Materialzufuhr-, und Bunkerbeschickungskosten fallen mit € 0,92/Srm bis € 1,11/Srm gering aus. Grund dafür ist die direkte automatische Beschickung der Hackgutbunker beim Heizwerk durch die stationäre Hackanlage während der Woche. Deshalb reicht ein Radlader für die Materialzufuhr während der Woche und für die Bunkerbeschickung am Wochenende aus. Auch die Material – Direktaufgabe durch die Rundholz LKWs bei der stationären Hackanlage entlasten den Radlader. Dies wirkt sich positiv auf die Treibstoff- und Instandhaltungskosten aus.

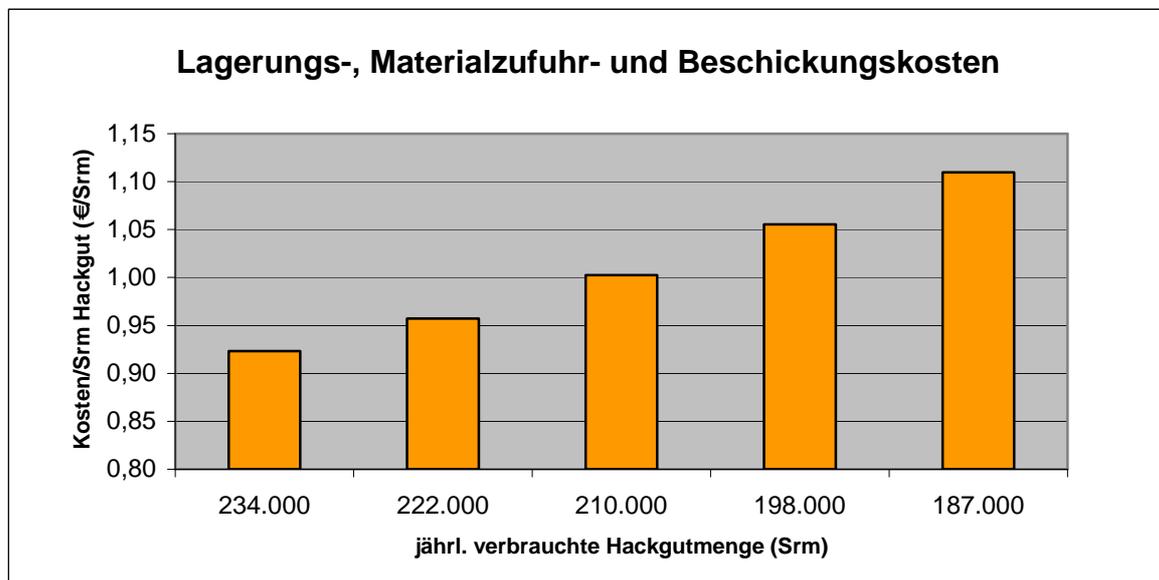


Abbildung 102: Kosten/Srm Hackgut Lagerung, MZF und Beschickung; stationäre Hackanlage, Szenario C

14.5.9.3 Gesamtkostenübersicht Szenario C „dezentraler Holzlagerplatz – ungehackt, stationäre Hackanlage“

Gesamtkosten/Srm Hackgut, stationäre Hackanlage, Szenario C					
Varianten:	Produzierte Hackgutmenge in % vom Jahresbedarf bzw. Srm				
	100 %	95 %	90 %	85 %	80 %
	234.000	222.000	210.000	198.000	187.000
Hackvorgang (€/Srm)	1,63	1,64	1,72	1,81	1,90
Lagerung, Materialzufuhr und Bunkerbeschickung (€/Srm)	0,92	0,96	1,00	1,06	1,11
Kosten pro Srm Hackgut (€/Srm)	2,56	2,60	2,72	2,86	3,01

Tabelle 84: Gesamtkosten/Srm Hackgut, stationäre Hackanlage, Szenario C

Die Gesamtkosten bei der Aufbereitung des Hackgutes mittels einer stationären Hackanlage liegen mit € 2,56 – 3,01/Srm Hackgut im Vergleich zu den Szenarien A und B (vergleiche Punkt 13.11.5) sehr niedrig. Grund dafür ist der Wegfall des zusätzlichen Transportvorganges bei der Auslieferung des Hackgutes zu den einzelnen KWK Anlagen. Bei einem Jahresverbrauch von 100 % kann mit einem zusätzlichem Kostenaufwand von € 14,08 pro eingekaufter Atro – Tonne Biomasse – Rundholz gerechnet werden.

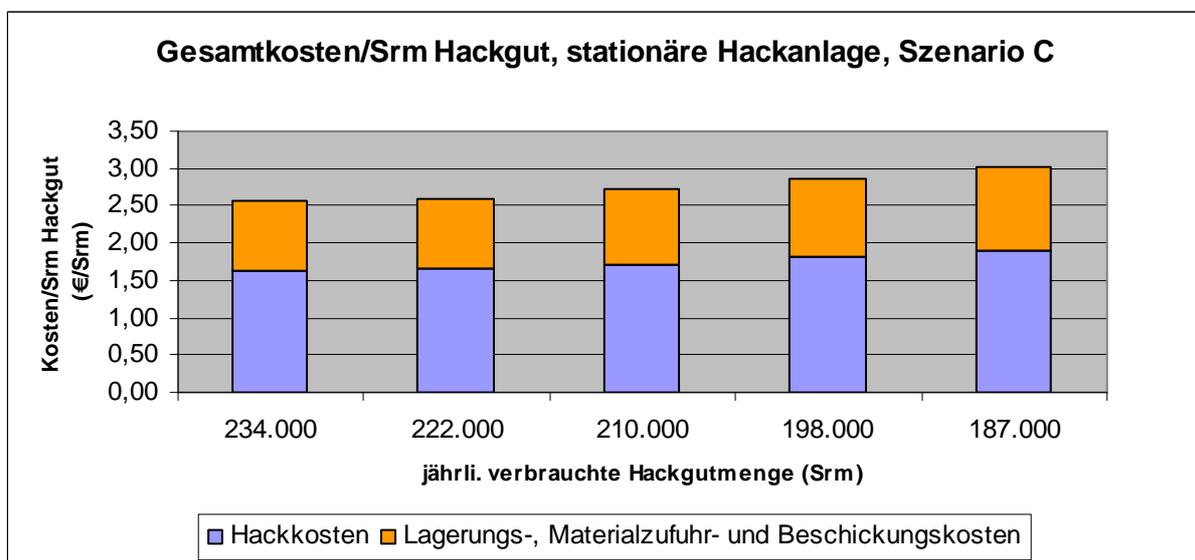


Abbildung 103: Gesamtkosten/Srm Hackgut, stationäre Hackanlage, Szenario C

14.6 Mobile Hackguterzeugung am Beispiel Altweitra

14.6.1 Eingangsdaten zur Auswahl eines mobilen Hackguterzeugers

Bei der Hackschnitzelversorgung der KWK Anlagen durch eine mobile Hackmaschine müssen unbedingt zwei wesentliche Punkte beachtet werden. Einerseits muss die benötigte Hackschnitzelmenge mit der Leistungsfähigkeit der mobilen Hackmaschine abgedeckt werden können und andererseits muss, um eine sichere Hackschnitzelversorgung gewährleisten zu können, die Verfügbarkeit der externen Hackguterzeuger beachtet werden. Sowohl bei einer firmeneigenen Maschine als auch bei Bezug eines Dienstnehmers, muss bei Ausfall der Maschine kurzfristig die Versorgung sichergestellt werden.

Mobile Hackguterzeuger im Waldviertel und in den angrenzenden Regionen				
Waldviertel				
Nr.	Name	Adresse		
1	Buxbaum Josef	Hauptstraße 4	3812 Waldreichs	
2	Dangl Otto	Artolz 20	3834 Artolz	
3	Hrusa Christian	Finsternau 81	3873 Brand	
4	Hüttler Andreas	Oberkirchen 7	3920 Groß Gerungs	
5	Kausl Energieservice Gmbh	Ötz 4	3622 Mühldorf	
6	Krenn Johann	Harmannstein 17	3922 Großschönau	
7	Schmid Herbert, Ing.	Messern 2-3	3761 Messern	
8	Dietl Roman	Reittern 43	3542 Gföhl	
Andere Regionen				
9	Gebr. Leutgeb	Monegg 5	4252 Liebenau	Mühlviertel
Niederösterreich (exkl. Waldviertel)				
1	Bauer Josef	Heimgartenstraße 2	3002 Purkersdorfs	Industrieviertel
2	Berthold Ernst	Stronsdorf 191	2153 Stronsdorf	Weinviertel
3	Drescher Herbert	Gutenbrunn 30	3454 Gutenbrunn	Weinviertel
4	Ettlinger Josef	Dorf 2	3361 Aschbach Markt	Mostviertel
5	Harm Andreas & Johannes	Fridau 23	3200 Ober-Grafendorf	Mostviertel
6	Lasselsberger Josef	Preßbach 2	3252 Preßbach	Mostviertel
7	Pinther Johannes, Ing.	Dornbach 35	2392 Wienerwald	Industrieviertel
8	Schmidt Eduard	Sulzweg 30	2114 Großrußbach	Weinviertel
9	Schuster & Heinisch OEG	Herzogbirbaum 29	2002 Grußmugl	Weinviertel

Tabelle 85: Mobile Hackguterzeuger im Waldviertel und angrenzender Regionen

Deshalb gilt, je größer die Anzahl der potentiellen mobilen Hackguterzeuger in der Region ist, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit einen freien Dienstnehmer zu finden, der bei Ausfall der Hackgutaufbereitung einspringen kann. Dies wirkt sich wiederum positiv auf die Versorgungssicherheit der KWK – Anlagen hinsichtlich der Hackschnitzelaufbereitung aus. Weiters spielt auch die Entfernung der angesiedelten Hackguterzeuger zu den KWK – Standorten eine wesentliche Rolle bei der Auswahl des Hackgutunternehmens.

Für die KWK – Standorte der Nawaro Energie Betrieb GmbH empfehlen sich für Altweitra Unternehmer Nr. 6 und 4, für Rastefeld Nr. 8 und für Göpfritz Nr.1 und 7. Hackgutunternehmer Nr. 2 bzw. Nr.3 sind aufgrund der Entfernung am günstigsten für die Standorte Altweitra und Göpfritz bzw. Altweitra einzusetzen.



Abbildung 104: Geographische Verteilung der Hackguterzeuger im Waldviertel

➤ Benötigte Hackschnitzelmenge

Bei einer täglich benötigten Hackschnitzelmenge von 700 Srm müsste ein mobiler Großhacker mit einer durchschnittlichen Leistung von 140 Srm/h GAZ (siehe Kapitel 5.2.3.3) täglich sechs Stunden im Einsatz sein. Jedoch muss auch der Hackschnitzelbedarf für das Wochenende miteinbezogen werden. Das heißt, dass die Hackmaschine täglich 7 Stunden im Einsatz sein muss, um den benötigten Hackschnitzelbedarf decken zu können.

$$\text{Tägliche Arbeitszeit} = \frac{\text{Wochenbedarf}}{\text{Stundenleistung Hackmaschine} * \text{Arbeitstage}} = \frac{7 \text{ Tage} * 700 \text{ Srm}}{140 \text{ Srm/h} * 5 \text{ Tage}}$$

$$\text{Tägliche Arbeitszeit} = 7 \text{ h}$$

Formel 22: tägliche Einsatzzeit mobile Hackmaschine

14.6.2 Lagerhalle (Vorratslager) und Energieholzlagerplatz

Die Lagerhalle wird wie im Szenario A auf ein Vorratsvolumen von rund 5,5 Tagen ausgelegt. Das entspricht einem minimalen Fassungsvermögen von 3.850 Srm Hackschnitzel. Davon sind wieder etwa 1.400 Srm für die Versorgung der KWK – Anlage über das Wochenende vorgesehen und der restliche Teil von rund 2.450 Srm Hackgut dient als Vorratslager, um verlängerte Wochenenden durch Feiertage überbrücken zu können. Die Lagerhalle ist dabei direkt in den Rundholzlagerplatz integriert um die innerbetrieblichen Transportkosten zur Versorgung der mobilen Hackmaschine zu minimieren (Abbildung 105). Eine Asphaltfläche vor der Lagerhalle bietet Platz für einen reibungslosen Hackvorgang. Weiters ist die Lagerhalle als Flugdachhalle ausgeführt damit die Hackschnitzel optimal trocknen können.

Der Lagerplatz hat ein Fassungsvermögen von etwa 19.500 fm und umfasst eine Größe von 1,5 ha (vergleiche auch Kapitel 14.5.6).

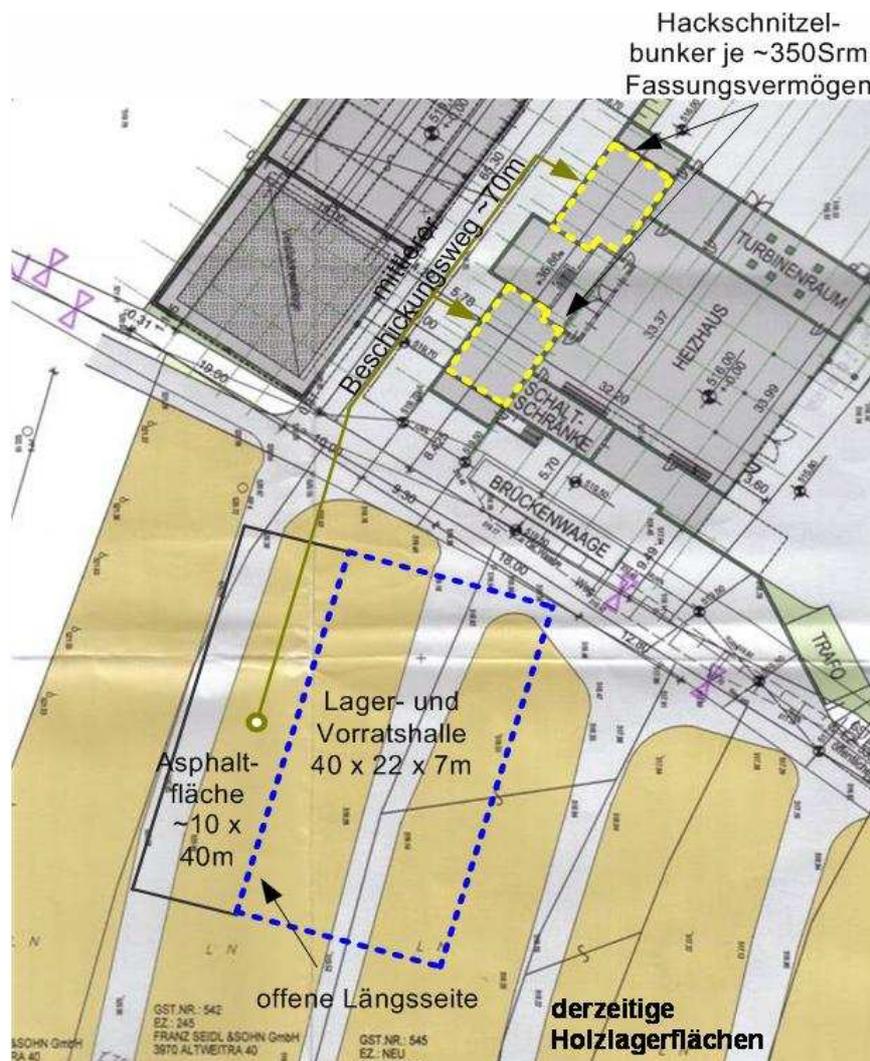


Abbildung 105: Lageplan Lager- und Vorratshalle

14.6.3 Arbeitsablaufbeschreibung mobile Hackguterzeugung

Die Versorgung der KWK – Anlage soll folgendermaßen sichergestellt werden. Ein Sennebogen – Umschlagsbagger mit Rungenanhänger bringt das Rundholz zum Asphaltplatz. Dort nimmt der mobile Großhacker Aufstellung und kann das zugeführte Rundholz direkt in die Lagerhalle hacken. Mittels eines Radladers werden die Hackschnitzel zu den Bunkeranlagen beim Heizwerk transportiert.

14.6.3.1 Holzzufuhr mittels Materialumschlaggerät

Ein Holzumschlagsbagger mit einem Rungenanhänger holt das Rundholz vom Lagerplatz und bringt es zur Asphaltfläche zum Hacken. Die großen Vorteile des Sennebogen – Umschlagbaggers 735M - HD Typ C270 sind der rasche Holzumschlag und die große Transportleistung.



Abbildung 106: Materialumschlaggerät mit Rungenanhänger

Das Zugfahrzeug¹¹⁴ hat dabei eine Kranreichweite von 11,3 m, eine Motorleistung von bis zu 186 kW und eine Greiffläche von 2,5 – 4 m². Durch die große Reichweite und der bis auf 6,2 m hydraulisch hochfahrbaren Krankabine können damit Rundhölzer aus einer Höhe von 7 - 8 m problemlos vom Polter genommen werden. Der Rungenanhänger fasst bis zu drei¹¹⁵ Greiferladungen und ist durch die kurze Ausführung extrem wendig.

Bei einer Greiferfläche von 3,2 m² und einer Stammlänge von 4 m kann der Bagger inklusive dem Anhänger pro Fahrzyklus in etwa 30 fm an Rundholz transportieren. Mit dieser hohen Transportleistung kann der Materialbedarf der mobilen Hackmaschine gedeckt werden. Bei einer durchschnittlichen Leistung von 140 Srm/h GAZ benötigt der mobile Hacker eine Materialzufuhr von rund 56 fm (Umrechnungsfaktor lt. ÖNORM M - 7132 Srm – fm für G30 = 2,5) in der Stunde. Dies wäre bereits durch zwei Transportfahrten des Umschlagbaggers erfüllt. Weiters können durch das System mit dem Rungenanhänger, im Vergleich zur alleinigen Holzbringung mit dem Bagger, drei Fahrzyklen eingespart werden. Dies führt primär zu Vorteilen in der Transportleistung und natürlich auch sekundär zu erheblichen Vorteilen im Treibstoffverbrauch.

¹¹⁴ vgl. <http://www.sennebogen-greenline.com/hp527/735-M-HD.htm> (10.12.2007)

¹¹⁵ vgl. Ebner Gerhard: Umschlag rationell/Bagger mit Anhänger spart drei Leerfahrten, in: Holzkurier, 2007, 45, S.12-13

14.6.3.2 Hackvorgang

Der mobile Hacker nimmt Aufstellung auf der Asphaltfläche. Durch die kontinuierliche Materialzufuhr durch den Sennebogen – Umschlagbagger kann der mobile Hacker das Rundholz dauernd mit dem Kran ergreifen und direkt in die Lagerhalle hacken. Damit können die Umstellvorgänge auf ein Minimum begrenzt und die tatsächliche Hackzeit maximiert werden. Ein weiterer Vorteil ist, dass durch den sauberen und harten Untergrund keine Störstoffe wie Steine oder Erde beim Greifvorgang und der Hackerbeschickung zugeführt werden können.

14.6.3.3 Bunkerbeschickung

Die Beschickung der Hackschnitzelbunker erfolgt mit einem Volvo Radlader der Type E120L. Dabei muss der Tagesbedarf von 700 Srm innerhalb der achtstündigen Arbeitszeit in die Bunker nachgefüllt werden. Bei einem Fassungsvermögen der Radladerschaufel von 8 - 9,5 m³ müssen in der Stunde etwa 11 Schaufelladungen zu den Bunkern geliefert werden.

$$\text{benötigte Schaufellad.}(SL)/h = \frac{\text{Tagesbedarf}}{\text{Arb.zeit} * \text{Schaufelvol.}} = \frac{700 \text{ Srm}}{8 \text{ h} * 8 \text{ Srm}} = 10,94 \text{ SL/h} \sim 11 \text{ SL/h}$$

Formel 23: benötigte Schaufelladungen/h – Bunkerbeschickung, Szenario C

Pro Schaufelzyklus kann wieder mit einem Zeitbedarf von etwa 3 Minuten gerechnet werden (siehe Kapitel 12.8), was einen Zeitbedarf von 4,5 Stunden pro Tag ausmacht.

14.6.4 Personalbedarf

Die täglichen Arbeitszeiten sind von 7 – 12 Uhr und von 13 – 16 Uhr angesetzt. In dieser Zeit müssen die Arbeiten Holzübernahme, Hackvorgang, Materialzufuhr zur Hackmaschine und die Beschickung der Bunker bewältigt werden.

- **Beschickung der Bunker**

Für die Beschickung ist wie bereits in Punkt 14.6.3.3 ein Zeitbedarf von 4,5 Stunden nötig, wofür eine Person abgestellt werden muss.

- **Materialzufuhr zur Hackmaschine**

Für die Materialzufuhr zur mobilen Hackmaschine kann mit einer täglichen Arbeitszeit von 3,5 Stunden, bei einer Hackmaschinenarbeitszeit von 7 Stunden und einer Zykluszeit von 0,25 Stunden, je nach Fahrweglänge, gerechnet werden. Der Stundenbedarf der Hackmaschine beträgt rund 56 fm an Hackmaterial, die durch zwei Lastfahrten des Umschlaggerätes gedeckt werden können.

Beide Mitarbeiter (Bunkerbeschickung und Materialzufuhr) sind über dies hinaus für die Holzübernahme von täglich 15 Rundholz LKWs verantwortlich. Dabei kann ein Zeitbedarf von insgesamt 3,8 Stunden einkalkuliert werden.

- **Hackvorgang**

Für den Hackvorgang mittels der mobilen Hackmaschine muss eine Person für die Bedienung und Wartung eingeplant werden. Dabei beträgt die minimale tägliche Arbeitszeit zur Erzeugung der benötigten Hackgutmenge sieben Stunden. Der restliche Zeitanteil kann für Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten einkalkuliert werden. Dazu gehören Schmierarbeiten, Messertausch und Reinigung der Maschine.

14.6.5 Kostenberechnung Szenario C „dezentraler Holzlagerplatz – ungehackt, mobiler Hacker“

14.6.5.1 Hackvorgang

➤ Eingangsdaten Hackvorgang, mobiler Hacker

Eingangsdaten zur Kostenberechnung		
Bezeichnung	Beschreibung	Anzahl
Personen		
Hackmaschinenbediener	/	1
Maschinen		
mobile Hackmaschine z.B.: Jenz HEM 700 auf LKW	MAN 3-Achs LKW, 260 kW; Kran 9 m; Hacker mit 440 kW Antriebsmotor	1

Tabelle 86: Eingangsdaten Hackvorgang, mobiler Hacker, Szenario C

Die genauen Daten zur Berechnung der anfallenden Kosten des Hackvorganges befinden sich im Anhang.

➤ Anfallende Kosten/Srm Hackgut beim Hackvorgang

Varianten:	Produzierte Hackgutmenge in % vom Jahresbedarf				
	100 %	95 %	90 %	85 %	80 %
Produzierte Hackgutmenge (Srm)	234.000	222.000	210.000	198.000	187.000
Gesamtkosten MH (€)	342.000	332.000	324.500	317.000	309.500
Kosten pro Srm Hackgut (€/Srm)	1,46	1,50	1,55	1,60	1,66

Tabelle 87: Kosten/Srm Hackgut, mobiler Hacker, Szenario C

Die anfallenden Kosten/Srm Hackgut schwanken je nach Auslastung der mobilen Hackmaschine. Bei einer Reduktion der produzierten Hackgutmenge um 20 % vom Jahresbedarf, steigen die Hackkosten um € 0,20/Srm an. Im Vergleich zum Unternehmersatz vom Szenario B mit € 1,64/Srm Hackgut (siehe Punkt 13.11.2) liegen die Kosten beim Insourcing des Hackvorganges um rund 18 Cent/Srm Hackgut niedriger. Weiters inkludiert die Kostenberechnung des mobilen Hackvorganges den Einsatz eines externen Dienstnehmers während der Urlaubszeit des Maschinenbedieners.

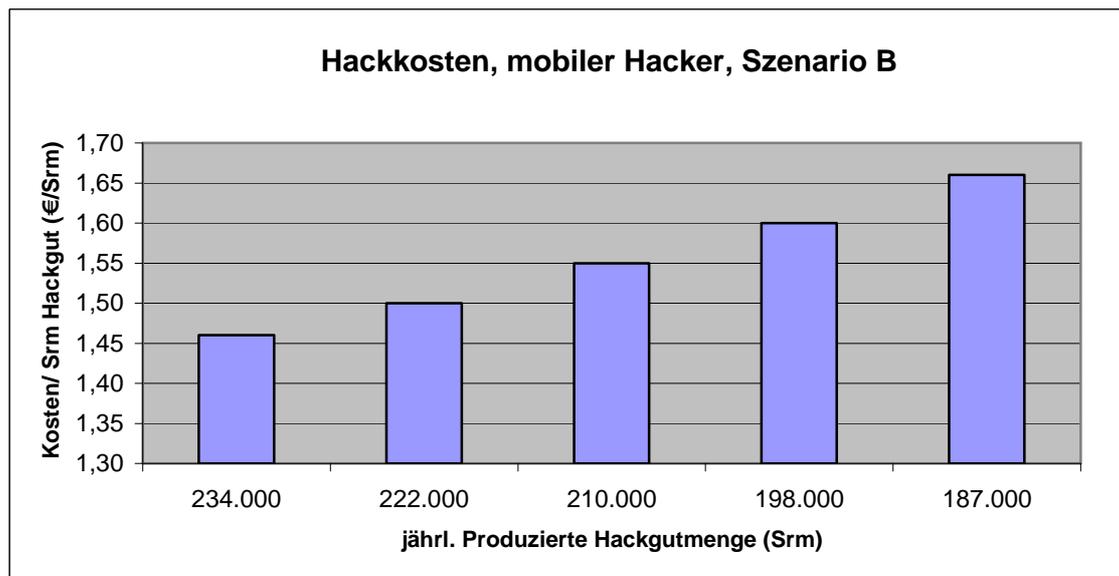


Abbildung 107: Kosten/Srm Hackgut, mobiler Hacker, Szenario C

14.6.5.2 Lagerung, Materialzufuhr und Bunkerbeschickung

➤ Eingangsdaten Lagerung, Materialzufuhr (MZF) und Bunkerbeschickung

Eingangsdaten zur Kostenberechnung		
Bezeichnung	Beschreibung	Anzahl
Infrastruktur		
Lagerplatz	15.000 m ² , befestigt, asphaltierte Zufahrtswege,...	1
Ortsbeton - Langbrückenwaage	18 m x 3 m, 60 to/20 kg, inkl. Software	1
Lagerhalle	Leichtmetallausführung, 40 m x 22 m	1
Personen		
Wiegemeister/Radladerfahrer	/	1
Wiegemeister/Mobilbaggerfahrer	/	1
Maschinen		
Radlader Volvo E120L	20,9 to, 180 kW, inkl. Schüttgutschaufel und Rundholzzange	1
Sennebogen Mobilbagger 735 M-HD	38,5 to, 186 kW, Rundholzzange mit 3,2 m ²	1
Tandem Rungenanhänger	~ 25 fm Fassungsvermögen	1

Tabelle 88: Eingangsdaten Lagerung, Materialzufuhr und Bunkerbeschickung, Szenario C

Die genauen Daten zur Berechnung der anfallenden Kosten bei der Lagerung, Materialzufuhr und Bunkerbeschickung befinden sich im Anhang.

➤ **Anfallende Kosten/Srm Hackgut**

Varianten:	Verbrauchte Hackgutmenge in % vom Jahresbedarf				
	100 %	95 %	90 %	85 %	80 %
Verbrauchte Hackgutmenge (Srm)	234.000	222.000	210.000	198.000	187.000
Gesamtkosten Lagerung, MZF und Bunkerbeschickung(€)	348.500	345.000	342.000	339.000	336.000
Kosten pro Srm Hackgut (€/Srm)	1,49	1,55	1,63	1,71	1,80

Tabelle 89: Kosten/Srm Hackgut; Lagerung, MZF und Beschickung, Szenario C

Die Kosten variieren in einem Bereich von etwa € 30/Srm Hackgut und sind absolut gesehen etwas höher als bei der stationären Hackanlage. Grund dafür ist der zusätzlich eingesetzte Sennebogen Umschlagbagger, der für die Materialzufuhr zur mobilen Hackmaschine dient.

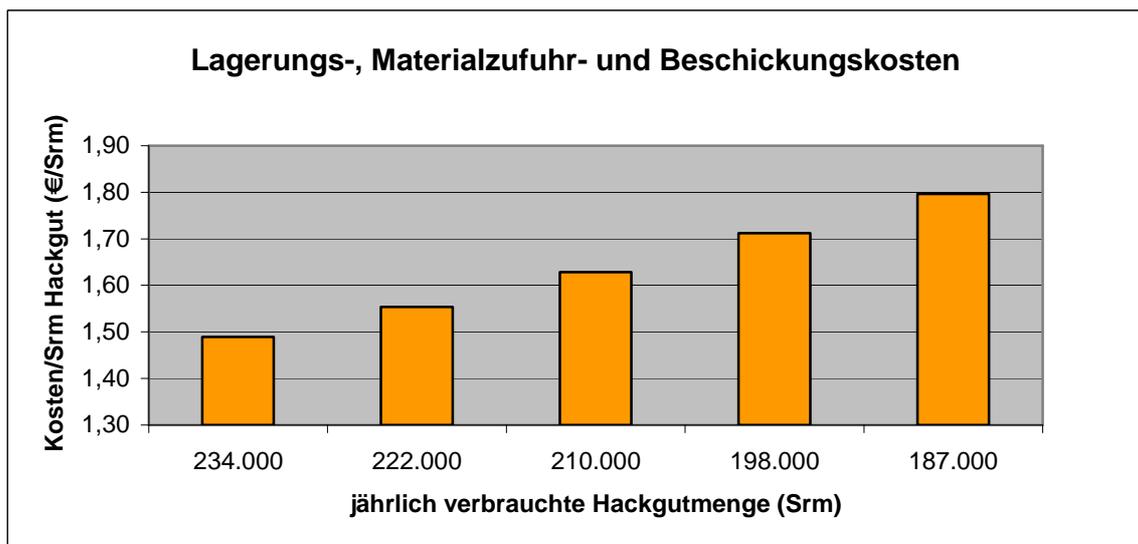


Abbildung 108: Kosten/Srm Hackgut; Lagerung, MZF und Beschickung, Szenario C

14.6.5.3 Gesamtkostenübersicht Szenario C „dezentraler Holzlagerplatz – ungehackt, mobiler Hacker“

Anfallende Kosten/Srm Hackgut, mobiler Hacker, Szenario C					
Varianten:	Produzierte Hackgutmenge in % vom Jahresbedarf bzw. Srm				
	100 %	95 %	90 %	85 %	80 %
	234.000	222.000	210.000	198.000	187.000
Hackvorgang (€/Srm)	1,46	1,50	1,55	1,60	1,66
Lagerung, Materialzufuhr und Bunkerbeschickung (€/Srm)	1,49	1,55	1,63	1,71	1,80
Kosten pro Srm Hackgut (€/Srm)	2,95	3,05	3,18	3,31	3,46

Tabelle 90: Gesamtkosten/Srm Hackgut, mobiler Hacker, Szenario C

Die anfallenden Kosten für die Aufbereitung des Hackgutes schwanken je nach produzierter und verbrauchter Menge in einem Bereich von etwa € 0,50/Srm Hackgut. Bei einem Jahresverbrauch von 234.000 Srm Hackgut entstehen zusätzlich zu den Kosten beim Biomasse – Rundholzeinkauf etwa € 2,95/Srm für die Aufbereitung und Verarbeitung der Hackschnitzel. Daraus ist abzuleiten, dass pro eingekaufter Atro - Tonne Biomasse – Rundholz mit einem zusätzlichen Kostenaufwand von etwa € 16,20/AMM zu rechnen ist.

Je weniger die verbrauchte Jahreshackgutmenge, desto größer ist der Kostenaufwand für die Aufbereitung und die Verarbeitung der Hackschnitzel (vergleiche Abbildung 109).

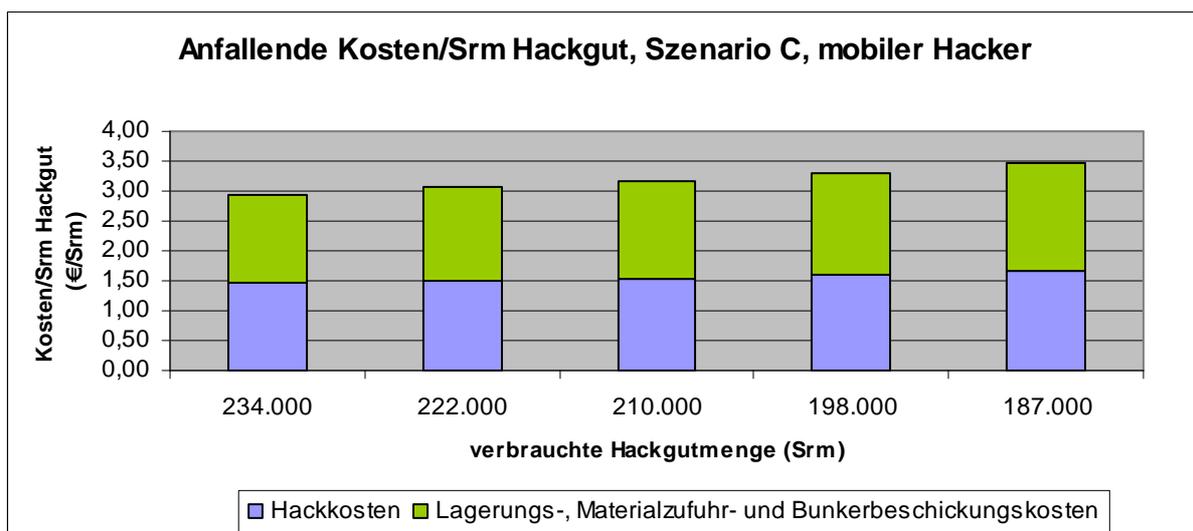


Abbildung 109: Gesamtkosten /Srm Hackgut, mobiler Hacker, Szenario C

14.7 Vergleich Insourcing und Outsourcing der Hackguterzeugung

Um die Versorgung der KWK – Anlage sicherstellen zu können muss die Hackmaschine, bei einem maximalen Jahresbedarf von rund 234.000 Srm und einer durchschnittlichen Produktivität von 140 Srm/h GAZ, jährlich insgesamt rund 1.675 h im Einsatz sein. Durch diese hohe Auslastung der Maschine des Dienstnehmers liegt es nahe einen Kostenvergleich hinsichtlich eines Insourcings des Hackvorganges zu unterstellen. Dem Kostenvergleich wird, abzüglich der Vertretungsstunden in der Urlaubszeit durch einen externen Hackguterzeuger, eine jährliche Auslastung von maximal 1.505 Einsatzstunden unterlegt.

14.7.1 Selbstkosten einer mobilen Hackmaschine

Die verwendeten Daten wurden direkt aus der bereits durchgeführten Selbstkostenrechnung im Kapitel 7.2.1 übernommen und die jährliche Auslastung der Maschine auf 1.505 Betriebsstunden umgeändert.

Selbstkostenrechnung für mobile Hackmaschinen	
Eingangsdaten:	
Anschaffungskosten (An)	350.000 €
Normale Nutzungsdauer (H)	8.000 Bstd.
Veralterungszeitraum (N)	5 Jahre
Jährliche Auslastung (JA)	1.505 Bstd.
Auslastungsschwelle (Sw = H/N)	1.600 Bstd./Jahr
Zinsfaktor (p)	6,0% Prozent
Reparaturkostenfaktor (r)	0,60
Raumbedarf in m ³ für Unterstellung (V)	250 m ³
Kostensatz je m ³ und Jahr für Gebäude (KS)	13,0 €/m ³ /Jahr
Jährliche Haftpflichtversicherung (HP)	3250 €/Jahr
mittlerer Treibstoffverbrauch je Bstd. (I)	70 l/Bstd.
Treibstoffkosten/l (TPr)	1,00 €/l
Schmierstoffkosten in % von Treibstoffkosten (S)	5,0% Prozent
BERECHNUNG:	
Abschreibung (= An/(N*JA))	46,51 €/Bstd.
Verzinsung (= (An/2*p)/JA))	6,98 €/Bstd.
Reparaturkosten (= (An*r*N*JA)/H ² wenn JA<SW, ansonst An/H*r)	24,69 €/Bstd.
Verschleißteilkosten [Klingen, Klemmstücke, Gegenmesser, Wurfschaufeln,...]	8,80 €/Bstd.
Garagierung (= V*KS/JA)	2,16 €/Bstd.
Versicherung (= HP/JA)	2,16 €/Bstd.
Treibstoff (= I*TPr)	70,00 €/Bstd.
Schmiermittelkosten (= S*Kraftstoffkosten)	3,50 €/Bstd.
Gesamte Sachkosten	164,80 €/Bstd.
Bruttostundenlohn Fahrer (L)	10 €/h
Lohn- und Lohnnebenkosten Fahrer (LNK) [140%]	14,00 €/h
SYSTEMGESAMTKOSTEN (Netto - Selbstkosten)	188,80 €/Bstd.

Tabelle 91: Selbstkostenrechnung mobile Hackmaschine

Bei einer Auslastung von 1.505 h pro Jahr ergeben sich somit Selbstkosten in der Höhe von etwa € 218,76.

14.7.2 Unternehmer - Stundensatz mobile Hackmaschine

Um den Unternehmerstundensatz für eine mobile Großhackmaschine ermitteln zu können, wurden einige Unternehmen telefonisch befragt. Die angegebenen Preise streuten dabei zwischen 200 – 280 €/Stunde exklusive Mehrwertsteuer. Für den Kostenvergleich wurde, bedingt durch die hohe Auslastung der Hackmaschine durch den Auftraggeber, der eher günstige Stundensatz von € 230 unterstellt.

14.7.3 Kostenvergleich in Abhängigkeit der Einsatzstunden

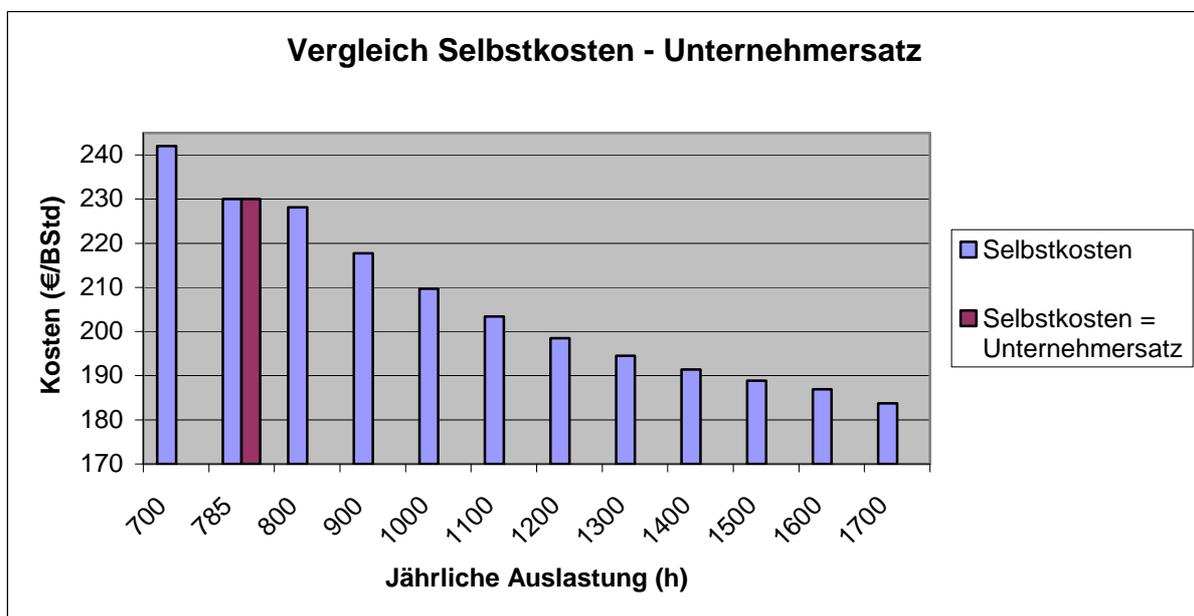


Abbildung 110: Vergleich Selbstkosten - Unternehmersatz

Aus dem Vergleich Selbstkosten – Unternehmersatz ist ersichtlich, dass sich ab einer jährlichen Auslastung von rund 785 h Arbeitszeit der Ankauf eines eigenen mobilen Hackers rentiert. Bei der vorgesehenen Einsatzzeit von 1.505 h würde der firmeneigene Großhacker um 31,2 €/h billiger kommen als bei einer Auslagerung des Hackvorganges. Unter einer Auslastungsgrenze von 785 Stunden pro Jahr würde sich der Ankauf einer mobilen Hackmaschine mit einem Anschaffungswert von 350.000 € nicht mehr rentieren und es wäre besser den Hackvorgang auszulagern. Weiters ist anzumerken, dass der Selbstkostenwert der mobilen Hackmaschine keine An- und Abfahrts-, sowie Officekosten enthält.

Vorteile:

- bei hoher Maschinenauslastung wesentlich billiger als Outsourcing
- leichtere Einsatzplanung bei einer eigenen Maschine → Verfügbarkeit der Maschine ist offensichtlich

Nachteile:

- die Reparatur- und Wartungsarbeiten müssen selber übernommen werden
- bei anstehenden Großreparaturen ist eine Auslagerung möglicherweise billiger

14.7.4 Entscheidungskriterien beim Ankauf eines mobilen Hackers

Vor der Anschaffung eines Mobilhackers sollten unbedingt die Aufgabenstellungen und Anforderungen an die Maschine klar definiert werden um die Investition erfolgreich abschließen zu können. Erst dann sollte das passende Gerät dazu ausgewählt werden. Folgende Punkte¹¹⁶ müssen dabei abgeklärt werden:

- **Welche Jahresmenge ist geplant?**
Je höher die vorgesehene Jahresmenge ist, umso größer muss die durchschnittlich erreichbare Leistung der verwendeten Hackmaschine sein.
- **Welche Art von Material soll vorwiegend gehackt werden (Hartholz, Weichholz)?**
Die Art des zu hackenden Materials hat Auswirkungen auf die Einzugsgröße der Hackmaschine bzw. der benötigten Leistung. Bei einer Großhackmaschine kann zum Beispiel Weichholz bis zu einem Durchmesser von 100 cm, Hartholz jedoch nur bis zu einem Durchmesser von 70 cm gehackt werden. Das heißt, dass zum Hacken von Hartholz wesentlich mehr Leistung nötig ist als beim Hacken von Weichholz und der Hackeinzug damit eher kleiner ausgelegt werden soll.
- **Welche Dimensionen von Material sollen auf jeden Fall gehackt werden können (maximaler Durchmesser)?**
Durch die Festlegung des maximalen Rundholzdurchmessers kann die Kastenquerschnittsgröße des Hackers ausgewählt werden (siehe Kapitel 14.5.3), was wiederum Auswirkung auf die benötigte Antriebsleistung des Hackers hat. Diese steigt mit dem maximalen Rundholzdurchmesser an.
- **Wo soll gehackt werden?**
Um das Trägerfahrzeug richtig auswählen zu können, muss festgelegt werden wo der Hackvorgang stattfinden soll. Je nach Hackort kann das am besten geeignete Fahrzeug bzw. Fahrgestell bestimmt werden:
 - Waldbestand → Harvester
 - Rückegasse → Forwarder, Aufbau auf einen Anhänger
 - Waldstraße → Aufbauhacker auf LKW oder Anhänger
 - Hackplatz → Aufbauhacker auf LKW oder Anhänger
- **Wie sehen die Einsatzorte aus in Bezug auf Fahrdistanz und Gelände?**
Weiters muss im Bezug auf die Hackerauswahl auch auf die Beschaffung des Geländes und der Fahrdistanz zum Einsatzort geachtet werden. Beim Aufbau der Hackmaschine auf ein Harvester oder Forwarder – Fahrgestell ist der Einsatz im ebenen, befahrbaren Gelände gewährleistet, jedoch entstehen

¹¹⁶ vgl. Denkinger Bernhard: Wie forstliche Hacker arbeiten, in: LWFaktuell vom November 2005, S.21-23

zusätzliche Kosten beim Wechsel des Einsatzortes durch die Überstellung der Hackmaschine.

Wird der Hacker auf einen LKW aufgebaut, können weite Distanz zurückgelegt werden und es entfallen im Gegensatz zum Harvester – Hacker die Überstellkosten. Jedoch ist das Einsatzgebiet des mobilen LKW – Hackers in Bezug auf den Hackort auf den Bereich der Waldstraße oder einem Hackplatz beschränkt. Das heißt, dass die Biomasse durch Forstmaschinen vollständig geerntet und aus dem Wald gebracht werden muss um von der LKW – Hackmaschine verarbeitet werden zu können.

Die meisten Widersprüche bei der Auswahl einer mobilen Hackmaschine treten in den Themen

- Geländegängigkeit ↔ Aktionsradius und
- Maximaler Durchmesser ↔ Jahresmenge auf.

14.8 Kostenvergleich Stationärer – mobiler Hacker

Um ermitteln zu können ab welcher Hackgutmenge der stationäre oder mobile Hacker Kostenvorteile mit sich bringt, werden die Systeme in Abhängigkeit der produzierten Hackgutmenge miteinander verglichen.

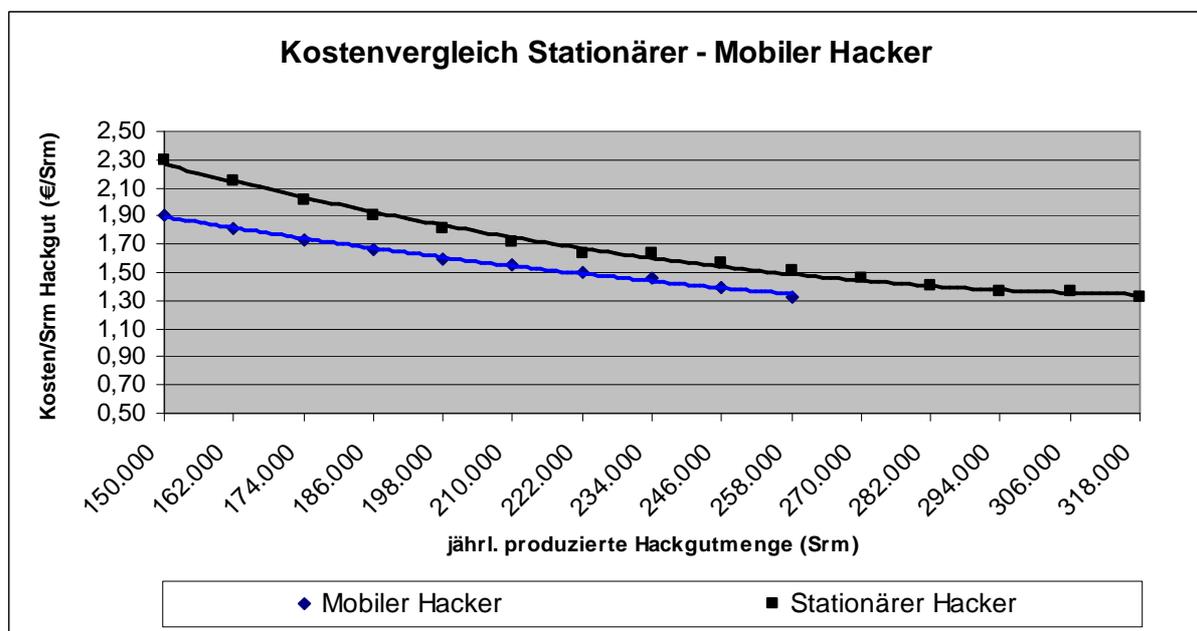


Abbildung 111: Kostenvergleich Stationärer - Mobiler Hacker

Die obige Abbildung bezieht sich dabei auf eine maximale Auslastung von insgesamt 230 Arbeitstagen pro Jahr zu acht Stunden am Tag. Das ergibt eine maximal erzeugte Hackgutmenge von 258.000 Srm (Leistung 140 Srm/h) der mobilen

Hackmaschine. Bei dieser Auslastung erreicht das Gerät Kosten von € 1,33/Srm Hackgut. Dieser Kostensatz kann mit der stationären Hackanlage erst bei einer jährlich produzierten Menge von rund 316.000 Srm Hackgut erreicht werden. Ab diesem Hackgutbedarf ist die stationäre Hackanlage wirtschaftlich günstiger als die mobile Hackmaschine. Dafür müsste man jedoch die Leistung der stationären Hackanlage auf 171 Srm/h abstimmen.

Bei einer langfristigen Betrachtung mit einer jährlich produzierten Menge von 234.000 Srm Hackgut, ergeben sich Vorteile für die stationäre Hackmaschine, da diese eine technische Lebensdauer von etwa 19 Jahren besitzt. Bei einer Abschreibungsdauer von 10 Jahren fallen danach nur mehr die laufenden Kosten (Energiekosten, Personalkosten, Instandhaltungskosten,...) an.

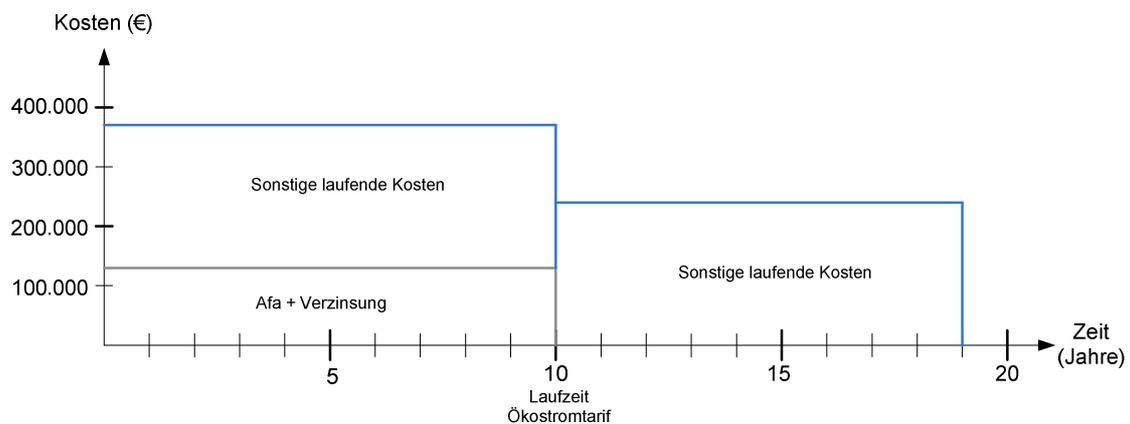


Abbildung 112: Langzeitbetrachtung Stationäre Hackanlage

Die mobile Hackmaschine ist hingegen mit einer Lebensdauer von etwa fünf bis sechs Jahren beziffert. Danach wird das Fahrzeug üblicherweise durch ein neues ersetzt und der Kostenaufwand wird durch die Abschreibung wieder vergrößert. Anzumerken ist, dass bei der Kostendarstellung kein Restwert der mobilen Hackmaschine mit einkalkuliert ist.

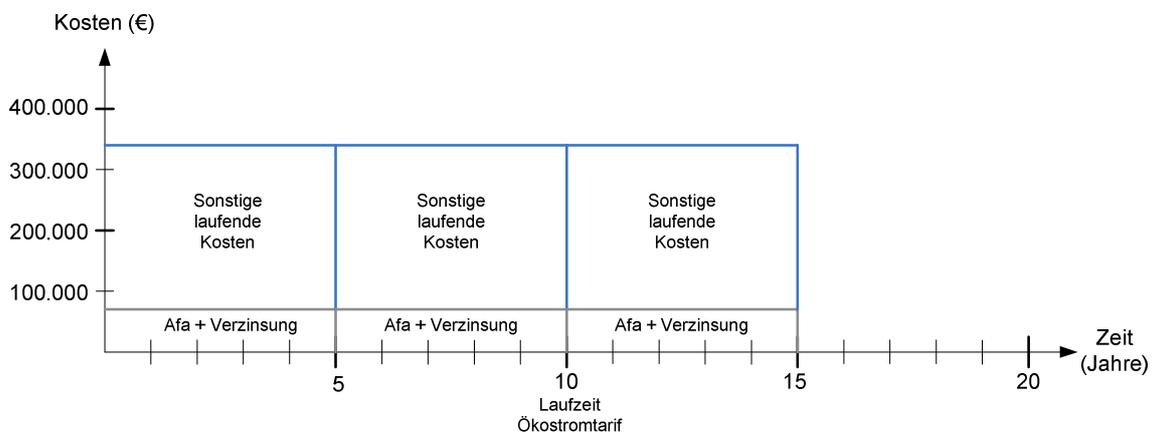


Abbildung 113: Langzeitbetrachtung Mobile Hackmaschine

15 Ergebnisvergleich der Logistikszenerien

15.1 Zentrale Holzlagerung, Szenario A und B

Der optimale Standort des Hack- und Lagerplatzes hinsichtlich der Minimierung der Transportkosten bei der Auslieferung der Hackschnitzel, liegt aufgrund der Schwerpunktsberechnung im Bezirk Zwettl in der Gemeinde Zwettl – Niederösterreich (vergleiche Kapitel 12.2.3). Aufgrund dieses Standortes ergeben sich, je nach KWK Anlage, folgende Kosten bei der kompletten Manipulation und Aufbereitung des Hackgutes:

Szenario	Standort					
	Göpfritz		Rastefeld		Altweitra	
	A	B	A	B	A	B
Jahresverbrauch an Hackgut (Srm)	Kosten/Srm Hackgut (€/Srm)					
234.000	3,89	5,03	4,01	5,14	4,25	5,38
222.000	3,98	5,06	4,10	5,17	4,34	5,41
210.000	4,11	5,09	4,23	5,20	4,47	5,44
198.000	4,26	5,14	4,38	5,25	4,62	5,49
187.000	4,39	5,18	4,51	5,29	4,75	5,53

Tabelle 92: Kostenvergleich Szenario A und B

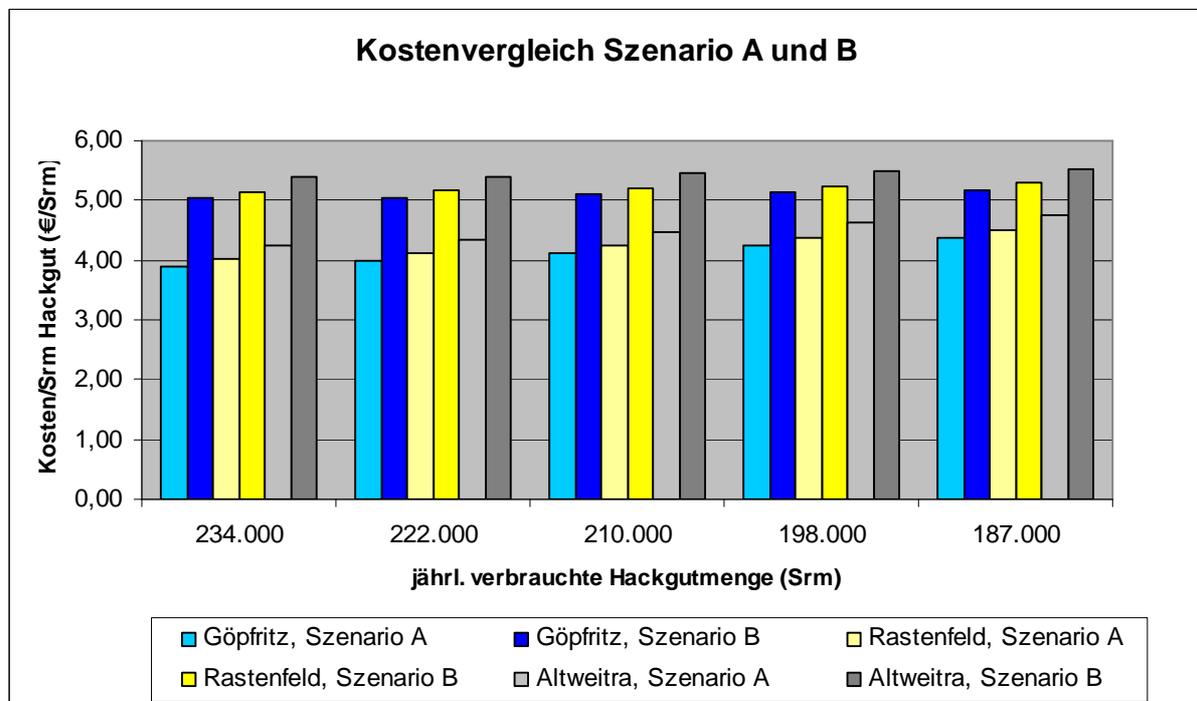


Abbildung 114: Kostenvergleich Szenario A und B

Die obigen Werte variieren mit der jährlich verbrauchten Hackgutmenge. Beim Szenario B beläuft sich die Versorgung der Heizwerke über den zentralen Lagerplatz auf 30 % des Jahresbedarfes. Aus Abbildung 114 ist zu entnehmen, dass die Lagerung der Biomasse und die gesamte Aufbereitung des Hackgutes, inklusive dem Beschickungsvorgang, im Szenario A um durchschnittlich fast € 1,00/Srm Hackgut billiger als beim Szenario B ist. Grund dafür ist der sehr effektive Hackvorgang mittels der stationären Hackanlage welcher Kosten von nur € 0,89/Srm Hackgut für jedes Heizwerk verursacht.

15.2 Dezentrale Holzlagerung, Szenario C

Logistiksystem	„Stationäre Hackanlage“	„Mobiler Hacker“
Jahresverbrauch (Srm)	Kosten/Srm Hackgut (€/Srm)	
234.000	2,56	2,95
222.000	2,60	3,05
210.000	2,72	3,18
198.000	2,86	3,31
187.000	3,01	3,46

Tabelle 93: Dezentrale Holzlagerung, Szenario C

Bei der dezentralen Holzlagerung und Hackgutaufbereitung fallen beim System „stationäre Hackanlage“ geringere Gesamtkosten als beim System „Mobile Hackmaschine“ an. Grund dafür sind die geringen Materialzufuhrkosten bei der stationären Anlage. Die anfallenden Kosten beim reinen Hackvorgang sind hingegen bei der mobilen Maschine niedriger (vergleiche Punkt 14.8)

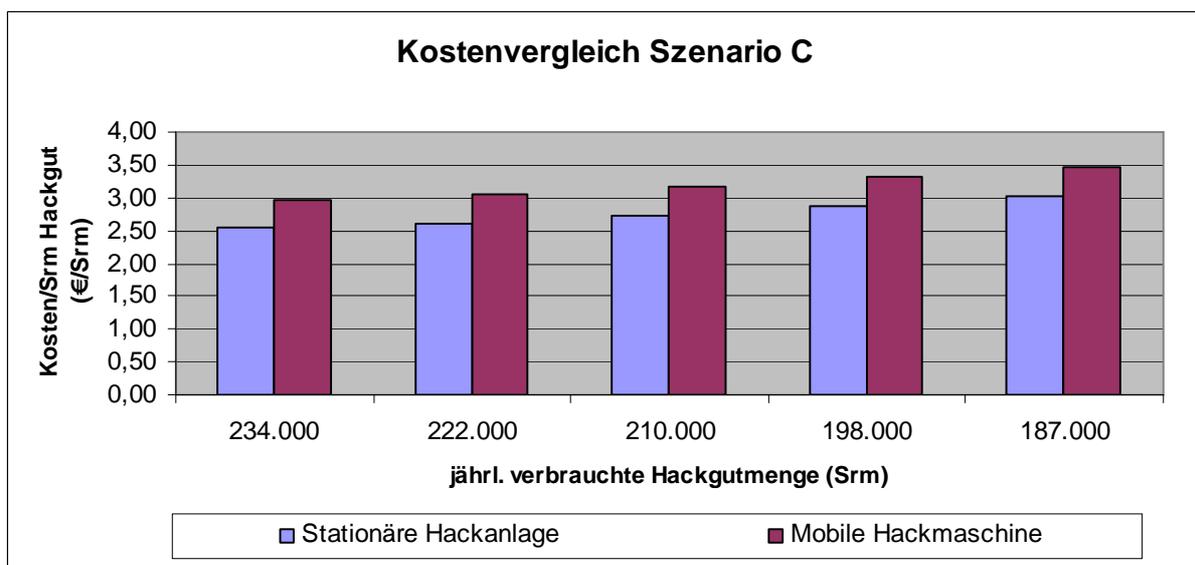


Abbildung 115: Kostenvergleich Szenario C

15.3 Bewertung der Logistikszenerarien

Die ermittelten Kostenergebnisse geben die zusätzlichen Kosten für die Lagerung, für das Hacken, szenarienabhängig für den Transport und für die Bunkerbeschickung an, die beim Einkauf von Rundholz – Biomasse entstehen. Um unter dem Einkaufspreis von Waldhackgut frei Werk zu bleiben, dürfen die ermittelten Kosten/Srm Hackgut nicht über € 3,45/Srm liegen, damit der Einkauf von Biomasse in Form von Rundholz wirtschaftlich sinnvoll ist.

Die beiden dezentralen Versorgungsszenarien erweisen sich sowohl bei der stationären als auch bei der mobilen Hackgutaufbereitung als kostengünstig. Beide Varianten bleiben auch bei einem geringen Jahresbedarf mit € 3,01/Srm bzw. € 3,46 /Srm Hackgut unter einem zusätzlichen Kostenanfall von € 3,45/Srm. Die billigere Variante ist aufgrund der kosteneffizienten Materialzufuhr das System „stationäre Hackanlage“.

Anzumerken ist jedoch, dass der Hackvorgang mit einem firmeneigenen mobilen Hacker, mit einer durchschnittlichen Stundenleistung von 140 Srm kostengünstiger als mit einer stationären Hackanlage ist. Erst ab einem Jahresbedarf von über 316.000 Srm Hackgut, wäre eine stationäre Hackanlage als kostengünstiger und effektiver zu sehen.

Beim Logistikszenario A mit dem zentralen Hack- und Lagerplatz belaufen sich die anfallenden Kosten, bei einem Jahresbedarf von 234.000 Srm, je nach Standort auf € 3,89 – 4,39/Srm Hackgut. Obwohl die Lagerungs- und Hackkosten sehr gering ausfallen wird die Preisobergrenze überschritten. Grund für die hohen Kosten sind die zusätzlich auftretenden Transportkosten bei der Auslieferung der Hackschnitzel mit bis zu € 1,51/Srm Hackgut.

Auch die zentrale Versorgung beim Szenario B erweist sich bei einem Versorgungsanteil von 30 % des Jahresbedarfes als kostengünstig. Die Hauptgründe dafür liegen im groß dimensionierten Lagerplatz und in der geringen umgeschlagenen Hackgutmenge. Bei einer Erhöhung der Umschlagshäufigkeit können die Gesamtkosten verringert werden.

16 Verzeichnisse

16.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Energieverbrauch im Vergleich zur Weltbevölkerung	11
Abbildung 2: Energieträgeranteile am Weltenergiemarkt	11
Abbildung 3: Energiebilanz Österreich 2005, Bruttoinlandsverbrauch.....	12
Abbildung 4: Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Österreich	13
Abbildung 5: Quellen der erneuerbaren Energieträger	16
Abbildung 6: Zusammenwirkung von Klimawandel, Klimafolgen und Klimaschutz...	17
Abbildung 7: CO ₂ - neutraler Kreislauf der Biomasse	18
Abbildung 8: Einteilung der Biomasse	19
Abbildung 9: Energiequellen der Biomasse	19
Abbildung 10: Übersicht Feste Biomasse- und Brennstoffcharakteristik	20
Abbildung 11: Energiegewinnung aus Biomasse.....	21
Abbildung 12: Bereitstellungskette von Waldhackgut gegliedert nach dem Hackort	26
Abbildung 13: Bereitstellungsmöglichkeiten: Hacken im Waldbestand.....	28
Abbildung 14: Bereitstellungsmöglichkeiten: Hacken an der Rückegasse	29
Abbildung 15: Bereitstellungsmöglichkeiten: Hacken an der Waldstraße.....	30
Abbildung 16: Bereitstellungsmöglichkeiten: Hacken am Werksgelände	31
Abbildung 17: Bereitstellungsmöglichkeiten: Hacken von Schlagrücklass	32
Abbildung 18: Zusammensetzung der Gesamtarbeitszeit (GAZ).....	34
Abbildung 19: Mechanisierungsgrade beim Fällen und Aufarbeiten.....	35
Abbildung 20: Leistungen beim motormanuellen und teilmechanisierten Fällen	37
Abbildung 21: Leistung beim vollmechanisierten Fällen und Aufarbeiten.....	38
Abbildung 22: Leistung in Abhängigkeit vom BHD beim Rücken.....	40
Abbildung 23: Leistung in Abhängigkeit vom BHD beim Rücken von Fichtenkronen	42
Abbildung 24: Übersicht der Leistungswerte beim Rücken von Fichtenkronen	42
Abbildung 25: Leistung in Abhängigkeit vom BHD beim Hacken.....	44
Abbildung 26: Leistung beim Hacken mit Hacker mittlerer Größe	45
Abbildung 27: Ladedichten der verschiedenen Energieholzmaterialien	48
Abbildung 28: Leistung beim Transport von Energieholz	50
Abbildung 29: Leistung beim Transport von Hackgut	51
Abbildung 30: Arbeitsgänge beim Containerumschlag	53
Abbildung 31: Entfernungen zwischen den Heizwerkstandorten	56
Abbildung 32: Flächendeckung bei einem kreisförmigen Anlieferbereich von 20 km je Standort.....	57
Abbildung 33: Flächendeckung bei einem kreisförmigen Anlieferbereich von 30 km je Standort.....	57
Abbildung 34: Lagerungs- und Manipulationskosten	69
Abbildung 35: Logistikkette "Hackschnitzel - Harvester, vollmechanisiert"	71
Abbildung 36: Arbeitsdiagramm Logistikkette "Hackschnitzel - Harvester, vollmechanisiert"	71
Abbildung 37: Logistikkette "Aufbauhacker auf Forwarder (Timberchipper), vollmechanisiert"	74
Abbildung 38: Arbeitsdiagramm Logistikkette "Aufbauhacker auf Forwarder (Timberchipper), vollmechanisiert"	74

Abbildung 39: Logistikkette "Forstschlepper mit Funkseilwinde, teilmechanisiert" ...	77
Abbildung 40: Arbeitsdiagramm Logistikkette "Forstschlepper mit Funkseilwinde, teilmechanisiert"	77
Abbildung 41: Logistikkette "Forstschlepper mit Kranrückewagen, teilmechanisiert"	79
Abbildung 42: Arbeitsdiagramm Logistikkette "Forstschlepper mit Kranrückewagen, teilmechanisiert"	80
Abbildung 43: Logistikkette "Zangenschlepper, teilmechanisiert"	82
Abbildung 44: Arbeitsdiagramm Logistikkette "Zangenschlepper, teilmechanisiert" ..	82
Abbildung 45: Logistikkette "Harvester, vollmechanisiert"	85
Abbildung 46: Arbeitsdiagramm Logistikkette "Harvester, vollmechanisiert"	86
Abbildung 47: Logistikkette "Harwarder (Forvester), vollmechanisiert"	89
Abbildung 48: Arbeitsdiagramm Logistikkette "Harwarder (Forvester), vollmechanisiert"	89
Abbildung 49: Logistikkette "Harvester - Kurzholzzug, vollmechanisiert"	92
Abbildung 50: Arbeitsdiagramm Logistikkette "Harvester - Kurzholzzug, vollmechanisiert"	92
Abbildung 51: Logistikkette "Forstschlepper mit Kranrückewagen - Kurzholzzug, teilmechanisiert"	95
Abbildung 52: Arbeitsdiagramm Logistikkette "Forstschlepper mit Kranrückewagen - Kurzholzzug, teilmechanisiert"	95
Abbildung 53: Logistikkette "Bündelmaschine - Schlagrücklass, vollmechanisiert" ..	98
Abbildung 54: Arbeitsdiagramm Logistikkette "Bündelmaschine - Schlagrücklass, vollmechanisiert"	98
Abbildung 55: Logistikkette "Forstschlepper mit Kranrückewagen - Schlagrücklass, vollmechanisiert"	101
Abbildung 56: Arbeitsdiagramme Logistikkette "Forstschlepper mit Kranrückewagen - Schlagrücklass, vollmechanisiert"	101
Abbildung 57: Leistungs- und Kostenergebnisse der Logistikketten.....	105
Abbildung 58: Kostenverteilung je Teilarbeitsschritt	106
Abbildung 59: Preisunterschied Biomasse Rundholz - Waldhackgut	112
Abbildung 60: Übersicht Logistikkette "Szenario A"	114
Abbildung 61: Optimaler Hack- und Lagerplatzstandort	118
Abbildung 62: Übersichtsskizze Hack- und Lagerplatz	122
Abbildung 63: Stationäre Hackanlage	123
Abbildung 64: Materialfluss einer stationären Hackanlage	124
Abbildung 65: Skizze Hackgutvorratslager	125
Abbildung 66: Skizze Hackgutvorratslager mit Förderband und Aufschüttwände...	126
Abbildung 67: Tägliche benötigte Anliefermenge je KWK Anlage	126
Abbildung 68: LKW Zuordnung in Abhängigkeit der Jahresausliefermenge (1)	132
Abbildung 69: LKW Zuordnung in Abhängigkeit der Jahresausliefermenge (2)	132
Abbildung 70: LKW Zuordnung in Abhängigkeit der Jahresausliefermenge (3)	133
Abbildung 71: LKW Zuordnung in Abhängigkeit der Jahresausliefermenge (4)	133
Abbildung 72: Arbeitsstunden in Abhängigkeit der Ausliefermenge	134
Abbildung 73: Skizze Lagerhalle in Flugdachausführung	135
Abbildung 74: Lageplanskizze der Lager- und Vorratshalle.....	137
Abbildung 75: Kosten/Srm Hackgut Lagerplatz und Materialzufuhr, Szenario A	142
Abbildung 76: Kosten/Srm Hackgut Hackvorgang, Szenario A	143
Abbildung 77: Kosten/Srm Hackgut Auslieferung, Szenario A	144

Abbildung 78: Kosten/Srm Hackgut Lagerung und Beschickung, Szenario A	145
Abbildung 79: Gesamtkosten/Srm Hackgut Standort Göpfritz, Szenario A	147
Abbildung 80: Gesamtkosten/Srm Hackgut Standort Rastenfeld, Szenario A	147
Abbildung 81: Gesamtkosten/Srm Hackgut Standort Altweitra, Szenario A	147
Abbildung 82: Materialfluss beim Szenario B	149
Abbildung 83: Logistikkette "Szenario B"	149
Abbildung 84: Geeignete Logistikketten zur Waldhackgut Selbstbeschaffung, Szenario B	150
Abbildung 85: Ganzheitliche Organisation bei der Waldhackguterzeugung	152
Abbildung 86: Anzahl der benötigten LKWs bei der Direktbefüllung	154
Abbildung 87: Kosten/Srm Hackgut Lagerplatz, Szenario B	161
Abbildung 88: Gesamtkosten/Srm Hackgut je KWK Standort, Szenario B	163
Abbildung 89: Logistikkette „Szenario C“	166
Abbildung 90: Biomasse Trommelhacker (Fa. Vecoplan)	169
Abbildung 91: Biomassenhacker VTH	170
Abbildung 92: Mobilhacker Jenz HEM 700	174
Abbildung 93: Darstellung Markierungslinien	176
Abbildung 94: Histogramm Stichprobendurchmesser (cm)	177
Abbildung 95: Kastenquerschnitt Rundholz	178
Abbildung 96: Lageplan stationäre Hackanlage Altweitra	180
Abbildung 97: 3D - Ansicht stationäre Hackanlage Altweitra	181
Abbildung 98: Materialzufuhr mit Hackmaschinengebäude, Szenario C	181
Abbildung 99: Hackschnitzelpile, Szenario C	182
Abbildung 100: Hackgutbunker mit Förderbandbeschickung, Szenario C	183
Abbildung 101: Kosten/Srm Hackgut, stationäre Hackanlage, Szenario C	188
Abbildung 102: Kosten/Srm Hackgut Lagerung, MZF und Beschickung; stationäre Hackanlage, Szenario C	189
Abbildung 103: Gesamtkosten/Srm Hackgut, stationäre Hackanlage, Szenario C	190
Abbildung 104: Geographische Verteilung der Hackguterzeuger im Waldviertel ...	192
Abbildung 105: Lageplan Lager- und Vorratshalle	193
Abbildung 106: Materialumschlaggerät mit Rungenanhänger	194
Abbildung 107: Kosten/Srm Hackgut, mobiler Hacker, Szenario C	198
Abbildung 108: Kosten/Srm Hackgut; Lagerung, MZF und Beschickung, Szenario C	199
Abbildung 109: Gesamtkosten /Srm Hackgut, mobiler Hacker, Szenario C	200
Abbildung 110: Vergleich Selbstkosten - Unternehmersatz	202
Abbildung 111: Kostenvergleich Stationärer - Mobiler Hacker	204
Abbildung 112: Langzeitbetrachtung Stationäre Hackanlage	205
Abbildung 113: Langzeitbetrachtung Mobile Hackmaschine	205
Abbildung 114: Kostenvergleich Szenario A und B	206
Abbildung 115: Kostenvergleich Szenario C	207

16.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Mittlere Umrechnungswerte (Richtwerte) von Raummeter und Schüttraummeter in Festmeter handelsüblicher Holzvolumina (ÖNORM M 7132)	24
Tabelle 2: Größenklassen des Holzhackgutes	25
Tabelle 3: Übersicht der Leistungswerte beim motormanuellen Fällen und Aufarbeiten	36
Tabelle 4: Übersicht der Leistungswerte beim motormanuellen und teilmechanisierten Fällen.....	37
Tabelle 5: Übersicht der Leistungswerte beim vollmechanisierten Fällen und Aufarbeiten	38
Tabelle 6: Übersicht der Leistungswerte beim Rücken.....	40
Tabelle 7: Übersicht der Leistungswerte beim Hacken.....	44
Tabelle 8: Leistungswerte in Abhängigkeit vom Material beim Hacken mit Großhackern	46
Tabelle 9: Leistungswerte beim Bündeln von Schlagrücklass	47
Tabelle 10: Eingangsdaten zur Leistungsberechnung beim Hackholztransport	49
Tabelle 11: Eingangsdaten zur Leistungsberechnung beim Hackguttransport.....	51
Tabelle 12: Transportvolumen in Abhängigkeit des Wassergehaltes (1).....	55
Tabelle 13: Transportvolumen in Abhängigkeit des Wassergehaltes (2).....	55
Tabelle 14: Sicherheits- und Brandabschnittsstreifen.....	59
Tabelle 15: Hinweise und Anforderungen zur Lagerplatzgestaltung.....	60
Tabelle 16: Übersicht Lohnkosten	61
Tabelle 17: Selbstkostenberechnung Harvester	62
Tabelle 18: Selbstkostenberechnung mobile Hackmaschine	63
Tabelle 19: Zurückgelegte Kilometer/Stunde bei einer Anlieferungsentfernung von 30km	64
Tabelle 20: Anschaffungskosten der Transportsysteme.....	65
Tabelle 21: Selbstkostenberechnung Rundholz LKW.....	66
Tabelle 22: Selbstkosten der Transportsysteme bei einer Anlieferentfernung von 30km	66
Tabelle 23: Übersicht Maschinenselbstkosten.....	67
Tabelle 24: Gesamtkostenübersicht	68
Tabelle 25: Daten Lagerplatz.....	69
Tabelle 26: Lagerungs- und Manipulationskosten	69
Tabelle 27: Leistung und Kosten Logistikkette "Hackschnitzel - Harvester, vollmechanisiert"	73
Tabelle 28: Leistung und Kosten Logistikkette "Aufbauhacker auf Forwarder (Timberchipper), vollmechanisiert"	76
Tabelle 29: Leistung und Kosten Logistikkette "Forstschlepper mit Funkseilwinde, teilmechanisiert"	79
Tabelle 30: Leistung und Kosten Logistikkette "Forstschlepper mit Kranrückewagen, teilmechanisiert"	81
Tabelle 31: Leistung und Kosten Logistikkette "Zangenschlepper, teilmechanisiert"	85
Tabelle 32: Leistung und Kosten Logistikkette "Harvester, vollmechanisiert".....	88
Tabelle 33: Leistung und Kosten Logistikkette "Harwarder (Forvester), vollmechanisiert"	91

Tabelle 34: Leistung und Kosten Logistikkette "Harvester - Kurzholzzug, vollmechanisiert"	94
Tabelle 35: Leistung und Kosten Logistikkette "Forstschlepper mit Kranrückewagen - Kurzholzzug, teilmechanisiert"	97
Tabelle 36: Leistung und Kosten Logistikkette "Bündelmaschine - Schlagrücklass, vollmechanisiert"	100
Tabelle 37: Leistung und Kosten Logistikkette "Forstschlepper mit Kranrückewagen - Schlagrücklass, vollmechanisiert"	103
Tabelle 38: Kosten- und Leistungsergebnisse der Logistikketten.....	104
Tabelle 39: Jahresbedarfsmenge in Abhängigkeit vom Wassergehalt	108
Tabelle 40: Eingangsdaten zur Dimensionierung des Hack- und Lagerplatzes.....	108
Tabelle 41: Modell der Kostenkalkulation (Kostenartenrechnung).....	111
Tabelle 42: Vorgangsweise bei der Auswahl eines gewerblichen Standortes	115
Tabelle 43: Mögliche Fest-, Mindest- und Wunschanforderungen bei der Auswahl eines Betriebsstandortes	116
Tabelle 44: Erwarteter Biomasseumschlag am Hack- und Lagerplatz	116
Tabelle 45: Koordinaten zur Berechnung des optimalen Hack- und Lagerplatzstandortes	117
Tabelle 46: Lokale Standortsanforderungen.....	119
Tabelle 47: Benötigte Vorratsmenge an Rundholz	121
Tabelle 48: Übersicht Lagerplatz, Szenario A.....	121
Tabelle 49: Transportgeschwindigkeiten im Schwerlastverkehr	128
Tabelle 50: Durchschnittsgeschwindigkeit bei der Hackgutauslieferung je Standort	128
Tabelle 51: Gesamtzykluszeiten je Standort.....	129
Tabelle 52: Auslieferleistung pro Tag in Abhängigkeit der Anzahl der LKWs.....	131
Tabelle 53: Arbeitsstunden in Abhängigkeit der Ausliefermenge.....	133
Tabelle 54: Auslegung der Lagerhallengröße.....	135
Tabelle 55: Transportleistung Radlader.....	136
Tabelle 56: Versorgungsablauf bei Lieferengpässen.....	139
Tabelle 57: Eingangsdaten Lagerplatz und Materialzufuhr, Szenario A	141
Tabelle 58: Kosten/Srm Hackgut Lagerplatz und Materialzufuhr, Szenario A	141
Tabelle 59: Eingangsdaten Hackvorgang, Szenario A	142
Tabelle 60: Kosten/Srm Hackgut Hackvorgang, Szenario A	143
Tabelle 61: Arbeitsstunden bzw. Kosten/Srm Hackgut Auslieferung, Szenario A... ..	144
Tabelle 62: Eingangsdaten Lagerung und Beschickung, Szenario A	144
Tabelle 63: Kosten/Srm Hackgut Lagerung und Beschickung, Szenario A	145
Tabelle 64: Gesamtkosten/Srm Hackgut, Szenario A.....	146
Tabelle 65: Eingangsdaten zur Berechnung der Transportmittelanzahl	153
Tabelle 66: Berechnung der benötigten Transportmittel.....	153
Tabelle 67: Übersicht Lagerplatz, Szenario B.....	155
Tabelle 68: Berechnung der Anlieferungstage im Jahr	156
Tabelle 69: Gesamtzykluszeiten der LKWs je KWK Standort.....	157
Tabelle 70: Eingangsdaten Lagerplatz, Szenario B.....	160
Tabelle 71: Kosten/Srm Hackgut Lagerplatz, Szenario B.....	160
Tabelle 72: Arbeitsstunden und Auslieferkosten, Szenario B	162
Tabelle 73: Kosten/Srm Hackgut Auslieferung, Szenario B.....	162
Tabelle 74: Gesamtkosten/Srm Hackgut je KWK Standort, Szenario B	163

Tabelle 75: Technische Daten Biomassehacker VTH	170
Tabelle 76: Technische Daten Mobilhacker JENZ.....	173
Tabelle 77: Losgröße - Markierungslinien	176
Tabelle 78: Gewählter stationärer Biomassehacker	179
Tabelle 79: Übersicht Lagerplatz, Szenario C	184
Tabelle 80: Eingangsdaten Hackvorgang, stationäre Hackanlage, Szenario C.....	187
Tabelle 81: Kosten/Srm Hackgut, stationäre Hackanlage, Szenario C.....	187
Tabelle 82: Eingangsdaten Lagerung, MZF und Bunkerbeschickung; stationäre Hackanlage, Szenario C.....	188
Tabelle 83: Kosten/Srm Hackgut Lagerung, MZF und Beschickung; stationäre Hackanlage, Szenario C.....	189
Tabelle 84: Gesamtkosten/Srm Hackgut, stationäre Hackanlage, Szenario C.....	190
Tabelle 85: Mobile Hackguterzeuger im Waldviertel und angrenzender Regionen	191
Tabelle 86: Eingangsdaten Hackvorgang, mobiler Hacker, Szenario C	197
Tabelle 87: Kosten/Srm Hackgut, mobiler Hacker, Szenario C	197
Tabelle 88: Eingangsdaten Lagerung, Materialzufuhr und Bunkerbeschickung, Szenario C.....	198
Tabelle 89: Kosten/Srm Hackgut; Lagerung, MZF und Beschickung, Szenario C..	199
Tabelle 90: Gesamtkosten/Srm Hackgut, mobiler Hacker, Szenario C	200
Tabelle 91: Selbstkostenrechnung mobile Hackmaschine	201
Tabelle 92: Kostenvergleich Szenario A und B.....	206
Tabelle 93: Dezentrale Holzlagerung, Szenario C.....	207
Tabelle 94: Kostenübersicht KWK Standort Altweitra, Szenario A	220
Tabelle 95: Kostenübersicht KWK Standort Altweitra, Szenario B	221
Tabelle 96: Kostenübersicht KWK Standort Altweitra, stationäre Hackanlage, Szenario C.....	222
Tabelle 97: Kostenübersicht KWK Standort Altweitra, mobile Hackmaschine, Szenario C.....	223
Tabelle 98: Daten Energieholz Lagerplatz – Hackgutlagerung.....	224
Tabelle 99: Daten Personal	225
Tabelle 100: Daten Maschinen	226
Tabelle 101: Kostenübersicht Stationäre Hackanlage, Szenario A und C.....	227
Tabelle 102: Daten Wartungs-, Instandhaltungs- und Reparaturkosten stationäre Hackanlage, Szenario C.....	228
Tabelle 103: Daten Wartungs-, Instandhaltungs- und Reparaturkosten mobile Hackmaschine, Szenario C	229
Tabelle 104: Abkürzungen.....	230

16.3 Formelverzeichnis

Formel 1: Zusammenhang Wassergehalt und Holzfeuchte (ÖNORM M 7132).....	23
Formel 2: Heizwert (ÖNORM M 7132)	24
Formel 3: Umrechnung FMO - BHD, BHD - FMO.....	35
Formel 4: Umrechnung FMM - BHD, BHD - FMM	35
Formel 5: Berechnung des Ladevolumens beim Transport von Schlagrücklass	49
Formel 6: Berechnung der Systemkosten.....	70
Formel 7: Berechnung der Systemleistung.....	70
Formel 8: Berechnung des Standortschwerpunktes	117
Formel 9: Lagerumschlagshäufigkeit, Szenario A	122
Formel 10: erforderliche Hackerleistung, Szenario A	127
Formel 11: Anzahl der befüllten LKWs/Stunde	129
Formel 12: Beladezeit je LKW, Szenario A.....	129
Formel 13: Benötigte LKW Führen pro Tag je Heizwerk	130
Formel 14: benötigten Schaufelladungen/h - Bunkerbeschickung, Szenario A	136
Formel 15: Lagerumschlagshäufigkeit, Szenario B	156
Formel 16: Beladezeit je LKW, Szenario B.....	157
Formel 17: Benötigte LKWs zur Hackgutauslieferung	157
Formel 18: tägliche Einsatzzeit Hackmaschine	158
Formel 19: erforderliche Hackerleistung - stationärer Hacker, Szenario C	175
Formel 20: tägliche Einsatzzeit stationärer Hacker.....	179
Formel 21: Lagerumschlagshäufigkeit, Szenario C	185
Formel 22: tägliche Einsatzzeit mobile Hackmaschine.....	192
Formel 23: benötigte Schaufelladungen/h – Bunkerbeschickung, Szenario C	195

16.4 Literaturverzeichnis und Websites

- Affenzeller G.: Integrierte Harvester-Forwarder-Konzepte (Harwarder), Wien, Institut für Forsttechnik, Department für Wald- und Bodenwissenschaften, Universität für Bodenkultur Wien, Dipl.-Arb., 2005
- BFW, Landwirtschaftskammer Niederösterreich: Austrofoma und Austrofoma Bioenergie, Wertschöpfung aus Holz mit moderner Forsttechnik, Landwirtschaftskammer Niederösterreich, Wien, 2007
- Biomasseverband Österreich: Daten und Fakten zu Klimaschutz - Treibhausgasemissionen - Ökostromgesetz, Österreichischer Biomasseverband, Wien, 2007
www.biomasseverband.at/static/mediendatenbank/root01/6.%20Presse/6.4%202007/Oekostromgesetz%20neu%20%E2%80%93%20aber%20welches/KlimaEnergie_Fakten.pdf
- Bischoff J.: Foliensatz Fabrikplanung, Institut für Managementwissenschaften, Technische Universität Wien, 2007
- Blumauer E., Deimel M., Kogler F. Lindner H., Moitzi G., Pröll W.: ÖKL - Richtwerte für die Maschinenselbstkosten, Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung, Wien, 2007
<http://www.oekl.at/richtwerteOnline/>
- Denkinger B.: Wie forstliche Hacker arbeiten, in: LWFaktuell vom November 2005, München
- Ebner G.: Umschlag rationell/Bagger mit Anhänger spart drei Leerfahrten, in: Holzkurier vom November 2007
- Feller S., Hömer U., Wittkopf S.: Bereitstellungsverfahren für Waldhackschnitzel - Leistung, Kosten, Rahmenbedingungen, Bayrische Landesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (LWF), Freising, 2003
www.lwf.bayern.de/imperia/md/content/lwf-internet/veroeffentlichungen/lwf-wissen/38/lwf-wissen_38.pdf
- Feller S., Remler N., Weixler H.: Vollmechanisierte Waldhackschnitzel-Bereitstellung Ergebnisse einer Arbeitsstudie am Hackschnitzelharvester, Bericht aus der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft Nr.16, Freising, 1998
- Feller S., Webenau B., Weixler H.: Teilmechanisierte Bereitstellung, Lagerung und Logistik von Waldhackschnitzel, Bericht aus der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft Nr.21, Freising, 2000
- Fenz B., Holzleitner F., Kanzian Ch., Stampfer K.: Waldhackguterzeugung aus Schlagrücklass, Universität für Bodenkultur Wien, 2006
www.boku.ac.at/fileadmin/ /H91/H915/Publikationen/fpp_schlagruecklass_feb20061.pdf

- Fenz B., Stampfer K.: Optimierung des Holztransports durch Einsatz von faltbaren Containern (LogRa), Universität für Bodenkultur Wien, 2005, <http://www.wabo.boku.ac.at/2793.html>
- Fobrig A., Gaupner J., Morat J.: Holzernteverfahren, Vergleichende Erhebung und Beurteilung der Holzernteverfahren in der Bundesrepublik Deutschland, Groß-Umstadt, 1998
- Grösel B.: Skriptum Transport- und Fördertechnik - Materialflusslehre, Institut für Fördertechnik, Technische Universität Wien, 2005
- Herzog Ch.: Entwicklung von regionalen Energieholzbereitstellungssystemen, Wien, Institut für Forsttechnik, Department für Wald- und Bodenwissenschaften, Universität für Bodenkultur Wien, Dipl.-Arb., 2006
- Holzenegie Schweiz: Rationelle Holzschnitzelbereitstellung im Forstbetrieb, Merkblatt Nr. 11, Bundesamt für Energie BFE, Zürich, 2003
- Jirikowski W., Pröll W., Semper S., Trzesniowski S.: Holzernte in der Durchforstung - Harvester, Forwarder, FPP Kooperationsabkommen Forst-Platte-Papier, Wien, 1998
- Kain J.: Formblatt - LKW - Kalkulation, Rundholztransporte, Wirtschaftskammer Österreich in Zusammenarbeit mit dem Fachverband Güterbeförderung, Wien, 2005
portal.wko.at/wk/dok_detail_file.wk?AngID=1&DocID=446156&DstID=1252&StID=220679
- Kallio M., Leinonen A.: Production technology of forest chips in finland, VTT Processes, Jyväskylä, 2005 http://www.bio-south.com/pdf/ForestRes_Prod.pdf
- Kaltschmitt M., Reinhardt G.: Nachwachsende Energieträger / Grundlagen, Verfahren, ökologische Bilanzierung, Friedrich Vieweg & Sohn Verlags GmbH, Braunschweig/Wiesbaden, 1997
- Kanzian Ch., Kindermann G., Holzleitner F., Stampfer K.: Regionale Energieholzlogistik Mittelkärnten, Universität für Bodenkultur Wien, 2006
www.wabo.boku.ac.at/fileadmin//H91/H915/Publikationen/Regionale_Energieholzlogistik_Mittelkaernten.pdf
- Kanzian Ch.: Bereitstellung von Waldhackgut / Verfahren Energieholzbündel im Gebirge, Institut für Forsttechnik, Universität für Bodenkultur Wien, 2005
www.wabo.boku.ac.at/uploads/media/energieholzbuendel_2005_endbericht.pdf
- Kemmettmüller W., Jirikowski W., Zihl G.: Holzernte in der Durchforstung - Kostenrechnung, FPP Kooperationsabkommen Forst-Platte-Papier, Wien, 2005

- Kornell P., Pröpster A., Remler N., Schramm B., Wirtz J.: Holzenergie für Kommunen - Ein Leitfaden für Initiatoren, Anstalt des öffentlichen Rechts, Bonn, 2006
- Kuhlang P., Minichmayr J., Mrkonjic W.: Skriptum Betriebliche Logistik, Institut für Managementwissenschaften, Technische Universität Wien, 2005
- Lebensministerium Österreich: Anpassung der Klimastrategie Österreichs zur Erreichung des Kyoto - Ziels 2008 - 2013, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, Wien, 2007
<http://umwelt.lebensministerium.at/filemanager/download/20039/>
- Linko F.: Möglichkeiten und Probleme beim Holztransport, Wien, Institut für Forsttechnik, Department für Wald- und Bodenwissenschaften, Universität für Bodenkultur Wien, Dipl.-Arb., 2006
- Önorm M 7132: Energiewirtschaftliche Nutzung von Holz und Rinde als Brennstoff, Begriffsbestimmungen und Merkmale, Österreichische Normungsinstitut (ON), Wien, 1998
- Önorm M 7133: Holzhackgut für energetische Zwecke, Anforderungen und Prüfbestimmungen, Österreichische Normungsinstitut (ON), Wien, 1998
- Patzak W.: Untersuchungen zum Transport von Biomasse vom Wald zu einem zentralen Lagerplatz für die Verhältnisse in Emmelshausen, Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Verfahrenstechnik der Universität München, 1981
- Prevedel R.: Kyoto - Ziel - Erfüllung in Österreich, Fakultät für Physik, Universität Wien, Wien, 2004
<http://homepage.univie.ac.at/robert.prevedel/Kyoto-Protokoll.ppt#3>
- Pröll W.: Was man über Harvester wissen muss – Teil 1, in: Land Technik Leute vom September 2004, Pöllau
- Stampfer E., Stamper K., Trzesniowski A.: Rationalisierung der Bereitstellung von Waldhackgut, Forschung im Verbund, Schriftenreihe Band 29, Wien, 2001
- TRVB C 141 81: Technische Richtlinien vorbeugender Brandschutz / Lagerung fester, brennbarer Stoffe im Freien, Österreichischer Bundesfeuerwehrverband, Wien, 1981
- Wittkopf S.: Bereitstellung von Waldhackgut zur thermischen Verwertung durch Forstbetriebe in Bayern, Technische Universität München, Diss., 2005
http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=977700607&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=977700607.pdf

16.5 Schriftliche Mitteilungen

Köck L.: DI, Leiter NÖ Waldverband, NÖ Landwirtschaftskammer Fachabteilung Forstwirtschaft, Wienerstraße 64, 3100 St. Pölten, 24.01.2008

Kramer J.: Geschäftsführer, Fa. Kramer Hackguterzeugung, Feuersang 85, 5542 Flachau, 12.02.2008

16.6 Mündliche Mitteilungen

Amsis J.: Verkauf, Fa. Berger GmbH & Co.KG, Schlatt Werk I, 4690 Schwanenstadt

Geissler U.: Ing., Verkauf, Fa. Vecoplan AG, Markatstraße 40, 4600 Wels, 16.11.2007

Goldnagl N.: Vertreter, Fa. Jenz Maschinen- und Fahrzeugbau GmbH, Mitterfeld 9, 3072 Kasten, 06.02.2008

Leutgeb A.: DI (FH), Finanzen, Fa. Leutgeb Hackschnitzel OEG, Monegg 5, 4252 Liebenau, 15.02.08

Mayer A.: Mag. (FH), Geschäftsführer, Nawaro Energie Betrieb GmbH, Altweitra 70, 3970 Weitra, 27.10.2007

Pappenscheller G.: Verkauf, Fa. Volvo Baumaschinen Österreich GmbH, Niederlassung Wienerstraße 169f, 2352 Gumpoldskirchen, 01.02.2008

Riedler jun. E.: DI (FH), Verkauf, Fa. Riedler Fahrzeugbau- und Vertriebsges.m.b.H, Bahnleitn 1, 4664 Oberweis, 08.11.07

Seidl D.: DI (FH), Geschäftsführer, Fa. Franz Seidl & Sohn GmbH, Altweitra 70, 3970 Weitra, 05.02.2008

Wurm G.: Mag., Verkauf, Fa. Haltec Hallensysteme GmbH, Siemensstraße 52, 4030 Linz, 28.11.2007

Wurz R.: Wiegemeister, EVU Energie Versorgung Unserfrau - Altweitra, Altweitra 70, 3970 Weitra, 11.02.2008

Baumgartner G.: Kundendienst Waagen/Geräte, Fa. Batsch Waagen & EDV Ges.m.b.H & Co KG, Wachaustraße 61, 3382 Loosdorf, 01.02.2008

17 Anhang

17.1 Kostenübersicht Szenario A, Standort Altweitra

Kostenübersicht KWK Standort Altweitra, Szenario A					
Kostenstellen	Gesamtkosten nach Kostenarten (€)	Lagerplatz	Hackvorgang	Auslieferung	Lagerung und Beschickung
Kostenarten					
Personalkosten					
Lohnkosten	90.853	49.781	16.594	0	24.479
Lohnnebenkosten	127.194	69.693	23.231	0	34.270
Sonderkosten	0	0	0	0	0
Gehaltskosten	0	0	0	0	0
Gehaltsnebenkosten	0	0	0	0	0
Sachkosten					
Kalk. AfA	170.097	60.678	51.294	0	58.124
Treibstoffkosten	63.983	34.679	0	0	29.304
Schmiermittelkosten	0	0	0	0	0
Energiekosten	38.525	0	38.525	0	0
Reparaturkosten	0	0	0	0	0
Materialkosten	0	0	0	0	0
Kosten für Werkzeuge	0	0	0	0	0
Fremdleistungskosten					
Kosten für Dienstleiter	352.830	0	0	352.830	0
Fremdinstandhaltung	99.253	19.653	65.713	0	13.887
Beratungskosten	0	0	0	0	0
Mieten, Pachtzinsen	6.000	4.200			1.800
Abgaben und Steuern					
Grundsteuer	0	0	0	0	0
Gebühren	0	0	0	0	0
Kapitalkosten					
kalk. Zinsen	43.474	16.475	12.824	0	14.175
kalk. Wagnisse	0	0	0	0	0
Sonstige Kosten					
Versicherungen	2.333	1.083	0	0	1.250
Gesamtkosten (€)	994.542				

Tabelle 94: Kostenübersicht KWK Standort Altweitra, Szenario A

Die Tabelle 94 zeigt die anfallenden Kosten der einzelnen Abschnitte in der Logistikkette für den Standort Altweitra bei einem Jahresverbrauch von 234.000 Srm Hackgut.

17.2 Kostenübersicht Szenario B, Standort Altweitra

Kostenübersicht KWK Standort Altweitra, Szenario B					
Kostenstellen	Gesamtkosten nach Kostenarten (€)	Lagerplatz	Hackvorgang	Auslieferung	Lagerung und Beschickung
Kostenarten					
Personalkosten					
Lohnkosten	40.798	16.319	0	0	24.479
Lohnnebenkosten	57.117	22.847	0	0	34.270
Sonderkosten	0	0	0	0	0
Gehaltskosten	0	0	0	0	0
Gehaltsnebenkosten	0	0	0	0	0
Sachkosten					
Kalk. AfA	94.341	36.217	0	0	58.124
Treibstoffkosten	36.652	7.348	0	0	29.304
Schmiermittelkosten	0	0	0	0	0
Energiekosten	0	0	0	0	0
Reparaturkosten	0	0	0	0	0
Materialkosten	0	0	0	0	0
Kosten für Werkzeuge	0	0	0	0	0
Fremdleistungskosten					
Kosten für Dienstleister	221.208	0	115.000	106.208	0
Fremdinstandhaltung	18.427	4.540	0	0	13.887
Beratungskosten	0	0	0	0	0
Mieten, Pachtzinsen	5.400	3.600			1.800
Abgaben und Steuern					
Grundsteuer	0	0	0	0	0
Gebühren	0	0	0	0	0
Kapitalkosten					
kalk. Zinsen	26.900	12.725	0	0	14.175
kalk. Wagnisse	0	0	0	0	0
Sonstige Kosten					
Versicherungen	1.667	417	0	0	1.250
Gesamtkosten (€)	502.510				

Tabelle 95: Kostenübersicht KWK Standort Altweitra, Szenario B

Die Kostenübersicht bezieht sich auf eine Auslieferungsmenge von 70.000 Srm seitens des zentralen Lagerplatzes und einer jährlichen Gesamtbedarfsmenge von 234.000 Srm Hackgut.

17.3 Kostenübersicht Szenario C, stationäre Hackanlage, Standort Altweitra

Kostenübersicht KWK Standort Altweitra, stationäre Hackanlage, Szenario C			
Kostenstellen	Gesamtkosten nach Kostenarten (€)	Hackvorgang	Lagerplatz und Beschickung
Kostenarten			
Personalkosten			
Lohnkosten	48.958	24.479	24.479
Lohnnebenkosten	68.541	34.270	34.270
Sonderkosten	0	0	0
Gehaltskosten	0	0	0
Gehaltsnebenkosten	0	0	0
Sachkosten			
Kalk. AfA	204.777	128.533	76.245
Treibstoffkosten	33.700	0	33.700
Schmiermittelkosten	0	0	0
Energiekosten	47.929	47.929	0
Reparaturkosten	0	0	0
Materialkosten	0	0	0
Kosten für Werkzeuge	0	0	0
Fremdleistungskosten			
Kosten für Dienstleiter	0	0	0
Fremdinstandhaltung	132.142	115.256	16.887
Beratungskosten	0	0	0
Mieten, Pachtzinsen	5.400	0	5.400
Abgaben und Steuern			
Grundsteuer	0	0	0
Gebühren	0	0	0
Kapitalkosten			
kalk. Zinsen	55.808	32.133	23.675
kalk. Wagnisse	0	0	0
Sonstige Kosten			
Versicherungen	1.250	0	1.250
Gesamtkosten (€)	598.504		

Tabelle 96: Kostenübersicht KWK Standort Altweitra, stationäre Hackanlage, Szenario C

Die Kostenübersicht bezieht sich auf eine jährlich verbrauchte und produzierte Hackgutmenge von 234.000 Srm.

17.4 Kostenübersicht Szenario A, mobile Hackmaschine, Standort Altweitra

Kostenübersicht KWK Standort Altweitra, mobile Hackmaschine, Szenario C			
Kostenstellen	Gesamtkosten nach Kostenarten (€)	Hackvorgang	Lagerplatz und Beschickung
Kostenarten			
Personalkosten			
Lohnkosten	73.437	24.479	48.958
Lohnnebenkosten	102.811	34.270	68.541
Sonderkosten	0	0	0
Gehaltskosten	0	0	0
Gehaltsnebenkosten	0	0	0
Sachkosten			
Kalk. AfA	194.708	70.000	124.708
Treibstoffkosten	153.200	105.350	47.850
Schmiermittelkosten	5.268	5.268	0
Energiekosten	0		0
Reparaturkosten	49.770	49.770	0
Materialkosten	0	0	0
Kosten für Werkzeuge	0	0	0
Fremdleistungskosten			
Kosten für Dienstleister	36.740	36.740	0
Fremdinstandhaltung	24.208		24.208
Beratungskosten	0	0	0
Mieten, Pachtzinsen	8.900	3.500	5.400
Abgaben und Steuern			
Grundsteuer	0	0	0
Gebühren	0	0	0
Kapitalkosten			
kalk. Zinsen	38.125	8.750	29.375
kalk. Wagnisse	0	0	0
Sonstige Kosten			
Versicherungen	6.000	3.500	2.500
Gesamtkosten (€)	693.167		

Tabelle 97: Kostenübersicht KWK Standort Altweitra, mobile Hackmaschine, Szenario C

Die Kostenübersicht bezieht sich auf eine jährlich verbrauchte und produzierte Hackgutmenge von 234.000 Srm mit einer firmeneigenen mobilen Hackmaschine.

17.5 Daten Energieholz - Lagerplatz und Hackgutlagerung

Lagerungskosten			
	Lagerplatz	Brückenwaage	Lagerhalle
Beschreibung	befestigt, Strom-Wasseranschluss, Drainage,...	Ortsbeton - Langbrückenwaage	Metall - Leichtbauhalle
Größe, Abmessungen (m ² , m, to,...)	15.000	18 m x 3 m	40 m x 22 m
Pacht- und Baurechtkosten (€/m ² /a)	0,36	/	/
Errichtungskosten (€/m ²)	40,00	/	/
Investitionskosten (€)	600.000	47.000	100.000
Verzinsung (%)	5,00%	5,00%	5,00%
Nutzungsdauer (Jahre)	19	20	14
Quelle	Fa. Seidl & Sohn	Fa. Batsch	Fa. Haltec
Anfallende Kosten (€/Jahr)	54.978,95	4.225,00	9.642,86
Afa (€/a)	31.579	2.350	7.143
kalkulatorische Zinsen (€/a)	15.000	1.175	2.500
Instandhaltungskosten (€/a)	3.000	700	0
Miete-, Pachtkosten (€/a)	5.400	0	0

Tabelle 98: Daten Energieholz Lagerplatz – Hackgutlagerung

Je nach Szenario variiert die Grundstücksgröße und verändert somit die Gesamtkostenkalkulation.

17.6 Daten Personal

Die Personalkostenberechnung wurden auf Grundlage des Arbeiter bzw. Angestellten - Kollektivvertrages für die eisen- und metallerzeugende und-verarbeitende Industrie für den Fachverband Gas- und Wärmeversorgungsunternehmen kalkuliert. Der Stundenlohn wurde dabei einheitlich für die verschiedenen Berufsgruppen wie Wiegemeister, Radladerfahrer und Leitstellentechniker, mit einer Höhe von € 10,47/Stunde angesetzt. Die Lohnnebenkosten wurden mit 140 % beziffert (vergleiche auch Punkt 11.2.1).

Personalkosten			
z.B. Radladerfahrer			
Bezeichnung	Werte	Einheiten	Arbeitszeit/ Monat (h)
Stundenlohn Brutto	10,470	€/h	167,0
Zulagen			
Überstunden (50 %)	5,235	€/h	0,0
2.Schicht	0,352	€/h	0,0
3.Schicht	1,487	€/h	0,0
Sonntag	10,470	€/h	0,0
Feiertag	12,227	€/h	0,0
Schmutzzulage	0,403	€/h	0,0
Gefahrenzulage	0,403	€/h	0,0
Erschwerniszulage	0,403	€/h	0,0
Lohnnebenkosten	140,00%	%	167,0
Grundmonatslohn brutto		€	1.748,49
Zulagen		€	0,00
Lohnkosten gesamt		€	1.748,49
Lohnnebenkosten		€	2.447,89
Monatliche Personalkosten (Radladerfahrer)		€	4.196,38
Jährliche Lohnkosten (Radladerfahrer)		€	24.478,86
Jährliche Lohnnebenkosten (Radladerfahrer)		€	34.270,40

Tabelle 99: Daten Personal

17.7 Daten Maschinen

Die in Tabelle 100 angegebenen Maschinendaten ändern sich mit der jährlichen Auslastung der einzelnen Maschinen. Bei einer hohen Auslastung erhöhen sich deswegen auch die Treibstoff- sowie die Reparatur- und Instandhaltungskosten der Geräte.

Die Einsatzstunden wurden wiederum auf die jährlich verbrauchte Hackgutmenge angepasst. Bei einem hohen Hackschnitzelverbrauch erhöhten sich die Arbeiten bei der Bunkerbeschickung sowie die bei der Materialzufuhr. Deshalb steigen auch die Kosten an.

Maschinenkosten					
Eingangsdaten zur Kostenkalkulation					
Maschine	Volvo E120L	Volvo E180L High Lift	Sennebogenbagger 735 M-HD	Tandem Rungenanhänger	
Beschreibung	Radlader mit Rundholzzange (3,2 m ²) und Schüttgutschaufel (8 - 9,5 m ³)	Radlader High Lift, Rundholzzange drehbar um 360° mit 3,5m ²	Mobiler Umschlag - Radbagger mit Rundholzzange 3,2 m ²	Tandem Rundholzanhänger	
Größe, Abmessungen (m,to,...)	20,9 to, 180 kW	33 - 35 to, 235 kW	38,5 to, 186 kW		/
Investitionskosten (€)	180.000	350.000	230.000		18.000
Verzinsung (%)	5,00%	5,00%	5,00%		5,00%
Nutzungsdauer (Jahre)	5	5	5		11
Instandhaltungs- und Reparaturkosten [Full Service ohne Reifen] (€/Bst)	5,06	5,39	4,30		/
Reifenkosten (€/Bstd)	2,14	6,00	0,90		/
Treibstoffverbrauch (l/Bst)	16	19	14		/
Treibstoffkosten (€/l)	1,00	1,00	1,00		/
tatsächliche Betriebsstunden/Jahr	1.778	2.518	1.386		1.386
Quelle	Fa Volvo	Fa Volvo	Fa Sennebogen	Fa. Trautwein	
Anfallende Kosten (€/Jahr)	83.004,70	157.285,82	79.611,20	2.586,36	
Afa (€/a)	36.000	70.000	46.000		1.636
kalkulatorische Zinsen (€/a)	4.500	8.750	5.750		450
Treibstoffkosten	28.452	47.851	19.404		0
Instandhaltungs- und Reparaturkosten	12.803	28.685	7.207		500
Versicherungskosten (Haftpflicht) (€/a)	1.250	2.000	1.250		0

Tabelle 100: Daten Maschinen

17.8 Daten Stationäre Hackanlage

Kostenaufstellung stationäre Hackanlage	
Bereich	Kosten netto (€)
Szenario A:	
Komponentenkosten	1.358.825
Bauarbeiten für Fundament, Maschinengebäude und Hackgutvorratslager	120.000
Montagekosten der Hackanlage	60.000
Gesamtkosten stationäre Hackanlage (€)	1.538.825
Szenario C:	
Komponentenkosten	1.135.325
Bauarbeiten für Fundament, Maschinengebäude und Hackgutvorratslager	100.000
Montagekosten der Hackanlage	50.000
Gesamtkosten stationäre Hackanlage (€)	1.285.325

Tabelle 101: Kostenübersicht Stationäre Hackanlage, Szenario A und C

Die obige Tabelle gibt die Gesamtkosten der stationären Hackanlagen aus Szenario A und C wieder. Die Kosten beim Szenario A sind wegen der höheren Stundenleistung der Hackanlage etwas höher als beim Szenario C.

Bei der dezentralen Aufbereitung der Biomasse (Szenario C) können deshalb zwei kleinere Elektromotoren mit je 250 kW Leistung, anstatt je 315 kW Leistung, zum Antrieb der Hackmaschine verwendet werden. Weiters wird der Rundholzaufgabetisch in Form eines Kettenquerförderers weggelassen. Auch die Montage- und Bauarbeitskosten fallen aufgrund der geringeren Größe der stationären Anlage niedriger aus.

➤ Daten Wartung, Instandhaltung und Reparatur

Wartungs-, Instandhaltungs- und Reparaturkosten stationäre Hackanlage							
Komponentenbezeichnung	Anfallende IH-Kosten/Zeitraum (€/Zeitraum)	Richtwert Einsatzstunden		tatsächliche Betriebsstunden (h)	Personal-kosten (€/h bzw. €)	Bemerkung	IH - Kosten/Jahr (€/a)
		Minimum (h)	Maximum (h)				
Förderbänder							
Aufgabeförderband (Gummiförderband)	1.100	1.000	1.500	1.463			1.287
Längsförderer (Hackmaschinenzufuhr)	2.700	1.000	1.500	1.463			3.159
Doppel Trogförderschnecke	1.400	1.000	2.000	1.463			1.365
Kratzkettenträger KKF 1050-2K-U	44.000	10.000	20.000	1.463			4.290
Kratzkettenträger KKF 670-2K-O	3.800	10.000	20.000	1.463			371
Trommelhackmaschine							
Hackermessersatz (9 Stück)	14.000	12	25	1.463		~25x nachschleifbar	56.000
Schleifkosten	72			1.463		8€ a Messer	5.692
2 x Elektromotor							
2 x E Motor	1.120	2.500	5.000	1.463	2.040		1.232
Sonstige Komponenten und Kosten							
Sonstige IH- und Rep. - Arbeiten				1.463		3,5% vom Invest	39.736
Beschickungskran	3.250	1.500		980			2.123
Gesamt IH - Kosten/Jahr							115.256

Tabelle 102: Daten Wartungs-, Instandhaltungs- und Reparaturkosten stationäre Hackanlage, Szenario C

17.9 Daten Mobile Hackmaschine

Der Großteil der Daten zur Kostenberechnung der mobilen Hackmaschine wurde bereits im Punkt 7.2.1 erwähnt, deshalb werden hier nur die Wartungs-, Instandhaltungs- und Reparaturkosten der mobilen Hackmaschine wiedergegeben.

Wartungs-, Instandhaltungs- und Reparaturkosten der mobilen Hackmaschine							IH - Kosten/a
Komponentenbezeichnung	Anfallende IH- Kosten [Material-, Ersatzteilkosten] (€)	Richtwert Einsatzstunden		tatsächliche Betriebs- stunden (h)	Personal- kosten (€/h bzw. €)	Bemerkung	
		Minimum (h)	Maximum (h)				
Wartungskosten		8		1505	24		4.536
Reparaturkosten				1505		3 - 4,5% vom AW	15.750
Verschleißteile							
Klingen, 12 Stück	96	20	25	1505	18	8€ je Messer	7.638
Gegenmesser	250	300	500	1505	24		1.096
Siebkorb	1.500	3500	4000	1505	0		1.500
Klemmstücke und Schrauben, 12 Stück	120	800		1505	36		2.952
Wurfschaufeln und Schrauben, 4 Stück	50	250		1505	48		1.736
Reparaturkosten LKW + Kran							
Beschickungskran	3.250	1500		1505			3.261
Reifengarnitur (10 Stück)	4.800				480		5.280
Wartungs- und Reparaturkosten	6.000	2000		2007			6.021
Gesamt IH - Kosten/Jahr							49.770

Tabelle 103: Daten Wartungs-, Instandhaltungs- und Reparaturkosten mobile Hackmaschine, Szenario C

17.10 Abkürzungen

AMM	Atro - Tonne mit Rinde geliefert und verrechnet	KWK	Kraft – Wärme - Kopplung
Atro - Tonne	Tonne Trockenmasse	MDM	Mittendurchmesser
AZ	Allgemeine Zeiten	MW	Megawatt
BHD	Brusthöhendurchmesser	N ₂ O	Lachgas
BIV	Bruttoinlandsverbrauch	Öbf	Österreichische Bundesforste
CH ₄	Methan	P-FKW	vollhalogenierte Kohlenwasserstoffe
CO ₂	Kohlendioxid	RAZ	Reine Arbeitszeit
Efm	Erntefestmeter	rm	Raummeter
Fm m. R.	Festmeter mit Rinde	WG	Wassergehalt
Fm o. R.	Festmeter ohne Rinde	SF ₆	Schwefelhexafluorid
GAZ	Gesamte Arbeitszeit	SKE	Steinkohleeinheit
H-FKW	teilhalogenierte Kohlenwasserstoffe	Srm	Schüttraummeter
kW	Kilowatt		

Tabelle 104: Abkürzungen